



**UASB**  
Universidad Andina Simón Bolívar

### Cláusula de cesión de derecho de publicación de tesis/monografía

Yo..... Waldo Moya Fernández ..... C.I. 6824112 L.P.  
autor/a de la tesis titulada

Estrategia para determinar la fuente de energía alternativa que mitigue el consumo del combustible fósil en los vehículos livianos del Departamento de La Paz

mediante el presente documento dejo constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de

Maestría en Gestión Estratégica de Energía - Hidrocarburos y Electricidad

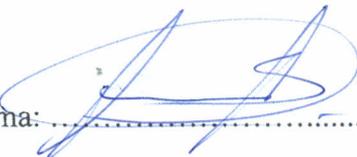
En la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede académica La Paz.

1. Cedó a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Académica La Paz, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación a partir de la fecha de defensa de grado, pudiendo, por lo tanto, la Universidad utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en formato virtual, electrónico, digital u óptico, como usos en red local y en internet.

2. Declaro que en caso de presentarse cualquier reclamo de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.

3. En esta fecha entrego a la Secretaría Adjunta a la Secretaría General sede Académica La Paz, los tres ejemplares respectivos y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

Fecha. 30 de mayo de 2018

Firma:  .....

# **UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR**

ORGANISMO ACADÉMICO DE LA COMUNIDAD ANDINA

## **MAESTRÍA EN GESTIÓN ESTRATÉGICA DE ENERGÍA HIDROCARBUROS Y ELECTRICIDAD**

**Versión: 2015 - 2016**



### **TESIS**

**“ESTRATEGIA PARA DETERMINAR LA FUENTE  
DE ENERGÍA ALTERNATIVA QUE MITIGUE EL  
CONSUMO DEL COMBUSTIBLE FÓSIL EN LOS  
VEHÍCULOS LIVIANOS DEL DEPARTAMENTO  
DE LA PAZ”**

**Postulante: Waldo Moya Fernández**

**Tutor: Mg. Enrique Birhuett García**

La Paz - Bolivia

2018

## **AGRADECIMIENTOS**

*Primeramente, quiero dar gracias a Dios nuestro Padre Celestial, quien es creador de todo en este mundo él cual me permitió en esta oportunidad realizar esta Tesis.*

*Les agradezco a mis Padres Waldo Moya Vargas y Justina Fernández Gonzales por todos sus sacrificios que hicieron para ayudarme a crecer, por cuidarme y enseñarme la importancia de prepararme académicamente para poder surgir dentro la sociedad.*

*También agradecer a todos mis docentes, quienes, con incansable dedicación, compartieron sus conocimientos, porque de parte de ellos recibí una adecuada y buena formación académica que llevo conmigo.*

*A mi Tutor Mg. Enrique Birhuett García por ayudarme a desarrollar esta Tesis, el cual es fundamental para la culminación de mi Maestría, también al Mg. Fernando Escalante Carrasco quien con su apoyo incondicional me respaldo para la ejecución de la presente Tesis.*

*Por último, le doy gracias a la Universidad Andina “Simón Bolívar”, por haber sido mi casa académica.*

**WALDO MOYA FERNÁNDEZ**

## **DEDICATORIA**

*A mis Padres Waldo Moya Vargas y Justina Fernández Gonzales quienes estuvieron bríndame su apoyo incondicional, su amor y paciencia, enseñándome el valor del sacrificio, sembrando en mi la gana de superación, en el transcurso de todos estos años.*

**WALDO MOYA FERNÁNDEZ**

## ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>1</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>2</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b> .....	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>7</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>9</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>13</b>
<b>ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>13</b>
1. Introducción .....	13
2. Antecedentes .....	14
3. Planteamiento del Problema .....	16
4. Justificación del Problema .....	18
5. Hipótesis .....	19
6. Objetivos .....	19
6.1. Objetivo General .....	19
6.2. Objetivos Específicos.....	19
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>20</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2. Tipos de fuentes alternativas utilizadas en los vehículos .....	20
2.1. El hidrógeno como combustible alternativo .....	22
2.2. El etanol como fuente alternativa .....	24
2.3. Fuente alternativa a través del biodiesel.....	26
2.4. El litio y su eficiencia para acumular energía eléctrica .....	28
2.4.1. Vehículos eléctricos .....	30
2.4.1.1. Componentes principales de un vehículo eléctrico.....	31

2.4.2. Vehículos híbridos.....	31
2.5. Selección de la fuente de energía alternativa para los vehículos livianos del Departamento de La Paz.....	34
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>36</b>
<b>ANÁLISIS TEÓRICO .....</b>	<b>36</b>
3.1. Cuantificación de la venta de gasolina, diésel y gas natural en el Departamento de La Paz.....	36
3.1.1. Venta de Gasolina Especial en el Departamento de La Paz.....	36
3.1.2. Venta de Gasolina Premium en el Departamento de La Paz.....	36
3.1.3. Venta de Diésel en el Departamento de La Paz.....	37
3.1.4. Venta de Gas Natural Vehicular en el Departamento de La Paz.....	38
3.2. Crecimiento del parque automotor en el Departamento de La Paz.....	38
3.2.1. Clasificación del parque automotor por tipo de vehículo.....	39
3.2.2. Clasificación de vehículos por uso de combustibles en el Departamento de La Paz.....	40
3.4. Determinación de la cantidad de vehículos eléctricos que se incorporen al parque automotor del Departamento de La Paz.....	45
3.5. Proyección de la demanda de energía eléctrica en los vehículos eléctricos e híbridos.....	46
3.6. Proyección de la cantidad de combustible (gasolina) que se evitaría consumir por energía eléctrica.....	51
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>53</b>
<b>ANÁLISIS DE COSTOS .....</b>	<b>53</b>
4.1. Determinación de la valoración económica de un automóvil convencional.....	53
4.2. Determinación de la valoración económica de un automóvil eléctrico.....	58
4.3. Comparación de la valoración económica por recorrido entre un automóvil convencional y un eléctrico.....	64
4.4. Beneficios sociales, económicos y medio ambientales debido a la utilización de los vehículos eléctricos e híbridos.....	66
4.4.1. Beneficios sociales.....	66
4.4.2. Beneficios económicos.....	66
4.4.3. Beneficios ambientales.....	67

<b>CAPÍTULO V</b> .....	69
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	69
5.1. Conclusiones .....	69
5.2. Recomendaciones .....	70
ANEXO No. 1 .....	71
ANEXO No. 2.....	73
ANEXO No. 3.....	75
ANEXO No. 4.....	76
ANEXO No. 5.....	77
ANEXO No. 6.....	79
ANEXO No. 7.....	80
BIBLIOGRAFÍA.....	82

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### PÁGINA

<b>ILUSTRACIÓN 1</b> “CANTIDAD DE VEHÍCULOS CONVERTIDOS A GNV POR AÑOS EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ” .....	14
<b>ILUSTRACIÓN 2</b> “VEHÍCULO CON PILA DE COMBUSTIBLE” .....	23
<b>ILUSTRACIÓN 3</b> “ETANOL” .....	25
<b>ILUSTRACIÓN 4</b> “BIODIESEL” .....	28
<b>ILUSTRACIÓN 5</b> “LITIO” .....	29
<b>ILUSTRACIÓN 6</b> “BATERÍAS DE ION - LITIO PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS” .....	30
<b>ILUSTRACIÓN 7</b> “VEHÍCULO HIBRIDO EN SERIE” .....	32
<b>ILUSTRACIÓN 8</b> “VEHÍCULO HIBRIDO EN PARALELO” .....	33
<b>ILUSTRACIÓN 9</b> “VEHÍCULO HIBRIDO MIXTO” .....	33
<b>ILUSTRACIÓN 10</b> “PARQUE AUTOMOTOR POR TIPO DE SERVICIO EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ EXPRESADO EN PORCENTAJE” .....	39
<b>ILUSTRACIÓN 11</b> “CANTIDAD DE VEHÍCULOS LIVIANOS POR USO DE COMBUSTIBLE EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ” .....	44
<b>ILUSTRACIÓN 12</b> “CANTIDAD DE VEHÍCULOS PESADOS POR USO DE COMBUSTIBLE EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ” .....	45
<b>ILUSTRACIÓN 13</b> “COMPARACIÓN DE VENTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS CON RESPECTO A LOS CONSUMIDORES FINALES” .....	49
<b>ILUSTRACIÓN 14</b> “COMPARACIÓN DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO, COMBUSTIBLE, ENERGÍA Y DEPRECIACIÓN DEL VEHÍCULO A GASOLINA TSURU Y EL VEHÍCULO LEAF ELÉCTRICO ” .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

## PÁGINA

<b>TABLA 1</b> “VENTA DE GASOLINA ESPECIAL EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ” ....	36
<b>TABLA 2</b> “VENTA DE GASOLINA PREMIUM EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ” .....	37
<b>TABLA 3</b> “VENTA DE DIÉSEL EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ” .....	37
<b>TABLA 4</b> “VENTA DE GAS NATURAL VEHICULAR EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ (2015)” .....	38
<b>TABLA 5</b> “PARQUE AUTOMOTOR POR TIPO DE SERVICIO EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ” .....	38
<b>TABLA 6</b> “PARQUE AUTOMOTOR POR TIPO DE VEHÍCULOS EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ EN EL AÑO 2015” .....	39
<b>TABLA 7</b> “PARQUE AUTOMOTOR POR TIPO DE SERVICIO ENTRE LIVIANOS Y PESADOS” .....	40
<b>TABLA 8</b> “VEHÍCULOS LIVIANOS – TIPO PARTICULAR POR USO DE COMBUSTIBLE EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ (2015)” .....	41
<b>TABLA 9</b> “VEHÍCULOS PESADOS – TIPO PARTICULAR POR USO DE COMBUSTIBLE EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ (2015)” .....	41
<b>TABLA 10</b> “VEHÍCULOS LIVIANOS – TIPO PÚBLICO POR USO DE COMBUSTIBLE EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ (2015)” .....	42
<b>TABLA 11</b> “VEHÍCULOS PESADOS – TIPO PÚBLICO POR USO DE COMBUSTIBLE EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ (2015)” .....	42
<b>TABLA 12</b> “VEHÍCULOS LIVIANOS – TIPO OFICIALES POR USO DE COMBUSTIBLE EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ EN EL AÑO 2015” .....	43
<b>TABLA 13</b> “VEHÍCULOS LIVIANOS – TIPO OFICIALES POR USO DE COMBUSTIBLE EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ EN EL AÑO 2015” .....	43
<b>TABLA 14</b> “TOTAL DE VEHÍCULOS LIVIANOS POR USO DE COMBUSTIBLE EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ EN EL AÑO 2015” .....	43
<b>TABLA 15</b> “TOTAL DE VEHÍCULOS PESADOS POR USO DE COMBUSTIBLE EN EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ EN EL AÑO 2015” .....	44
<b>TABLA 16</b> “PROYECCIÓN DE LA CANTIDAD DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS DE INCORPORACIÓN AL PARQUE AUTOMOTOR” .....	46
<b>TABLA 17</b> “VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS PROPUESTOS PARA LA PROYECCIÓN” .....	47

<b>TABLA 18</b> “CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS” .....	48
<b>TABLA 19</b> “PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA EL DEPARTAMENTO DE LA PAZ” .....	50
<b>TABLA 20</b> “CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE LOS VEHÍCULOS LIVIANOS” .....	51
<b>TABLA 21</b> “COMPARACIÓN POR USO DE COMBUSTIBLE Y DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA” .....	52
<b>TABLA 22</b> “COSTOS PROMEDIO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL AUTOMÓVIL (NISSAN – TSURU)” .....	53
<b>TABLA 23</b> “COSTOS OPERATIVOS DE UN AUTOMÓVIL A GASOLINA (NISSAN – TSURU)” .....	54
<b>TABLA 24</b> “COSTO DE MANTENIMIENTO Y COMBUSTIBLE DEL AUTOMÓVIL A GASOLINA (NISSAN – TSURU)” .....	56
<b>TABLA 25</b> “DETERMINACIÓN DEL LCOD EN FUNCIÓN A LOS 15 AÑOS DE OPERACIÓN DEL AUTOMÓVIL (NISSAN – TSURU)” .....	57
<b>TABLA 26</b> “COSTOS APROXIMADOS DE MANTENIMIENTO DEL AUTOMÓVIL (NISSAN – LEAF)” .....	60
<b>TABLA 27</b> “COSTOS OPERATIVOS DE UN AUTOMÓVIL ELÉCTRICO (NISSAN – LEAF)” .....	61
<b>TABLA 28</b> “COSTO DE MANTENIMIENTO Y ENERGÍA ELÉCTRICA DEL AUTOMÓVIL NISSAN – LEAF” .....	62
<b>TABLA 29</b> “DETERMINACIÓN DEL LCOD EN FUNCIÓN A LOS 15 AÑOS DE OPERACIÓN DEL AUTOMÓVIL ELÉCTRICO (NISSAN – LEAF)” .....	63
<b>TABLA 30</b> “COMPARACIÓN DEL LCOD OBTENIDO ENTRE EL VEHÍCULO CONVENCIONAL VS. EL VEHÍCULO ELÉCTRICO” .....	64

## GLOSARIO

**Biocombustible:** Combustible obtenido mediante tratamiento físico o químico de materia vegetal o de residuos orgánicos.

**Biodiesel:** Combustible líquido que se obtiene a partir de lípidos de origen natural, como aceites vegetales o grasas de animales.

**Diésel oíl:** Carburante obtenido de la destilación del petróleo crudo, destinado para motores de ciclo Diésel. Su calidad de ignición se caracteriza por el índice de C-etano.

**Dióxido de carbono:** Gas inodoro e incoloro que se desprende de la combustión de los motores de combustión interna, este gas es el principal elemento que genera el efecto invernadero.

**Energía o fuente alternativa:** cualquier fuente primaria o secundaria cuyo consumo no implica la emisión de CO<sub>2</sub> al medio ambiente, o el carbono consumido proviene del ciclo natural de éste.

**Etanol:** Conocido como alcohol etílico, es una sustancia incolora, inflamable y volátil, proveniente de la fermentación del azúcar y almidón.

**Gasolina:** Es una mezcla de hidrocarburos obtenida del petróleo por destilación fraccionada, que se utiliza como combustible en motores de combustión interna.

**Gas natural:** Mezcla de hidrocarburos (compuesto químico formado por átomos de carbono e hidrogeno), presenta un 70% de gas metano y un 30% de otras composiciones (propano, nitrógeno, oxígeno, azufre y etano). El gas natural es inodoro. Se utiliza como combustible para vehículos.

**Litio grado técnico:** Elemento químico cuyo número atómico es tres y utilizado en acumuladores de electricidad. Se obtiene con un grado de pureza del 98% y 99%, pasa por los diferentes pasos como la remoción de impurezas de la salmuera, para luego someterla a una conversión química con ceniza de soda para formar el carbonato de litio.

**Octanaje o índice de octano:** Escala que mide la capacidad de detonación del combustible (como la gasolina) cuando se comprime dentro del cilindro de un motor.

**Pila de combustible:** Dispositivo que produce electricidad a partir de la asociación de hidrógeno y oxígeno a través de una membrana osmótica. Está constituida esencialmente por un ánodo y un cátodo poroso, por los cuales se hace afluir hidrógeno y oxígeno respectivamente. Ambos electrodos están sumergidos en una solución de hidróxido potásico.

**Transesterificación:** Proceso de obtención del biodiesel que consiste en combinar aceite vegetal con un alcohol ligero, normalmente metanol y deja un residuo glicerina, que separa para emplearlo en otras industrias.

## RESUMEN

La presente Tesis propone implementar una fuente alternativa de energía para el funcionamiento de vehículos livianos en el Departamento de La Paz y demuestra la factibilidad técnica, económica y ambiental del presente trabajo.

Los vehículos livianos que se encuentran en el Departamento de La Paz, en la actualidad, son los más numerosos dentro el parque automotor, y son los más utilizados por la población en general.

Esto significa que es necesario analizar la relación entre la cantidad de vehículos livianos existentes dentro el parque automotor del Departamento de La Paz y la demanda de combustible de origen fósil por parte de los vehículos livianos. Una vez obtenida esta relación, el presente trabajo propondrá el tipo de alternativa energética más adecuada que pueda sustituir los combustibles de origen fósil, abaratar los costos de transporte y principalmente reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En la actualidad los vehículos livianos demanda importantes cantidades de combustible fósil, pero este combustible es extraído de los recursos no renovables como el petróleo y el gas natural lo cual provoca la susceptibilidad de que algún día las reservas de estos recursos se terminen. Por tal situación, diferentes países tomaron <sup>1</sup> medidas necesarias para racionar el uso de los combustibles mediante la implementación de fuentes alternativas.

El presente trabajo se inicia realizando un análisis teórico de las fuentes alternativas que están siendo utilizadas en distintos países <sup>2</sup> de la región, y que se está implementando en el parque vehicular liviano, con el objeto de reducir el uso de combustibles fósiles como la gasolina, diésel y gas natural principalmente.

Al realizar el análisis teórico de las fuentes alternativas, se consideró todas sus características que presentan, desde su producción hasta su implementación y uso en el transporte vehicular.

Posteriormente, se efectuó un análisis de las fuentes renovables que se encuentra en nuestro país, con el objeto de determinar una de ellas, entre todas las fuentes alternativas, que pueda sustituir el consumo de los combustibles fósiles. De acuerdo al análisis realizado, se incluyeron a los biocombustibles (etanol y biodiesel) utilizados como aditivos en el combustible fósil de los vehículos livianos de otros países. <sup>3</sup>

---

1,2 Valero Jorge. (marzo de 2016). Países con mayor adopción de vehículos eléctricos en 2015. Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://hipertextual.com/2016/03/paises-adopcion-coches-electricos-2015>

3 Zarrilli Simonetta. (abril de 2006). El Mercado Emergente de Biocombustible. Naciones Unidas. New York y Ginebra.

Pero su implementación en el parque automotor aún no ha sido suficientemente experimentada en otras condiciones, debido a las desventajas que este tipo de combustible presenta y que afectaría directamente a la seguridad alimentaria de la población.

Entre las alternativas energéticas estudiadas, se identificó una que demanda de un recurso actualmente existente de forma abundante en el Departamento Potosí, <sup>4</sup> específicamente en el salar de Uyuni. Este recurso se presenta como una opción factible porque puede ser utilizado como un acumulador de energía y por su eficiencia energética se está implementando como un sustituto de los combustibles fósiles en el sector automotriz de otros países.

Este recurso es el Litio y debido a su abundancia, generó un gran interés por parte del Gobierno Nacional lo que con lleva a crear políticas que incentive la extracción, procesamiento y producción de este recurso por parte de empresas estatales.

Mediante procesos tecnológicos se puede producir Litio y con ello, baterías de ion-Litio las cuales se utilizan para almacenar energía eléctrica y accionar motores eléctricos que se aplican a vehículos, ya sean completamente eléctricos o híbridos. La ventaja de esta batería es su alta eficiencia energética que se encuentra por encima del 90%, además de ello es la batería que tiene una mayor durabilidad.

En el presente trabajo se desglosaron los datos de la cantidad de transporte vehicular en el Departamento de La Paz, de manera que se estableció la cantidad de vehículos existentes hasta el año 2015.

En función a la cantidad de vehículos livianos existentes en el Departamento de La Paz, se propuso una cantidad determinada inicial de incorporación de vehículos eléctricos e híbridos, donde se consideró datos de referencia de países vecinos que implementaron, este tipo de vehículos dentro su parque automotor como Chile, Colombia, Uruguay, Brasil y Argentina. <sup>5</sup>

Debido a que los vehículos eléctricos e híbridos demandarían energía eléctrica, se realizó una proyección a futuro de la demanda de energía eléctrica en base a la cantidad de vehículos propuestos. Esta proyección fue comparada con la demanda de energía de los consumidores finales, con el objeto de percibir el requerimiento que tendrían de energía eléctrica.

---

4 Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos COMIBOL (2015). Memorias GNRE. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.evaporiticos.gob.bo/?page\\_id=313](http://www.evaporiticos.gob.bo/?page_id=313)

5 Valero Jorge. (marzo de 2016). Países con mayor adopción de vehículos eléctricos en 2015. Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://hipertextual.com/2016/03/paises-adopcion-coches-electricos-2015>

De acuerdo a la nueva demanda de energía eléctrica por parte del sector de los vehículos eléctricos, se determinó que la generación de energía eléctrica puede ser cubierta por fuentes renovables, como las hidroeléctricas que se están implementando en el Departamento de La Paz.

Por último se realizó un análisis del beneficio económico, adoptando el costo normalizado por kilómetro recorrido (Levelized Cost of Drivent – LCOD), donde se proyectó y se comparó el costo que con lleva utilizar un vehículo convencional y un vehículo eléctrico durante la vida útil del mismo, considerando el costo del vehículo, el consumo de combustible, la depreciación, el mantenimiento y su operación, de manera que se establezca la factibilidad económica de la utilización de un vehículo eléctrico, y los beneficios que éste conlleva para la población desde el aspecto social y desde el punto de vista ambiental, porque para su accionamiento se utiliza fuentes de energía renovables las cuales son amigables con la naturaleza.

# CAPÍTULO I

## ASPECTOS GENERALES

### 1. Introducción

En Bolivia, durante los años 2012 al 2015 el parque automotor tuvo un importante crecimiento. Según datos del Instituto Nacional de Estadistas en el país existe más de un millón de vehículos entre particulares, públicos, oficiales y otros, además cada día ingresan una cantidad determinada de vehículos importados, generando que el parque automotor se incremente <sup>1</sup>.

El incremento del parque automotor ocasiona que el consumo de los combustibles fósiles (gasolina, diésel y gas natural) tenga una mayor demanda. En la actualidad Bolivia es productor de gas natural en grandes proporciones, pero en diésel y gasolina lo es en menores proporciones, por tal motivo el Gobierno Nacional el año 2008 mediante el Decreto Supremo N° 29629 reglamenta que los vehículos que utilizan como fuente de energía la gasolina se convierta a gas natural (GNV). <sup>2</sup>

Esta reglamentación en un principio generó una expectativa importante por parte del sector del transporte público, considerando que la conversión era gratuita y el precio del gas natural era menor a comparación de la gasolina para el mismo contenido energético. Esto significa que por cada boliviano se compra 8.929 BTU en gasolina o 24.274 BTU en GNV. <sup>3</sup> Debido a esta diferencia de precios, el transporte vehicular empezó a consumir gas natural en el país, logrando incrementarse en 325% entre el año 2005 al 2013. <sup>4</sup>

El cambio de matriz energética en el transporte vehicular no se implementó en el 100% del parque automotor debido a factores técnicos, lo que ocasionó que más del 50% de vehículos aún continúe utilizando gasolina y diésel como combustible.

Los combustibles fósiles al ser extraídos de recursos no renovables ocasionan que en un futuro tiendan agotarse y por tal situación es previsible que en el futuro se utilicen nuevas alternativas que los sustituyan por otras fuentes también no renovables como el carbón mineral, cuyas reservas son aún abundantes en comparación con el petróleo o gas natural, o la energía nuclear. Sin embargo, tanto el carbón como la energía nuclear

---

1 Instituto Nacional de Estadísticas. (2014). Estadísticas del Parque Automotor en Bolivia, Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.ine.gob.bo>

2 Gaceta Oficial de Bolivia. (2008). Decreto Supremo N° 29629 – 2/6/2008. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo>

3 Espinoza Jorge. (junio de 2012). Gasolina o gas natural vehicular. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://lapatriaenlinea.com/?nota=108802>

4 Paredes Jimena. (junio de 2014). En los últimos 9 años el consumo de GNV se incrementó en 352%. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.la-razon.com/economia/ANH-ultimos-anos-consumo-GNV-incremento\\_0\\_2066193461.html](http://www.la-razon.com/economia/ANH-ultimos-anos-consumo-GNV-incremento_0_2066193461.html)

presentan serios problemas en cuanto a sus efectos sobre el medio ambiente y la salud pública.

Por consiguiente, es necesario implementar nuevas energías alternativas que puedan sustituir de forma total o parcial la utilización de los combustibles fósiles, como se realiza en distintos países del mundo de manera que sean adoptados en Bolivia.

## 2. Antecedentes

Debido al cambio de matriz energética reglamentada por el Gobierno Nacional el año 2010, se crea la Entidad Ejecutora de Conversión de GNV en la ciudad de La Paz mediante el Decreto Supremo N° 0675, que se enfoca en la implementación, mantenimiento y mejoramiento de la calidad del uso de gas natural en los vehículos.<sup>5</sup>

Esta Entidad tiene por objeto masificar y promover a nivel nacional el uso del gas natural como combustible en los vehículos livianos de forma que se incremente el cambio de matriz energética.

Los resultados que se obtuvieron por la conversión de vehículos de gasolina a gas natural están reflejados en la siguiente ilustración 1, donde se muestra la cantidad total de vehículos convertidos a GNV entre públicos, particulares y oficiales.

**Ilustración 1 “Cantidad de vehículos convertidos a GNV por años en el Departamento de La Paz”**



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la Entidad Ejecutora de Conversión de Gas Natural Vehicular

<sup>5</sup> Gaceta Oficial de Bolivia. (2010). Creación de la Entidad Ejecutora de Conversión de GNV. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo>

De acuerdo con los datos reflejados de la ilustración 1 se observa que la conversión de vehículos livianos se produjo mayormente en el año 2012, después fue paulatinamente disminuyendo sin alcanzar el nivel de ese año.

Actualmente se puede establecer que en el Departamento de La Paz dentro el programa de conversiones de GNV promovidas por el Gobierno Nacional no se logró cumplir con el 100% de conversiones en el parque automotor sino que al contrario fue mínima la demanda de conversión, ocasionando que el objetivo de la Entidad Ejecutora de Conversión de GNV no se cumpliera en su totalidad.

El cambio de matriz energética realizada por la Entidad Ejecutora de Conversión de GNV en los vehículos públicos y particulares, pretende reducir la subvención de gasolina y diésel que realiza el Estado boliviano. Este hecho también tiene un efecto positivo sobre el cambio climático ya que la proporción de emisiones de CO<sub>2</sub> se reduce al utilizar GNV, sin embargo, este último punto no es un objetivo explícito de la política gubernamental.

Según el Gobierno Nacional, el año 2013 la subvención fue de 6.033 millones de bolivianos y se redujo a 5.987 millones de bolivianos en el año 2014 y para la gestión del año 2015 fue de 4.582 millones de bolivianos. <sup>6</sup>

Pese a la reducción de la subvención de los combustibles fósiles en el país, los vehículos livianos del Departamento de La Paz todavía siguen siendo uno de los importantes consumidores de gasolina.

Además, debemos considerar la cantidad de reservas probadas de gas natural y petróleo que tiene el país, que según el reporte presentado por el Presidente del Estado Plurinacional de Bolivia el cual indica que hasta julio del 2014 las reservas de gas natural eran de 10,45 TCF y las reservas de petróleo eran de 211,45 millones de barriles de petróleo. En un año se extraen 0,8 TCF de gas natural tanto para el consumo del mercado interno como para la exportación, lo que significa que las reservas de este recurso durarán 13 años. <sup>7</sup>

Los vehículos que existen en el Departamento de La Paz actualmente dependen del consumo de los combustibles fósiles, lo que ocasiona una dependencia total de los recursos no renovables.

---

6 Mendoza Luz. (2015). En 2015, Subsidio a carburantes bajara al 54%, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://eju.tv/2015/09/bolivia-en-2015-subsidio-a-carburantes-bajara-54-y-sumara-us-300-mm/>

7 Fundación Jubileo. (octubre 2014). Situación de los Hidrocarburos en Bolivia. La Paz – Bolivia. Natural Resource Governance Institute

Pero si consideramos la situación actual en otros países podemos <sup>8</sup> notar que se está empezando a desarrollar e implementar nuevas alternativas para disminuir el consumo de los combustibles fósiles en el transporte vehicular.

Esta iniciativa que busca racionar el uso de los combustibles fósiles ha sido desarrollada de forma eficiente en base de nueva tecnología y utilizando recursos alternativos, generando un avance importante en el sector automotriz. <sup>9</sup>

Además, se debe tomar en cuenta que los gases generados por el motor del vehículo que se expulsan al medio ambiente son gases de efecto invernadero, provocando un probable calentamiento climático.

Considerando estos aspectos, existe la necesidad de buscar alternativas nuevas que puedan ser adoptadas en el sector automotriz.

### **3. Planteamiento del Problema**

El crecimiento del transporte vehicular en el Departamento de La Paz ocasiona una alta demanda del uso de los combustibles fósiles (gasolina, diésel y gas natural), por tal razón en el país se ha establecido la implementación del cambio de matriz energética en los vehículos que utilizan como combustible la gasolina y desde el año 2016 en los vehículos que utilizan motores a diésel.

Sin embargo, la conversión de gas natural no pudo implementarse en todo el parque automotor debido a externalidades técnicas como la falta de estaciones de GNV, el espacio ocupado por el cilindro de gas en el baúl de los vehículos.<sup>10</sup> Otro factor es la pérdida de potencia que se denota en el desempeño del motor, el cual se ve afectado por las condiciones ambientales, ocasionando un bajo rendimiento <sup>11</sup> debido a las condiciones topográficas críticas que presenta la Ciudad de La Paz.

Estos factores generaron que una importante cantidad de vehículos livianos que utilizan gasolina no se conviertan al gas natural, por tal situación en la actualidad la demanda del consumo de gasolina va nuevamente aumentando. Además, debemos considerar que los vehículos livianos tanto en las ciudades de La Paz y El Alto tienen motores de combustión interna el cual genera una combustión de gases quemados, los cuales se emiten al medio ambiente generando efectos adversos.

---

8 Gonzáles Luis. (2013). Energía Limpia y Eficiente, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia\\_energy92.htm](http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia_energy92.htm)

9 Álvarez Silvia. (2014). El Combustible del Futuro. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.uba.ar/encrucijadas/45/sumario/enc45-combustiblefuturo.php>

10 Noreña Laura. (noviembre de 2014). Los pros y los contras de la conversión a gas vehicular. Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.lapatria.com/caldas/los-pro-y-los-contra-de-la-conversion-gas-vehicular-152981>

11 Baquero Aguas. (2008). Automatización y Diseño del Sistema Mezclador de Combustible en Vehículos con Equipos de Conversión a Gas Natural, Universidad de la Salle, Bogotá – Colombia.

Según la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire (Red Mónica) analizó la emisión de los gases de escape de los automóviles, donde el 15% de los vehículos aprueban las normas de emisión de los gases de escape, pero el 85% no cumple con las mínimas normas de emisión de gases. Por lo cual las ciudades de La Paz y El Alto tienen un 90% del aire contaminado por la emanación de gases de escape del transporte público y privado.<sup>12</sup> Cabe señalar que entre los gases emanados se encuentra el CO<sub>2</sub> responsable del calentamiento global.

Las emisiones de los hidrocarburos de los vehículos provienen en su mayor parte del combustible que no ha logrado quemarse en el interior del cilindro del motor y que sale por el tubo de escape, los hidrocarburos son el contaminante más importante y en mayor cantidad que produce un vehículo durante su vida útil.<sup>13</sup>

Los mayores problemas de contaminación se producen cuando se eleva la temperatura ambiente y el movimiento del viento es menor y considerando que la ciudad de La Paz está a 3600 m.s.n.m. y la ciudad de El Alto a 4000 m.s.n.m. la contaminación se concentra afectando a los ciudadanos de forma directa.<sup>14</sup>

La Red de Monitoreo de Calidad del aire el año 2015 realizó la medición correspondiente de las partículas en suspensión en las ciudades de La Paz y El Alto de donde determino que los valores obtenidos de 15µg/m<sup>3</sup> y 50µg/m<sup>3</sup> superaban los límites establecidos por la Norma Boliviana 62011 del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA).<sup>15</sup>

Los gases nocivos que se emiten a la atmósfera causan serios problemas en la salud de las personas que están expuestas por largos periodos de tiempo a estos gases, los cuales producen cáncer, defectos en los recién nacidos, enfermedades pulmonares, respiratorias, cardiovasculares y otras más.

Estas consecuencias nos indican que existen situaciones que un futuro afectaría a las ciudades de La Paz y El Alto de forma directa, provocando aspectos nocivos en la salud de la población y también en el medio ambiente.

Tales situaciones tienden a aumentar progresivamente, y por lo tanto se debe empezar adoptar medidas que frenen primeramente el consumo indiscriminado de los combustibles fósiles y por otro lado cuidado del medio ambiente.

---

12 MoniCA. Informe Nacional de la Calidad del Aire. Ministerio de Medio Ambiente y Agua Maya Bolivia. 11-28. La Paz Bolivia. Mayo 2010.

13, 14 Calvimontes Walter. (2003). Verificación y cuantificación de gases contaminantes producidos por automóviles en la Ceja de El Alto, UMSA, La Paz - Bolivia

15 Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2011). Monitoreo de la Calidad del Aire. Consultado en abril de 2017. Disponible en World Wide Web: <http://snia.mmaya.gob.bo/modulos/>

#### 4. Justificación del Problema

Una de las políticas implementadas por el Gobierno actual en materia energética fue cambiar la matriz energética con el objeto de lograr que los vehículos utilicen el gas natural como combustible.<sup>16</sup>

Pero la implementación del cambio de matriz energética en los vehículos livianos no alcanzó a realizarse en su totalidad, este factor generó que en la actualidad una importante cantidad de vehículos siga utilizando como combustible la gasolina.<sup>17</sup>

La demanda de los combustibles fósiles va aumentando debido al crecimiento del parque automotor, además considerando que la implementación del GNV no logró el objetivo planteado de poder disminuir el consumo de la gasolina en los vehículos livianos, como ya se señaló anteriormente, debido a las externalidades técnicas que presentan (falta de estaciones de GNV, la pérdida de potencia y el espacio utilizado por el tanque de GNV).<sup>18</sup>

Por tal motivo se requiere encontrar una fuente de energía alternativa limpia y que puede sustituir de forma parcial o total a los combustibles fósiles que se utilizan en los vehículos actuales, de manera que su implementación sea beneficiosa para la sociedad con el objeto de que se distribuya adecuadamente los combustibles fósiles y se racionalice las reservas de gas natural y petróleo para futuras generaciones.

En vista de estos aspectos se considera primordial adoptar una fuente de energía limpia que influya y disminuya la demanda de los combustibles fósiles y la dependencia de las subvenciones que realiza Estado boliviano.

Al adoptar una fuente alternativa se impulsará a que la contaminación ambiental disminuya progresivamente de manera que se beneficie a la población. Y además se incentive su utilización que posteriormente traerá beneficios económicos y sociales. Se abarate en un pequeño porcentaje el costo del transporte, se mejoren las condiciones de habitabilidad de las ciudades, principalmente de las ciudades de La Paz y El Alto y con ello se logren alcanzar objetivos de los acuerdos de Paris donde se establece las medidas de reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero a través de la mitigación.<sup>19</sup>

---

16 Gaceta Oficial de Bolivia. (2010). Creación de la Entidad Ejecutora de Conversión de GNV. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo>

17 Espinoza Jorge. (junio de 2012). Gasolina o gas natural vehicular. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://lapatriaenlinea.com/?nota=108802>

18 Baquero Aguas. (2008). Automatización y Diseño del Sistema Mezclador de Combustible en Vehículos con Equipos de Conversión a Gas Natural, Universidad de la Salle, Bogotá – Colombia.

19 United Nations Treaty collection. (2016). Status of treaties. Chapter XVII 7

## **5. Hipótesis**

*“Existe al menos una fuente de energía alternativa basada en los recursos naturales disponibles en Bolivia que mitigue el consumo de los combustibles fósiles particularmente en el transporte liviano del Departamento de La Paz”.*

## **6. Objetivos**

### **6.1. Objetivo General**

Determinar la fuente de energía alternativa más factible desde el punto de vista social, económico y ambiental mediante la utilización de recursos naturales que mitiguen el consumo del combustible fósil en el transporte vehicular liviano del Departamento de La Paz.

### **6.2. Objetivos Específicos**

- Cuantificar la cantidad de consumo de gasolina, diésel y gas natural demandado por el sector de transporte vehicular liviano en el Departamento de La Paz.
- Establecer el combustible fósil más demandado por el parque vehicular liviano en el Departamento de La Paz.
- Determinar el recurso natural más factible que pueda ser utilizado como una fuente alternativa que mitigue la demanda de combustible fósil en los vehículos livianos.
- Calcular la valoración económica que tendría la incorporación de los vehículos con fuente de energía alternativa dentro el parque vehicular liviano.
- Establecer los beneficios sociales, económicos y ambientales de la utilización de los vehículos alternativos en el parque automotor local.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### **2. Tipos de fuentes alternativas utilizadas en los vehículos**

El sector automotriz ha innovado nuevas fuentes de energía alternativa <sup>1</sup> con el objeto de disminuir el consumo de los combustibles fósiles, este mejoramiento tecnológico empezó a tener un importante interés a nivel mundial, donde estuvieron involucrados los fabricantes de vehículos de distintos países como Estados Unidos, China y Japón.

Según la Directiva Europea de Energías Renovables <sup>2</sup> el año 2009 declaró que el combustible para los vehículos de la Unión Europea debe proceder de energía renovable y sostenible, esta declaración estableció la utilización del 10% de bioetanol en cada litro de gasolina. Así mismo en Estados Unidos el año 2007 se promulgó la Ley de Independencia y Seguridad Energética donde hace énfasis a la expansión del bioetanol. <sup>3</sup>

La Unión Europea produce el 64% de biodiesel a nivel mundial, siendo Alemania el mayor productor de este biocombustible, pero Francia es el país de mayor consumo de biodiesel en Europa. <sup>4</sup>

Con respecto a los países de la región, Brasil es el segundo productor de bioetanol del mundo con más de 26,000 millones de litros, siendo el pionero en implementar este biocombustible en los vehículos. Actualmente en Brasil más de 4 millones de vehículos funcionan con bioetanol. <sup>5</sup>

En Argentina el año 2007 se promulgó la Ley No. 26.093 el cual incentiva la producción y uso sustentable de los biocombustibles, con el objeto de reemplazar el uso de combustibles fósiles por los derivados de caña de azúcar. Entre tanto en Colombia se produce 1 millón de litros por día de etanol el cual es mezclado con la gasolina en un rango de 8% a 10%, y en el diésel se mezcla con el 10% de biodiesel. <sup>6</sup>

Brasil y Argentina son los mayores productores de biodiesel en la región. Pero según la investigación de CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) el cual

---

1 González Luis. (2013). Energía Limpia y Eficiente, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia\\_energy92.htm](http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia_energy92.htm)

2,3 Gavilán Ana. (octubre de 2015). Los niveles de mezcla de bioetanol en diferentes países. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.laenergiadelcambio.com/los-niveles-de-mezcla-de-bioetanol-en-diferentes-paises>

4 Infinita Renovables. (2015). Biodiesel Presente y Futuro. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.unctad.org/es/Docs/ditcted20064\\_sp.pdf](http://www.unctad.org/es/Docs/ditcted20064_sp.pdf)

5 Zarrilli Simonetta. (abril de 2006). El Mercado Emergente de Biocombustible. Naciones Unidas. New York y Ginebra.

6 Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2007). Biocombustibles. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-923.htm>

indica que América Latina tiene muy baja participación en la cadena productiva de biocombustibles.

Las tecnologías utilizadas para producir biocombustibles son conocidas en algunos países de la región los cuales tienden a mejorar su capacidad de adaptación a las condiciones locales. Esta necesidad de aumentar la disponibilidad de los biocombustibles es para atender la creciente demanda que implica aumentar el desarrollo de materias primas y reducir los costos de producción.

Por otra parte, los fabricantes de vehículos eléctricos e híbridos a nivel mundial, son los mismos que fabrican los vehículos convencionales de combustión interna (Hyundai, Kia, Nissan, Mitsubishi, Toyota, Chevrolet y otros), los cuales producen importantes cantidades de vehículos para comercializarlo especialmente en Estados Unidos, Europa y Asia, donde se empieza a demandar vehículos que no contaminan ni consumen combustible fósil.<sup>7</sup>

Hasta el año 2015 la mayoría de los vehículos eléctricos e híbridos se encontraban en los Estados Unidos con más de 363.000 unidades de diferentes modelos, seguido por China (160.000 unidades) y Japón (mayor a 121.000 unidades), esta cantidad importante de vehículos que se encuentran en estos países son debido a los incentivos de venta y a la accesibilidad que proponen las empresas automotrices.<sup>8</sup>

Con respecto a los países de la región como Brasil, el Gobierno brasileño acordó con la industria automotriz beneficios económicos como la reducción de impuestos, nacionalización de los componentes utilizados en los vehículos eléctricos. Todo ello con el objeto de fomentar la difusión y utilización de vehículos eléctricos e híbridos.

Según la Asociación Nacional Automotriz de Chile se incrementó la comercialización de los vehículos con tecnología híbrida. Actualmente, existen algo más de 1.800 vehículos eléctricos e híbridos circulando por las ciudades de Chile y se proyecta que para el año 2020 un alcance de 70 mil vehículos eléctricos e híbridos.<sup>9</sup>

En cambio, en Colombia, mediante el Decreto 2909 en el año 2013 se estableció, la importación de 750 vehículos eléctricos y 750 híbridos anuales con una ventaja arancelaria. Pero esta cantidad determinada por el Gobierno colombiano fue debido a que se tiene una fábrica y ensambladoras de vehículos convencionales para el mercado interno. Pese a estos límites solo 52 vehículos ingresaron entre eléctricos e híbridos.<sup>10</sup>

---

7, 8, 10 Valero Jorge. (marzo de 2016). Países con mayor adopción de vehículos eléctricos en 2015. Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://hipertextual.com/2016/03/paises-adopcion-coches-electricos-2015>

9 El Mercurio. (23 de noviembre de 2015). Venta de autos híbridos creció 150% en ocho años en Chile, Santiago.

## 2.1. El hidrógeno como combustible alternativo

El hidrógeno es un elemento que se encuentra en la naturaleza combinado con agua y otros elementos orgánicos como el carbono. Es inodoro, incoloro e insípido en su forma gaseosa. El hidrógeno puede obtenerse del agua o del metano mediante procesos que también demandan energía. Por lo que es necesario determinar aquel proceso que permita obtener este elemento con un balance positivo.<sup>11</sup>

Del agua se obtiene un compuesto formado por 2 átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, estos átomos de hidrógeno son separados del oxígeno mediante el uso de la electricidad de origen renovable el cual posteriormente será almacenado y utilizado en procesos térmicos o electroquímicos, como las que se utilizan en pilas de combustible que transforman la energía química en energía eléctrica mediante una reacción electroquímica.<sup>12</sup>

En la actualidad la producción de la energía derivada del hidrógeno todavía presenta muchos retos y problemas, lo cual ocasiona que todavía no sea una alternativa viable, otro factor es la inversión significativa que se requiere para su investigación y mejora de los sistemas que utilicen hidrógeno.<sup>13</sup>

Los vehículos de hidrógeno utilizan este elemento como fuente de energía primaria, pero para generar la propulsión en el vehículo existe dos métodos.

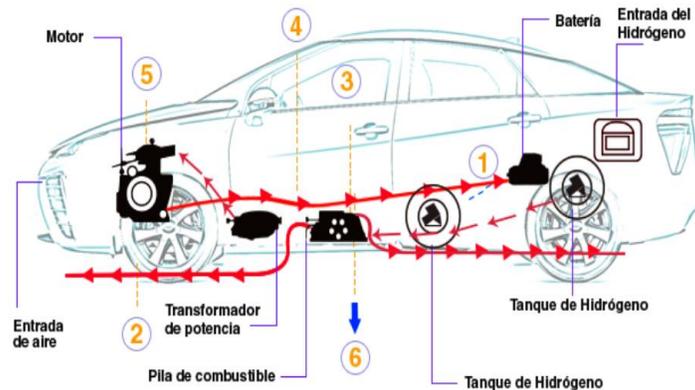
- Por combustión, es decir, cuando el hidrógeno se quema en un motor de explosión, similar a la combustión generada en un motor de combustión interna.
- Y otra por conversión de la pila de combustible, el hidrógeno se oxida y el electrón que éste pierde es recolectado para producir la corriente eléctrica que circula a través de las pilas de combustible que a su vez mueven motores eléctricos. La pila de combustible funciona como una especie de batería.<sup>14</sup>

---

11, 12,13 Blanca Espada. (enero 2016). Energía del Hidrogeno, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://erenovable.com/energia-del-hidrogeno/#Que\\_es\\_el\\_hidrogeno](http://erenovable.com/energia-del-hidrogeno/#Que_es_el_hidrogeno)

14 Rodríguez José. (noviembre de 2015). ¿Es el hidrógeno el futuro? Así funciona el coche de pila de combustible de Toyota. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.eleconomista.es/ecomotor/motor/noticias/7119263/11/15/Es-el-hidrogeno-el-futuro-Asi-funcionan-los-coches-de-pila-de-combustible.html>

## Ilustración 2 “Vehículo con pila de combustible”



Fuente: Hevia R. (2006, 7)

1. El hidrógeno es bombeado desde el tanque hasta la pila de combustible.
2. Ahí se mezcla con el oxígeno del aire.
3. La reacción en la pila genera corriente eléctrica.
4. La corriente pasa a través de un transformador.
5. Y de ahí el motor eléctrico acciona las ruedas.
6. La energía eléctrica sobrante se almacena en la batería.

### Estos vehículos actualmente presentan desventajas que interfieren el desarrollo progresivo, por ejemplo:

- ❖ El vehículo a hidrógeno no puede ser recargado en una Estación de Servicio actual, se requiere de una estación de hidrógeno la cual demanda una importante inversión.<sup>15</sup>
- ❖ Obtener el hidrógeno puro genera una alta inversión.
- ❖ Otro aspecto a considerar es el precio de un vehículo a hidrógeno que es superior a los vehículos eléctricos.<sup>16</sup>

Debido a las desventajas que presenta el vehículo a hidrógeno para su accionamiento e implementación en el Departamento de La Paz no es factible, porque requiere de una importante inversión, también se debe considerar que este vehículo se encuentra en proceso de investigación para su funcionamiento.

---

15, 16 Rodríguez José. (noviembre de 2015). ¿Es el hidrógeno el futuro? Así funciona el coche de pila de combustible de Toyota. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.eleconomista.es/ecomotor/motor/noticias/7119263/11/15/Es-el-hidrogeno-el-futuro-Asi-funcionan-los-coches-de-pila-de-combustible.html>

## 2.2. El etanol como fuente alternativa

El etanol se obtiene de plantas como el maíz y la caña de azúcar a partir de la fermentación y puede ser utilizado como combustible o mezclado con gasolina. Es un recurso energético potencialmente sostenible, ofrece ventajas medioambientales y económicas a largo plazo en contraposición con los combustibles fósiles.<sup>17</sup>

Pero el aumento de la producción del etanol ha generado mayor deforestación, como efecto de la ampliación de la frontera y el aumento de precios de los alimentos, al suplantar selvas y terrenos agrícolas. Actualmente la producción a gran escala requiere de una mayor cantidad de tierra cultivable con agua y suelo fértil.<sup>18</sup>

El Gobierno Nacional en junio de 2005 promulgó la Ley 3086 en el cual dispone la incorporación del alcohol anhídrido (etanol) de caña de azúcar de producción nacional como aditivo de la gasolina en una proporción de 10% hasta un 25%.<sup>19</sup>

Por lo cual la Cámara de Industria, Comercio, Servicios y Turismo – CAINCO de Santa Cruz propuso aumentar la superficie agrícola de caña de azúcar, asimismo el Proyecto presentado por el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural considera ampliar la superficie para sembrar más caña de azúcar, de manera que no se desabastezca el mercado interno de azúcar. Pero en la actualidad esta propuesta se encuentra en receso y todavía no se aplica.

En la actualidad el Ingenio azucarero San Buenaventura, creado el 15 de septiembre de 2010 mediante Decreto Supremo N° 637, considerado como el gigante de la Industria del azúcar en el norte del Departamento de La Paz, ha comenzado la producción de azúcar, etanol y energía eléctrica inyectando 3 MW al Sistema Interconectado Nacional (SIN), además se proyecta producir un millón de litros de etanol, esto implica ampliar la producción de caña de azúcar hasta 11.700 hectáreas.<sup>20</sup>

Con respecto a la producción de maíz que, según la Unidad de Análisis Productivo (Udapro), posiciona al maíz como el cuarto producto que más se siembra en Bolivia, ambos productos (caña de azúcar y maíz) son prioridad para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria.<sup>21</sup>

---

17,18 Gavilán Ana. (octubre de 2015). Los niveles de mezcla de bioetanol en diferentes países. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.laenergiadelcambio.com/los-niveles-de-mezcla-de-bioetanol-en-diferentes-paises>

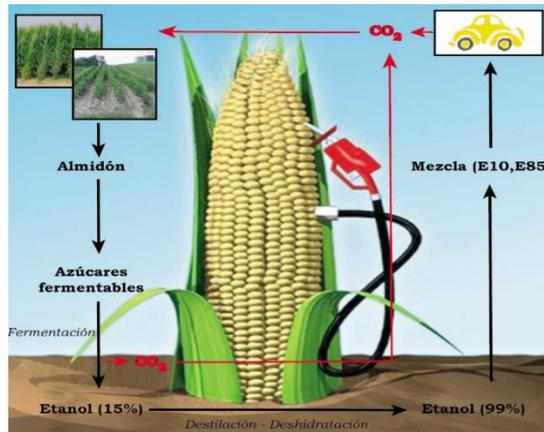
19 Gaceta Oficial de Bolivia. (junio de 2005). Ley N° 3086, 23 de junio de 2005, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo>

20 EASBA. (diciembre de 2015). Empresa Azucarera San Buenaventura, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.easba.gob.bo/>

21 Página Siete. (diciembre de 2015). La producción de soya, trigo y girasol cayo hasta en 12%. Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.paginasiete.bo/economia/2015/12/12/produccion-soya-trigo-girasol-cayo-hasta-79981.html>

Los vehículos que adoptan etanol para su accionamiento tienen un motor de combustión interna de cuatro tiempos el cual es adecuado para funcionar con los dos combustibles mezclados en un solo tanque de almacenamiento. La mezcla de etanol y gasolina depende del lugar y época del año, durante el verano las mezclas tienden a tener más etanol mientras que en invierno tiene menos.

**Ilustración 3 “Etanol”**



Fuente: Ministerio de Energía y Minas de Guatemala (2015, 2)

El etanol ofrece diversas posibilidades de mezcla para la obtención de biocombustible. <sup>22</sup>

E5: es una mezcla de 5% etanol y 95% de gasolina.

E10: es una mezcla de 10% etanol y 90% de gasolina.

E85: es una mezcla de 85% etanol y 15% de gasolina.

E95 y E100 mezclas de hasta 95% y 100% de etanol se utilizan en los motores de gasolina.

A continuación, detallaremos en resumen las ventajas y desventajas de utilizar el etanol como aditivo en la gasolina.

Las ventajas de utilizar el etanol mezclado con la gasolina como aditivo. <sup>23</sup>

- Absorbe la humedad en el tanque del combustible.
- Limpia el sistema de combustible.
- Reduce la emisión de monóxido de carbono.

<sup>22</sup> Gavilán Ana. (octubre de 2015). Los niveles de mezcla de bioetanol en diferentes países. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.laenergíadelcambio.com/los-niveles-de-mezcla-de-bioetanol-en-diferentes-paises>

<sup>23</sup> Ellinger Herbert. (1992). Manual para ajuste de motores y control de emisiones, (1ª Ed). México: Tom Aloisi and Pat Walh.

Las desventajas de utilizar el etanol mezclado con la gasolina como aditivo.

- El etanol absorbe agua y luego se aparta de la gasolina, sobre todo a medida que baja la temperatura. El etanol separado en el fondo del tanque puede causar arranques difíciles a bajas temperaturas debido a que no se evapora fácilmente.
- La adición de 10% de etanol a la gasolina eleva el grado de octano y considerando que la Ciudad de La Paz, se encuentra a 3.600 metros sobre el nivel del mar, el aumento del grado de octano en el combustible ocasionaría problemas en el motor debido a que requeriría más aire para la combustión. <sup>24</sup>
- Según un estudio realizado en la ciudad del Cusco - Perú que se encuentra a 3500 metros sobre el nivel del mar, donde se hace referencia a la utilización del etanol de 7% y 10% mezclado con la gasolina, indica que debido a la adición de etanol ocasiona un incremento en el consumo de combustible hasta un 18% más. <sup>25</sup>
- Pero en el caso de las ciudades que se encuentra a menor altitud con respecto a nivel del mar como Sao Paulo – Brasil o Lima – Perú donde la utilización del etanol con la gasolina en diferentes proporciones de 10%, 25%, 50% y hasta 95%, genera un menor consumo de combustible a comparación de las ciudades de mayor altitud como la ciudad de La Paz. <sup>26</sup>

Teniendo en cuenta que hay lugares en la ciudad de La Paz que se encuentra a la misma altitud que la ciudad del Cusco, nos da una referencia que a más altitud la mezcla de gasolina y etanol elevará el consumo de la gasolina. En el Anexo No. 2 se detalla el estudio realizado en la ciudad del Cusco.

Por todo lo señalado y luego de considerar las ventajas y desventajas del uso del etanol como aditivo en la gasolina, se establece que su uso no es factible en el Departamento de La Paz.

### **2.3. Fuente alternativa a través del biodiesel**

El biodiesel (biocombustible) se obtiene por la reacción de la transesterificación a partir de los aceites vegetales obtenidos mayormente de la soya, girasol, grasas de animales o grasa de cocina reciclada. La producción de biodiesel se incrementó notablemente dando como resultado una masificación de los cultivos de soya, por ejemplo, el líder en producción de biodiesel en nuestra región es Brasil, el cual generó importantes inversiones para su desarrollo e investigación. <sup>27</sup>

Actualmente en Bolivia según la Asociación de Productores de Oleaginosas (Anapo), la producción de girasol y soya disminuyó un 12% en el año 2015 con relación al año 2014,

---

24, 25, 26 Solin Epifanio. (mayo de 2016). Evaluación del Consumo de Combustible y Emisiones de dos Vehículos Livianos Funcionando con dos Mezclas de Gasolina y Etanol (E7.8 y E10) bajo condiciones de manejo en Cusco y Lima Metropolitana. Lima – Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú.

27 Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2007). Biocombustibles. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-923.htm>

siendo un índice que nos refleja que la producción va disminuyendo debido al cambio climático (lluvia y sequía) que afecta directamente al desarrollo de estos lípidos. La producción de girasol y soya es utilizada en industrias de alimentos, por lo cual también es considerada de prioridad para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria.<sup>28</sup>

Según la declaración realizada por la Delegación de Bolivia en la Quinta Cumbre de las Américas, celebrada en Puerto España, Trinidad y Tobago (19 de abril de 2009), en el párrafo 49 de la declaración de Compromiso de Puerto España:

*“Bolivia considera que el desarrollo de políticas y de esquemas de cooperación que tengan por objetivo la expansión de los biocombustibles en el hemisferio occidental puede afectar e incidir en la disponibilidad de alimentos y su alza de precios, el incremento de la deforestación, el desplazamiento de la población por la demanda de tierras y por consiguiente, repercutir en el incremento de la crisis alimentaria, afectando directamente a las personas de bajos ingresos, sobre todo a las economías más pobres de los países en desarrollo.*

*En ese sentido, el Gobierno Boliviano, a tiempo de reconocer la necesidad de búsqueda y uso de fuentes alternativas de energía que sean amigables con la naturaleza, tales como la energía geotérmica, solar, eólica, y los pequeños y medianos emprendimientos hidroeléctricos, plantea una visión alternativa basada en el vivir bien y en armonía con la naturaleza, para desarrollar políticas públicas que apunten a la promoción de energías alternativas seguras que garanticen la preservación del planeta, nuestra (madre tierra)”.*

Debido a esta declaración que se sostiene actualmente, se establece que el uso del biodiesel no es factible por el momento en nuestro país hasta que exista una situación estable de producción que no afecte la seguridad alimentaria de la población.

Además, los vehículos a biodiesel necesitan modificaciones en el motor para poder adoptar este combustible, donde se puede mezclar diferentes proporciones de diésel y biodiesel, por ejemplo, en un 80% en volumen de diésel y 20% de biodiesel el cual se designa como B20, las proporciones de mezcla entre el diésel y el biodiesel varían según las proporciones que se requieren introducir en el motor del vehículo.<sup>29</sup>

---

28 Página Siete. (diciembre de 2015). La producción de soya, trigo y girasol cayo hasta en 12%. Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.paginasiete.bo/economia/2015/12/12/produccion-soya-trigo-girasol-cayo-hasta-79981.html>

29 Ortiz Miguel. (2010). Reducción de las emisiones de CO2 en vehículos de transporte, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3395287.pdf>

La utilización del biodiesel en los motores de encendido por compresión presenta las siguientes propiedades.<sup>30</sup>

- Limitación a bajas temperaturas, necesidad de utilizar aditivos.
- Reducción de emisiones contaminantes. La combustión del biodiesel es en general más eficaz, debido a la presencia de oxígeno en las moléculas de éster metílico, lo que genera que el monóxido de carbono (CO) tienda a disminuir.
- Ligera pérdida de potencia.
- Sin emisión de SOx, debido a los esteres contenidos en los aceites vegetales.

#### Ilustración 4 “Biodiesel”



Fuente: Fernández P. (2016, 1)

*Aunque la utilización de los biocombustibles (etanol y biodiesel) permita reducir el consumo de los combustibles fósiles y las emisiones de los gases de efecto invernadero, este ocasionaría la carga medioambiental debido al impacto del uso de la tierra el cual afectaría directamente a la seguridad alimentaria de la población.*

#### 2.4. El litio y su eficiencia para acumular energía eléctrica

El litio es el metal más liviano de la tabla periódica y debido a sus propiedades físicas, se utiliza para crear baterías desechables y recargables, conocidos como batería de ion - Litio. Debido a las investigaciones que se iniciaron desde los años 60 en el Salar de Uyuni – Potosí,<sup>31</sup> a lo largo del tiempo, los estudios realizados por varias instituciones públicas y

30 Ortiz Miguel. (2010). Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en vehículos de transporte, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3395287.pdf>

31 La revista del centro cultural de la cooperación. (agosto 2012). Bolivia y el plan de industrialización del Litio: un reclamo histórico, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.centrocultural.coop>

privadas determinaron que el Salar de Uyuni presenta importantes reservas de Litio a nivel mundial, posicionando el nombre de Bolivia en una nueva potencia energética.<sup>32</sup>

En enero de 2013, en el Departamento de Potosí se inauguró la Planta Piloto de Carbonato de Litio, donde se logró producir Carbonato de Litio de grado técnico con una pureza de entre 98 y 99%, pero en el año 2015 se fueron innovando y optimizando las diferentes etapas del proceso de producción alcanzando una producción con mayor eficiencia hasta obtener un producto grado batería con una pureza mayor a 99,6%.<sup>33</sup>

En noviembre de 2015 se realizó un contrato con la Empresa ECM Green Tech de Francia la cual se encargará de la puesta en marcha de la Planta Piloto de Materiales Catódicos. Esta Planta permitirá vincular las diferentes etapas y procesos de industrialización del Litio y además la producción de materiales para las baterías de ion-Litio.<sup>34</sup>

De manera se pretende implementar la cadena productiva del Litio, comenzando desde la exploración, extracción, procesamiento y obtención de materia prima (Carbonato de Litio grado batería), industrialización de la materia prima con valor agregado (producción de materiales catódicos de Litio) y obtención de producto final (baterías de Litio, con Litio extraído del Salar de Uyuni - Potosí).

#### Ilustración 5 “Litio”



Fuente: América Economía (2013, 1)

Todos estos sucesos generan grandes expectativas a nivel nacional por lo cual el Estado boliviano espera comenzar a producir baterías de ion-Litio, para poder ser comercializadas a nivel nacional e internacional. Pero esta expectativa tendrá un retraso

---

32 La revista del centro cultural de la cooperación. (agosto 2012). Bolivia y el plan de industrialización del Litio: un reclamo histórico, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.centrocultural.coop>

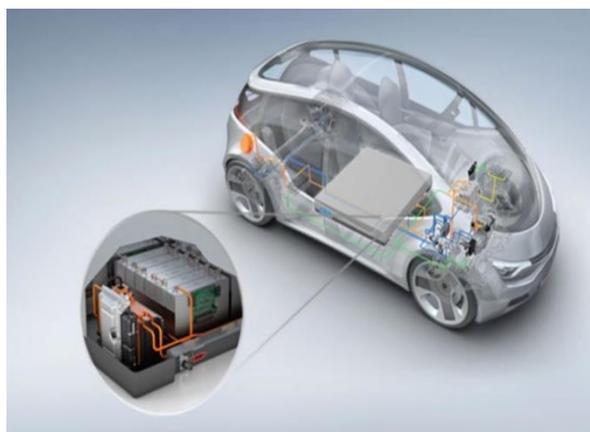
33, 34 Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos COMIBOL (2015). Memorias GNRE. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.evaporiticos.gob.bo/?page\\_id=313](http://www.evaporiticos.gob.bo/?page_id=313)

debido a un anuncio por parte de Comibol (Corporación Minera de Bolivia), la cual indicó que la postergación de la industrialización del Litio para este último trimestre de la gestión 2016, fue debido a la falta de recursos humanos y tecnología. <sup>35</sup>

Siendo el Litio un recurso natural con el que cuenta Bolivia, ha generado que varias industrias automotrices en el mundo se interesen en este recurso, pero debido a este interés, el Gobierno Nacional con una política 100% estatal ha decidido realizar proyectos donde la participación del Estado sea mayoritaria y la presencia extranjera sea mínima, siendo uno de los factores que produjo problemas y estancamiento, generando retrasos para empezar a producir baterías de ion - Litio. <sup>36</sup>

*Bolivia al tener una importante reserva de Litio para producir baterías de ion-Litio, nos indica que este recurso natural sería el principal elemento que pueda sustituir de forma parcial o total a los combustibles fósiles , generando una nueva perspectiva para iniciar con el uso de energías alternativas de manera que nuestro país se beneficiaría en gran manera.*

#### **Ilustración 6 “Baterías de ion - Litio para vehículos eléctricos”**



Fuente: Gonzáles L. (2013, 2)

#### **2.4.1. Vehículos eléctricos**

Los vehículos eléctricos son impulsados por uno o más motores eléctricos que transforman la energía eléctrica en energía mecánica y se caracterizan por su alta eficiencia a diferentes regímenes de funcionamiento <sup>37</sup>, además depende de la batería de ion - Litio el cual cada vez es desarrollado con mayor densidad de carga y longevidad, que permita mover motores eléctricos más potentes y aumentar su autonomía.

---

35, 36 Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos COMIBOL (2015). Memorias GNRE. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.evaporiticos.gob.bo/?page\\_id=313](http://www.evaporiticos.gob.bo/?page_id=313)

37 Gonzales Gabriel. (2010). Producción y conversión de vehículos eléctricos, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://autolibre.blogspot.com/2013/10/desarrollo-de-vehiculos-electricos-en.html>

### 2.4.1.1. Componentes principales de un vehículo eléctrico

<b>Vehículo eléctrico con motor de corriente continua</b>	<b>Vehículo eléctrico con motor de corriente alterna</b>
<p><b>Motor de corriente continua:</b> Es un motor que se alimenta directamente de la energía que suministra la batería principal.</p> <p><i>La aceleración es más lenta, pero tiene una velocidad máxima muy alta, además su costo es menor al de corriente alterna.</i><sup>38</sup></p>	<p><b>Motor de corriente alterna:</b> es un motor que requiere de un inversor el cual transforma la corriente continua que suministra la batería principal en corriente alterna que requiere el motor para ser accionado.</p> <p><i>Tienen una aceleración rápida y son compatibles con el sistema de frenado regenerativo, su costo es mayor que el de corriente continua.</i><sup>39</sup></p>
<p><b>En el caso del motor eléctrico de corriente continua no requiere un inversor, porque la energía que suministra la batería se conecta directamente con el motor.</b><sup>40</sup></p>	<p><b>Inversor:</b> Los inversores onduladores son los encargados de transformar la corriente continua que cede la batería principal en corriente alterna y de esta forma alimentar al motor de corriente alterna en el vehículo eléctrico.<sup>41</sup></p>
<p><b>Recarga de los vehículos eléctricos:</b> Un vehículo eléctrico se enchufa a la red de baja tensión para recargar sus baterías. La recarga eléctrica se puede realizar en el garaje de casa con una toma convencional o también en puntos públicos de recarga.<sup>42</sup></p>	

### 2.4.2. Vehículos híbridos

Los vehículos híbridos eléctricos tienen una combinación de dos tipos de motores, uno eléctrico y otro de combustión interna, el motor eléctrico tiene la función de ayudar al motor de combustión interna cuando precise mayor potencia o impulsar al vehículo independientemente del motor de combustión interna.<sup>43</sup>

---

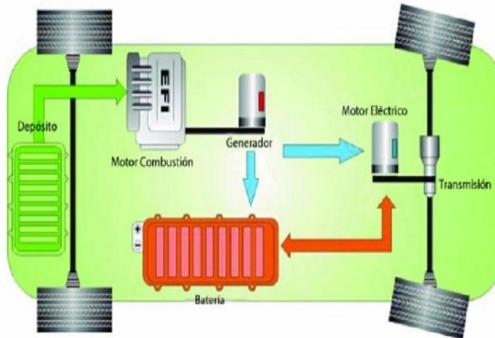
38, 39, 40, 41, 42 y 43 Gonzales Gabriel. (2010). Producción y conversión de vehículos eléctricos, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://autolibre.blogspot.com/2013/10/desarrollo-de-vehiculos-electricos-en.html>

Cuenta con un sofisticado sistema de control híbrido y un paquete de baterías, además los vehículos híbridos se clasifican en tres tipos.

#### 2.4.2.1. Tipos de vehículos híbridos

El primer tipo de vehículo híbrido en serie se mueve con la potencia que suministra el motor eléctrico, utilizando la electricidad suministrada por el generador accionado por el motor de combustión interna.<sup>44</sup>

Ilustración 7 “Vehículo híbrido en serie”



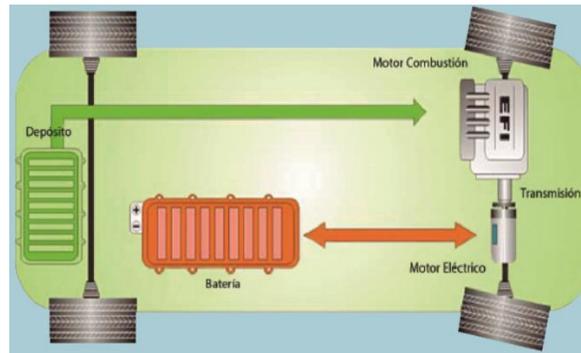
Fuente: FITSA (2006, 7)

- El segundo tipo es el vehículo híbrido en paralelo el cual tiene una posición paralela del motor de combustión con respecto al motor eléctrico simultáneamente para impulsar las ruedas del vehículo. Con la característica de que el motor de combustión a través del motor eléctrico puede también impulsar al vehículo y también cargar la batería funcionando como un alternador.<sup>45</sup>

---

44 y 45 FITSA (2006). Tecnologías de propulsión híbridas. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.espacioseguro.com/fundacionfitsa0/admin/13-Hibridos.pdf>

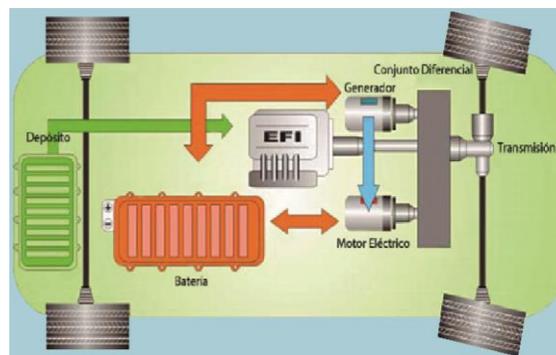
### Ilustración 8 “Vehículo híbrido en paralelo”



Fuente: FITSA (2006, 8)

- El tercer tipo de vehículo híbrido es el mixto el cual tiene la posibilidad de impulsar al vehículo enteramente mediante el motor de combustión o mediante el motor eléctrico o combinando ambos motores, la diferencia es que el motor de combustión, el generador y el motor eléctrico están interconectados a través de un sistema de engranajes diferencial el cual también está conectada a la transmisión del vehículo. <sup>46</sup>

### Ilustración 9 “Vehículo híbrido mixto”



Fuente: FITSA (2006, 10)

Algunas de las tecnologías más avanzadas que se incorporan en este tipo de vehículos híbridos ya sean en paralelo o en serie, incluyen frenado regenerativo. El cual es un sistema que aprovecha la energía consumida durante el frenado y la transforma en electricidad para luego almacenarla en la batería principal. <sup>47</sup>

---

46, 47 FITSA (2006). Tecnologías de propulsión híbridas. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.espacioseguro.com/fundacionfitsa0/admin/13-Hibridos.pdf>

## **2.5. Selección de la fuente de energía alternativa para los vehículos livianos del Departamento de La Paz**

Actualmente la matriz energética en los vehículos livianos esta suministrada por los combustibles fósiles (Gasolina, Diésel y Gas Natural) considerando que estos combustibles son extraídos en importantes cantidades, con el objeto de abastecer a los motorizados del país.

Luego de realizar un análisis teórico de la cantidad de recursos naturales que se tiene en Bolivia, se determinó que la alternativa más favorable para sustituir de forma parcial o total la utilización de los combustibles fósiles (gasolina, diésel y gas natural) es dada por el Litio que se constituye en un acumulador de energía eléctrica.

Se puede notar que existe un avance importante por parte del Estado boliviano el cual ha empezado a generar una gran inversión, con el objeto de empezar a extraer este recurso importante, además se nota que existe un interés a nivel internacional.<sup>48</sup>

Por lo mencionado anteriormente muchas empresas automotrices a nivel internacional llegaron con gran interés a Bolivia, con el objeto de empezar a producir baterías de ion-Litio, el cual es un elemento importante para el funcionamiento de los vehículos eléctricos e híbridos.<sup>49</sup>

Además, siendo un país que cuenta con una importante cantidad de reservas de Litio a nivel Internacional<sup>50</sup> y considerando que este recurso natural es utilizado como un acumulador de energía eléctrica, el cual tiene una alta eficiencia energética.<sup>51</sup> Y teniendo en cuenta que existe una tendencia a nivel nacional de lograr cambiar el combustible fósil por energías alternativas que promuevan el racionamiento de estos derivados del petróleo en favor del medio ambiente y de la población.

La alta eficiencia energética que se obtiene del Litio es una alternativa tecnológica factible que podrá ser utilizado en los vehículos eléctricos e híbridos. Teniendo en cuenta que se tiene 140 millones de toneladas de litio en nuestro salar de Uyuni, de donde podremos utilizar para producir materiales avanzados para las baterías de ion – Litio.<sup>52</sup>

La Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos después de realizar las negociaciones con la empresa Green Tech (subsidiaria de ECM Technologies) de Francia, logro terminar

---

48, 49 América Economía. (enero de 2013). Bolivia: primera planta piloto de baterías de litio entrara en operación, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/bolivia-primer-planta-piloto-de-baterias-de-litio-entrara-en-operacion-este-ano>

50, 51 CEPAL. (noviembre de 2010). La inversión extranjera en América Latina. Consultado en diciembre de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml>

52 Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos COMIBOL (2015). Memorias GNRE. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.evaporiticos.gob.bo/?page\\_id=313](http://www.evaporiticos.gob.bo/?page_id=313)

la implementación de la Planta Piloto de Materiales Catódicos donde se producirá la celda para las baterías de ion – Litio. Esta obra fue financiada por un crédito del Banco Central de Bolivia (Bs. 26 millones).<sup>53</sup>

Además, el Gobierno Nacional invertirá 925 millones de dólares americanos hasta el año 2019, con el objeto de industrializar el Litio, y en particular producir baterías de ion – Litio, siendo una prioridad estatal.<sup>54</sup>

Estas baterías de ion – Litio son acumuladores de energía que se utilizan en los vehículos eléctricos, pero la energía eléctrica que se requiere para alimentar la batería de ion - Litio debe ser suministradas por fuentes renovables como centrales hidroeléctricas, eólicas, biomasa y plantas fotovoltaicas de manera que se utilice los recursos renovables y se mitigue la contaminación del medio ambiente de forma progresiva.

Por todo lo mencionado anteriormente se determina que la alternativa más factible y favorable será a través de la utilización del Litio para producir baterías de ion – Litio.

La utilización del Litio genera beneficios importantes tanto desde el aspecto social, económico y medio ambiental, los cuales serán descritos más adelante.

---

53 Cambio. (2017). Gobierno inaugura la Planta Piloto de Cátodos. Consultado en agosto de 2017. Disponible en World Wide Web: [https:// www.cambio.bo](https://www.cambio.bo)

54 La Razón. (2015). Hasta 2019, Bolivia invertirá \$us 925 MM en la industria del litio. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.larazon.com>

## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS TEÓRICO

#### 3.1. Cuantificación de la venta de gasolina, diésel y gas natural en el Departamento de La Paz

Actualmente la fuente de energía del transporte vehicular liviano en el Departamento de La Paz es a través de los combustibles fósiles (Gasolina Especial, Gasolina Premium, Diésel y Gas Natural), estos derivados del petróleo son demandados por los diferentes tipos de vehículos según su requerimiento.

A continuación, detallaremos la venta de los combustibles en el Departamento de La Paz y su demanda por tipo de vehículo, para poder determinar el combustible de mayor requerimiento por el transporte vehicular liviano.

##### 3.1.1. Venta de Gasolina Especial en el Departamento de La Paz

De acuerdo con los datos de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (Boletín Estadístico 2015), el segundo consumidor de Gasolina Especial en Bolivia es el Departamento de La Paz con una participación de 27,92% del consumo.

En la Tabla 1 se detalla los datos de venta de gasolina especial de enero a junio del año 2015.

**Tabla 1 “Venta de gasolina especial en el departamento de la paz”**

Meses del año 2015	Volumen (Bbl/día)	BEP/ día
<b>Enero</b>	6.856	6.125,15
<b>Febrero</b>	6.987	6.242,18
<b>Marzo</b>	6.775	6.052,78
<b>Abril</b>	7.467	6.671,01
<b>Mayo</b>	6.847	6.117,10
<b>Junio</b>	7.413	6.622,77
<b>Promedio</b>	7.057	6.304,72

Fuente: Elaboración propia en base a datos “Gerencia Nacional de Comercialización de Y.P.F.B. (2015)” y Factores de conversión de unidades físicas a calorías (Organización Latinoamérica de Energía).

##### 3.1.2. Venta de Gasolina Premium en el Departamento de La Paz

Según los datos de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (Boletín Estadístico 2015), el Departamento de La Paz es el segundo consumidor de gasolina premium en

Bolivia con una participación del 19,94%. En la Tabla 2 se detalla los datos de venta de la gasolina premium de enero a junio del año 2015.

**Tabla 2 “Venta de gasolina Premium en el Departamento de La Paz”**

Meses del año 2015	Volumen (Bbl/día)	BEP/ día
<b>Enero</b>	8,5	7,59
<b>Febrero</b>	13,5	12,06
<b>Marzo</b>	18,3	16,34
<b>Abril</b>	16,4	14,65
<b>Mayo</b>	9,7	8,66
<b>Junio</b>	12,6	11,25
<b>Promedio</b>	13,2	11,79

Fuente: Elaboración propia en base a datos “Gerencia Nacional de Comercialización de Y.P.F.B. (2015)” y Factores de conversión de unidades físicas a calorías (Organización Latinoamérica de Energía).

### 3.1.3. Venta de Diésel en el Departamento de La Paz

Según los datos de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (Boletín Estadístico 2015), El segundo consumidor de diésel en Bolivia es el Departamento de La Paz con una participación del 18,26%. En la Tabla 3 se detalla los datos de venta de diésel desde el mes de enero a junio del año 2015.

**Tabla 3 “Venta de diésel en el Departamento de La Paz”**

Meses del año 2015	Volumen (Bbl/día)	BEP/ día
<b>Enero</b>	5.213	5.220,81
<b>Febrero</b>	4.819	4.826,22
<b>Marzo</b>	5.043	5.050,56
<b>Abril</b>	5.523	5.531,28
<b>Mayo</b>	5.168	5.175,75
<b>Junio</b>	5.664	5.672,49
<b>Promedio</b>	5.238	5.245,85

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Gerencia Nacional de Comercialización de Y.P.F.B. (2015) y Factores de conversión de unidades físicas a calorías (Organización Latinoamérica de Energía).

En la Tabla 3 podemos observar la cantidad demandada de barriles por día de diésel y también su equivalente en unidad calórica (barriles equivalentes de petróleo).

### 3.1.4. Venta de Gas Natural Vehicular en el Departamento de La Paz

Según los datos de la Agencia Nacional de Hidrocarburos sobre los volúmenes (Expresado en millones de metros cúbicos) comercializados en el Departamento de La Paz en la Gestión 2015.

**Tabla 4 “Venta de gas natural vehicular en el Departamento de La Paz (2015)”**

Meses del año	Volumen (MMm <sup>3</sup> )	BEP/ día
<b>Enero</b>	9,38	56.098,02
<b>Febrero</b>	8,71	52.091,02
<b>Marzo</b>	9,28	55.499,96
<b>Abril</b>	9,37	56.038,22
<b>Mayo</b>	9,41	56.277,44
<b>Junio</b>	8,98	53.705,78
<b>Julio</b>	9,13	54.602,87
<b>Agosto</b>	9,13	54.602,87
<b>Septiembre</b>	8,73	52.210,63
<b>Octubre</b>	9,38	56.098,02
<b>Noviembre</b>	8,97	53.645,98
<b>Diciembre</b>	9,38	56.098,02
<b>Promedio</b>	9,15	54.722,49

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (2015) y Factores de conversión de unidades físicas a calorías (Organización Latinoamérica de Energía).

### 3.2. Crecimiento del parque automotor en el Departamento de La Paz

El Departamento de La Paz tiene un importante crecimiento en el parque vehicular liviano, y se presenta en las ciudades de La Paz y El Alto donde el aumento de flujo vehicular es considerablemente.

Según el Registro Único para la Administración Tributaria y el Instituto Nacional de Estadísticas el parque automotor en el Departamento de La Paz hasta el año 2015 era de 385.105 vehículos entre particulares, públicos y oficiales. La Tabla 5 y la ilustración 10 muestran el Parque Automotor por Tipo de Servicio.

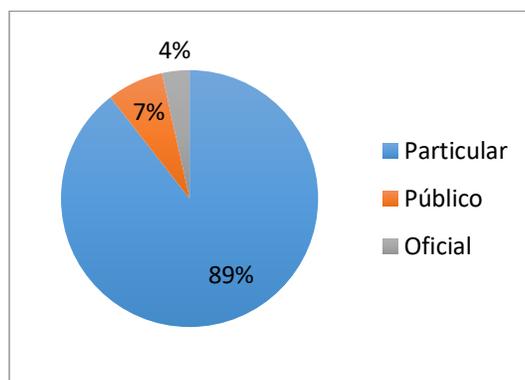
**Tabla 5 “Parque automotor por tipo de servicio en el Departamento de La Paz”**

Tipo de servicio	Año 2015	Porcentaje
<b>Particular</b>	344.427	89%
<b>Público</b>	27.339	7%
<b>Oficial</b>	13.339	4%
<b>Total</b>	385.105	100%

Fuente: Elaboración propia en base a datos “Registro Único para la Administración Tributaria”

A continuación, se muestra la ilustración 10 en porcentajes del parque automotor por tipo de servicio en el Departamento de La Paz, en base a los datos de la Tabla 5.

**Ilustración 10 “Parque automotor por tipo de servicio en el Departamento de La Paz expresado en porcentaje”**



Fuente: Elaboración propia en base a datos “Registro Único para la Administración Tributaria”

Como se observa en la ilustración 10, donde se describe en porcentaje por tipo de servicio del parque automotor, apreciamos que el 89% representa el particular seguido del 7% en el público y por último el 4% es oficial, lo que nos da a considerar que el Departamento de La Paz tiene una importante cantidad de vehículos particulares.

**3.2.1. Clasificación del parque automotor por tipo de vehículo**

En la Tabla 6 se describe el parque automotor dividido por tipo de vehículos y de servicio (particular, público y oficial) en el Departamento de La Paz.

**Tabla 6 “Parque automotor por tipo de vehículos en el Departamento de La Paz en el año 2015”**

Tipo de vehículo	Particular	Público	Oficial	Total
<b>Automóvil</b>	81.052	4.526	3.018	88.596
<b>Camión</b>	19.875	6.547	1.002	27.424
<b>Camioneta</b>	25.894	750	2.159	28.803
<b>Furgón</b>	2.589	11	64	2.664
<b>Jeep</b>	13.200	12	720	13.932
<b>Microbús</b>	3.108	2.012	350	5.470
<b>Minibús</b>	152.489	7.945	456	160.890
<b>Moto</b>	4.025	10	1.520	5.555
<b>Ómnibus</b>	718	1.587	254	2.559
<b>Quadra Trak</b>	167	0	98	265
<b>Vagoneta</b>	37.897	2.985	3.539	44.421
<b>Tracto- Camión</b>	3.413	954	159	4.526
<b>Total</b>	<b>344.427</b>	<b>27.339</b>	<b>13.339</b>	<b>385.105</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

La Tabla 6 describe la clasificación de los vehículos livianos y pesados. Los vehículos livianos se caracterizan por tener un peso bruto menor de 3.000 Kg y se utilizan para el uso de pasajeros como por ejemplo: Automóvil, Furgón, Jeep, Minibús, Quadra Trak y Vagoneta.

Los vehículos pesados son aquellos que tienen un peso bruto mayor a los 3.000 Kg y puede ser utilizado para llevar mayor cantidad de pasajeros y carga, por ejemplo: Camión, Microbús, Ómnibus y Tracto- camión.

**Tabla 7 “Parque automotor por tipo de servicio entre livianos y pesados”**

<b>Vehículos livianos</b>		<b>Vehículos pesados</b>	
<b>Tipo de vehículo (Particular, Público y Oficiales)</b>			
<b>Automóvil</b>	88.596	<b>Camión</b>	27.424
<b>Furgón</b>	2.664	<b>Microbús</b>	5.470
<b>Camioneta</b>	28.803	<b>Ómnibus</b>	2.559
<b>Jeep</b>	13.932	<b>Tracto- Camión</b>	4.526
<b>Minibús</b>	160.890		
<b>Moto</b>	5.555		
<b>Quadra Trak</b>	265		
<b>Vagoneta</b>	44.421		
<b>Total</b>	345.126	<b>Total</b>	39.979
<b>Porcentaje</b>	90%	<b>Porcentaje</b>	10%

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

En la Tabla 7 se describe que el 90% del parque automotor está compuesto por los vehículos livianos y el 10% por los vehículos pesados. Por consiguiente se establece que los vehículos livianos son los más representativos en el parque vehicular del Departamento de La Paz

### **3.2.2. Clasificación de vehículos por uso de combustibles en el Departamento de La Paz**

El Departamento de La Paz presenta diferentes tipos de vehículos los cuales funcionan con un determinado combustible como la gasolina, diésel y gas natural, el cual se describe en las Tablas 8 y 9, la cantidad de vehículos con respecto al tipo de combustible que utiliza cada motorizado.

**Tabla 8 “Vehículos livianos – tipo particular por uso de combustible en el Departamento de La Paz (2015)”**

<b>Vehículos Livianos</b>				
<b>Tipo de vehículo (Particular)</b>				
	<b>Diésel</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Total</b>
<b>Automóvil</b>	95	10.203	70.754	81.052
<b>Camioneta</b>	652	352	24.890	25.894
<b>Furgón</b>	19	256	2.314	2.589
<b>Jeep</b>	298	987	11.915	13.200
<b>Minibús</b>	1.589	10.856	140.044	152.489
<b>Moto</b>	5	17	4.003	4.025
<b>Quadra Trak</b>	0	0	167	167
<b>Vagoneta</b>	986	10.369	26.542	37.897
<b>Total</b>	3.644	33.040	280.629	317.313

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

La Tabla 8 describe la cantidad de los diferentes vehículos en base al combustible que consumen para su accionamiento, de donde podemos notar que los minibuses, automóviles y vagonetas son los más representativos entre los vehículos livianos y como se percibe son los mayores consumidores de gasolina.

**Tabla 9 “Vehículos pesados – tipo particular por uso de combustible en el Departamento de La Paz (2015)”**

<b>Vehículos pesados</b>				
<b>Tipo de vehículo (Particular)</b>				
	<b>Diésel</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Total</b>
<b>Camión</b>	11.254	1.523	7.098	19.875
<b>Microbús</b>	1.890	1.020	198	3.108
<b>Ómnibus</b>	245	58	415	718
<b>Tracto-Camión</b>	2.893	520	0	3.413
<b>Total</b>	16.282	3.121	7.711	27.114

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

La Tabla 9 nos muestra que los vehículos pesados como los camiones, microbús y tracto camión son los más representativos y además estos son los que demandan diésel para su funcionamiento.

**Tabla 10 “Vehículos livianos – tipo público por uso de combustible en el Departamento de La Paz (2015)”**

<b>Vehículos livianos</b>				
<b>Tipo de vehículo (Público)</b>				
	<b>Diésel</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Total</b>
<b>Automóvil</b>	12	1.245	3.269	4.526
<b>Camioneta</b>	124	25	601	750
<b>Furgón</b>	0	2	9	11
<b>Jeep</b>	0	2	10	12
<b>Minibús</b>	358	2.568	5.019	7.945
<b>Moto</b>	0	0	10	10
<b>Quadra Trak</b>	0	0	0	0
<b>Vagoneta</b>	53	1.420	1.512	2.985
<b>Total</b>	547	5.262	10.430	16.239

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

En la Tabla 10 los vehículos livianos públicos (minibús, automóvil y vagoneta) representan una importante cantidad, y siendo la mayoría de estos motorizados consumidores de gasolina, nos indica que este combustible (gasolina) es el primero en ser demandado seguido del gas natural y en una minoría diésel.

**Tabla 11 “Vehículos pesados – tipo público por uso de combustible en el Departamento de La Paz (2015)”**

<b>Vehículos pesados</b>				
<b>Tipo de vehículo (Público)</b>				
	<b>Diésel</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Total</b>
<b>Camión</b>	2.929	259	3.359	6.547
<b>Microbús</b>	1.207	51	754	2.012
<b>Ómnibus</b>	1.002	185	400	1.587
<b>Tracto-Camión</b>	949	5	0	954
<b>Total</b>	6.087	500	4.513	11.100

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

La Tabla 11 refleja que los vehículos pesados públicos (camión, microbús, ómnibus y tracto – camión) tienen una importante demanda de diésel, seguido de la gasolina y gas natural.

**Tabla 12 “Vehículos livianos – tipo oficiales por uso de combustible en el Departamento de La Paz en el año 2015”**

<b>Vehículos livianos</b>				
<b>Tipo de vehículo (Oficiales)</b>				
	<b>Diésel</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Total</b>
<b>Automóvil</b>	42	15	2.961	3.018
<b>Camioneta</b>	439	61	1.659	2.159
<b>Furgón</b>	8	0	56	64
<b>Jeep</b>	25	2	693	720
<b>Minibús</b>	35	8	413	456
<b>Moto</b>	0	5	1.515	1.520
<b>Quadra Trak</b>	0	0	98	98
<b>Vagoneta</b>	197	25	3.317	3.539
<b>Total</b>	746	116	10.712	11.574

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

**Tabla 13 “Vehículos pesados – tipo oficiales por uso de combustible en el Departamento de La Paz en el año 2015”**

<b>Vehículos pesados</b>				
<b>Tipo de vehículo (Oficiales)</b>				
	<b>Diésel</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Total</b>
<b>Camión</b>	802	2	198	1.002
<b>Microbús</b>	79	5	266	350
<b>Ómnibus</b>	198	5	51	254
<b>Tracto-Camión</b>	159	0	0	159
<b>Total</b>	1.238	12	515	1.765

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

De acuerdo a la Tabla 12 podemos observar que la mayor cantidad de vehículos livianos utilizan como combustible gasolina. Y en el caso de los vehículos pesados que se describen en la Tabla 13, una importante cantidad de vehículos demandan diésel.

**Tabla 14 “Total de vehículos livianos por uso de combustible en el Departamento de La Paz en el año 2015”**

<b>Vehículos livianos</b>				
<b>Tipo de servicio</b>	<b>Diésel</b>	<b>Gas natural</b>	<b>Gasolina</b>	<b>Total</b>
<b>Particular</b>	3.644	33.040	280.629	317.313
<b>Público</b>	547	5.262	10.430	16.239
<b>Oficial</b>	746	116	10.712	11.574
<b>Total</b>	4.937	38.418	301.771	345.126

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

La Tabla 14 nos detalla el total de los vehículos livianos y de acuerdo a los datos reflejados determinamos que la mayor demanda de combustible es la gasolina seguido del gas natural y diésel

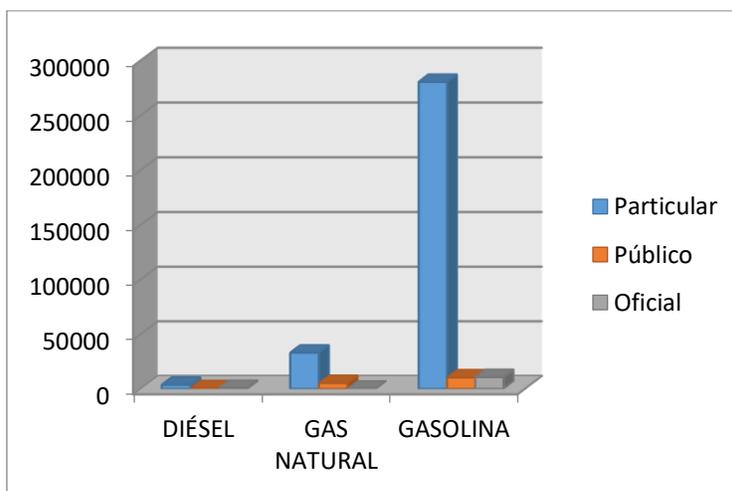
**Tabla 15 “Total de vehículos pesados por uso de combustible en el Departamento de La Paz en el año 2015”**

Vehículos pesados				
Tipo de servicio	Diésel	Gas natural	Gasolina	Total
Particular	16.282	3.121	7.711	27.114
Público	6.087	500	4.513	11.100
Oficial	1238	12	515	1765
<b>Total</b>	<b>23.607</b>	<b>3.633</b>	<b>12.739</b>	<b>39.979</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

Entre tanto en la Tabla 15 los vehículos pesados demandan en una gran mayoría diésel como combustible seguido de la gasolina y gas natural.

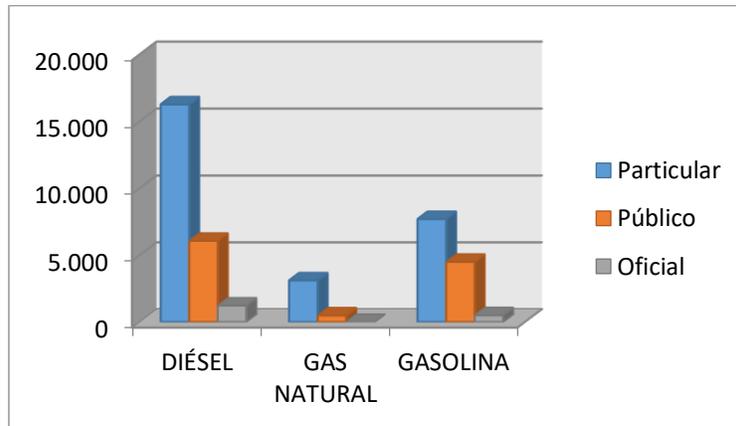
**Ilustración 11 “Cantidad de vehículos livianos por uso de combustible en el Departamento de La Paz”**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

En la ilustración 11 se muestra claramente que la demanda de los vehículos livianos en su gran mayoría es la gasolina, lo cual nos indica que este combustible es el más requerido en estos motorizados, siendo los particulares uno de los principales representantes en el parque automotor liviano.

**Ilustración 12 “Cantidad de vehículos pesados por uso de combustible en el Departamento de La Paz”**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Nacional de Estadísticas

En la ilustración 12 podemos percibir la mayor cantidad de vehículos pesados utiliza diésel seguido de la gasolina y gas natural, pero este sector representa el 10% del parque automotor.

*Luego de realizar el análisis con respecto a la utilización del combustible entre los vehículos livianos y pesados, determinamos específicamente que los vehículos livianos en sus tres tipos (particulares, públicos y oficiales), son los que demandan en su gran mayoría gasolina como combustible y además considerando que son el 90% del parque automotor en el Departamento de La Paz, como se describió en la Tabla 7.*

*Por consiguiente, denotamos que se debe mitigar de forma progresiva el uso de la gasolina en los vehículos livianos a través de otra alternativa factible, como la implementación de vehículos eléctricos e híbridos, con el objeto de incorporar la energía eléctrica mediante el uso de fuentes de energía alternativa.*

*Y debido a lo mencionado anteriormente, a continuación se realizará una proyección donde se considerara la incorporación de vehículos eléctricos en el Departamento de La Paz.*

### **3.4. Determinación de la cantidad de vehículos eléctricos que se incorporen al parque automotor del Departamento de La Paz**

Luego de determinar el Litio como un recurso factible y además el más eficiente acumulador de energía eléctrica que puede ser utilizado en las baterías de los vehículos eléctricos y considerando que se requiere energía eléctrica para alimentar este acumulador. Denotamos que esta energía debe ser generada por fuentes renovables como las hidroeléctricas que se tiene en el Departamento de La Paz.

Considerando los aspectos mencionados inicialmente con respecto al crecimiento del parque automotor, estableceremos la proyección en función de la cantidad de vehículos livianos más representativos en el Departamento de La Paz.

**Tabla 16 “Proyección de la cantidad de vehículos eléctricos e híbridos de incorporación al parque automotor”**

Tipo de vehículo	Cantidad 1%
Automóvil	900
Minibús	1.800
Vagoneta	500
Otros	251
<b>Total</b>	<b>3.451</b>

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la Tabla 14

En la Tabla 16 consideramos el 1% del total de vehículos livianos de la Tabla 14, y en función a la situación actual de los países vecinos de la región que están empezando a implementar vehículos eléctricos en su parque automotor, el cual se describe en el Capítulo II (2. Tipos de fuentes alternativas utilizadas en los vehículos).

Y situándonos en la actualidad que se encuentra el país, notaremos que el ingreso de vehículos eléctricos e híbridos sería mínimo al comienzo.

Por tal motivo se estableció el valor de 1% para iniciar con un cambio de fuente energética en el sector de los vehículos livianos. *Pero cuando la producción de baterías de ion-Litio para vehículos eléctricos empiece a masificarse, el costo de la inversión de adquisición de estos vehículos ira disminuyendo progresivamente.*<sup>1</sup>

Esto generaría que se aumente la importación de vehículos eléctricos e híbridos. Lo cual generaría la demanda de energía eléctrica en este sector, por tal situación haremos una proyección a futuro del requerimiento de energía eléctrica.

### **3.5. Proyección de la demanda de energía eléctrica en los vehículos eléctricos e híbridos**

Dependiendo del tipo de vehículo liviano y su demanda de energía eléctrica que requiere para recorrer determinadas distancias dentro las ciudades de La Paz y El Alto o fuera de ellas, que puede ser variable en función a distintas circunstancias. Se realizará una Tabla de proyección donde se considerará distintos modelos de vehículos eléctricos e híbridos.

---

<sup>1</sup> Mendoza Luz. (2009). La industria automotriz revive el interés por el litio boliviano, Consultado en diciembre de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://eju.tv/2015/09/bolivia-en-2015-subsidio-a-carburantes-bajara-54-y-sumara-us-300-mm/>

**Tabla 17 “Vehículos eléctricos e híbridos propuestos para la proyección”**

<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Energía de recarga KWh</b>	<b>Kilómetros que dura la carga</b>	<b>Kilómetro recorrido en un mes</b>
<b>Toyota</b>	Hiace	Minibús	33	150	1.000
<b>Nissan</b>	Urvan	Minibús	33	150	1.000
<b>Nissan</b>	Sentra	Automóvil	22	100	1.000
<b>Nissan</b>	Tsuru	Automóvil	16.5	100	1.000
<b>Toyota</b>	Caldina	Automóvil	22	100	1.000
<b>Mitsubishi</b>	Montero	Vagoneta	33	150	1.000
<b>Suzuki</b>	Alto	Automóvil	16.5	100	1.000
<b>Toyota</b>	Corolla Wagon	Automóvil	22	100	1.000
<b>Toyota</b>	Ipsum	Vagoneta	22	100	1.000

Fuente: Elaboración propia en base a datos de los fabricantes de vehículos.

En la Tabla 17 se observa que cada vehículo tiene una determinada capacidad de carga y su kilometraje de autonomía que puede recorrer con una carga completa de batería, además se propone un recorrido aproximado de 1000 Kilómetros en un mes, pero cabe destacar que este dato es una aproximación, debido a que tiende a variar en función al requerimiento y necesidades de cada usuario.

La selección de los vehículos eléctricos e híbridos que se muestran en la Tabla 17 han sido seleccionadas en función al requerimiento y demanda por parte de la población del Departamento de La Paz, se estableció que estos vehículos livianos son los más utilizados.

*Por ejemplo, si un automóvil eléctrico que requiere 22 KWh de energía para recorrer 100 Km y recorre en un mes 1000 Km, entonces en un mes demanda de 220 KWh de energía eléctrica. En la siguiente Tabla 18 describiremos la demanda de energía de cada vehículo que se muestra en la Tabla 17.*

**Tabla 18 “Consumo de energía eléctrica de vehículos eléctricos e híbridos”**

<b>Fabricante</b>	<b>Tipo</b>	<b>Energía demandada en un mes KWh</b>	<b>Cantidad establecida de vehículos livianos eléctricos circulando</b>	<b>Energía demandada en un mes MWh por los vehículos livianos eléctricos</b>
<b>Toyota</b>	Minibús	330	1000	0.33
<b>Nissan</b>	Minibús	330	800	0.26
<b>Nissan</b>	Automóvil	220	150	0.03
<b>Nissan</b>	Automóvil	165	300	0.05
<b>Toyota</b>	Automóvil	220	300	0.06
<b>Mitsubishi</b>	Vagoneta	330	100	0.03
<b>Suzuki</b>	Automóvil	165	50	0.008
<b>Toyota</b>	Automóvil	220	100	0.02
<b>Toyota</b>	Vagoneta	220	400	0.08
<b>Energía total demandada en un mes</b>				<b>0.86</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de los fabricantes de vehículos

La Tabla 18 se muestra la cantidad establecida de vehículos livianos eléctricos en función a los datos de la Tabla 16, esta designación fue realizada en base a las características que presenta el flujo vehicular en el Departamento de La Paz. Y considerando las cantidades establecidas, se calculó la demanda requerida en un mes por cada vehículo propuesto, el cual fue explicado anteriormente.

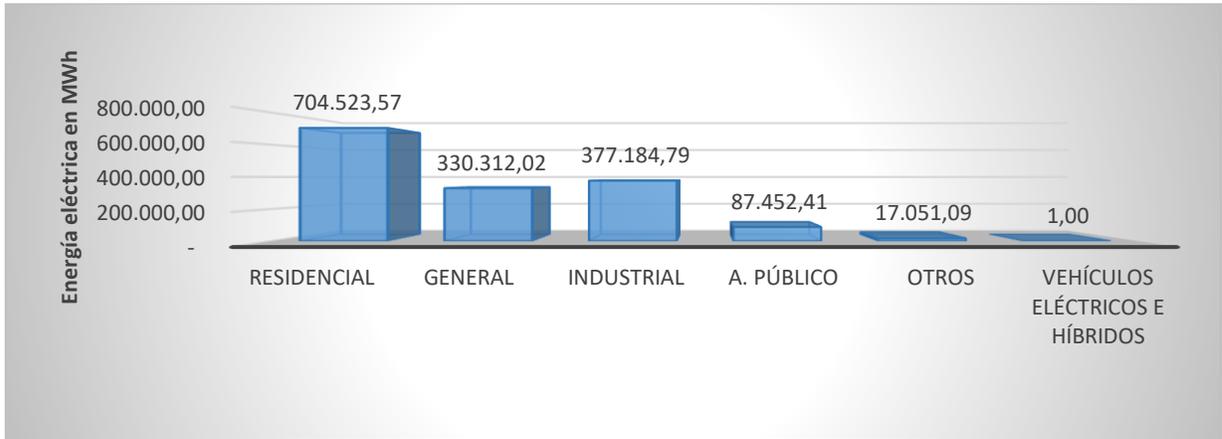
Inicialmente se propuso un 1% (ver Tabla 16), donde se determinó una cantidad de 3.451 vehículos eléctricos en un periodo de 10 años inicialmente.

El tiempo establecido de 10 años está en base a la actualidad que se presenta en nuestro país y también se consideró como referencia la implementación actual de vehículos eléctricos en los países vecinos, como se menciona en el Subtítulo 2 del Capítulo II.

El incremento de los vehículos eléctricos en un futuro dependerá de las políticas gubernamentales y de las decisiones que se puedan tomar con respecto a la producción de las baterías de ion-Litio, el cual será importante para poder impulsar la masificación de estos vehículos en un futuro cercano.

Otro factor importante a considerar es el abastecimiento del consumo de energía eléctrica que requerirán en un futuro los vehículos eléctricos y su designación a una categoría de consumidor en el Departamento de La Paz.

### Ilustración 13 “Comparación de venta de energía eléctrica de los vehículos eléctricos con respecto a los consumidores finales”



Fuente: Elaboración propia en base a datos de DELAPAZ

En la ilustración 13 nos muestra la cantidad demandada de energía eléctrica en base al 1% de incorporación de vehículos eléctricos e híbridos. *Esta comparación fue realizada en función a los datos de venta de energía eléctrica de la gestión 2014 en el Departamento de La Paz.*

La demanda proyectada de energía eléctrica por parte de los vehículos eléctricos e híbridos no llega a representar ni el 0.5% de la demanda actual de energía. Por consiguiente, este incremento que es pequeño, debe provenir de la generación renovable o alternativa, porque si viene del gas natural, generara emisiones de CO<sub>2</sub> y en lugar de contaminar las ciudades, igual se contaminaría otros lugares. Por lo cual se debe promover el uso de fuentes alternas que favorezcan al medio ambiente y a la población.

Actualmente el Gobierno Nacional está incentivando el uso de energías renovables para la generación de energía eléctrica, por consiguiente, se está ejecutando diferentes proyectos.

Según información del Ministerio de Hidrocarburos y Energía, el Departamento de La Paz tiene una importante cantidad de Hidroeléctricas y un potencial hídrico que puede ser utilizada para aumentar la demanda de energía eléctrica requerida (Anexo No. 5).<sup>2</sup>

Cabe destacar que nuestro país tiene una reserva de 600 MW de potencia, además se proyecta aumentar más potencia al Sistema Interconectado Nacional mediante proyectos de hidroeléctricas y el uso de fuentes alternativas (biomasa, eólica, geotérmica, fotovoltaica), el cual generará una cantidad importante de excedente de energía eléctrica.<sup>3</sup>

2,3 Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, (enero de 2014), Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025, Primera Edición, La Paz – Bolivia

**Tabla 19 “Proyectos de generación de energía eléctrica para el Departamento de La Paz”**

Proyecto	Tecnología	Localización	Potencia (MW)
<b>Umapalca (Miguillas)</b>	Hidroeléctrica	Rio Miguillas	85
<b>Palillada (Miguillas)</b>	Hidroeléctrica	Rio Miguillas	118
<b>El Bala</b>	Hidroeléctrica	La Paz - Beni	1.680
<b>San Buenaventura</b>	Biomasa	San Buenaventura	10
<b>Parque Fotovoltaico</b>	Fotovoltaica	La Paz - Oruro	20

Fuente: Elaboración propia en base a los datos del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025).

Como podemos apreciar los datos de la Tabla 19, en el cual se refleja los proyectos para incrementar la potencia de inyección al Sistema Interconectado Nacional.

Estos proyectos de generación son considerados primeramente para cubrir la demanda interna de energía eléctrica, lo cual beneficia en particular a todas las categorías de consumidores finales.

*Los proyectos de hidroeléctricas y de fuentes alternativas serán de gran beneficio, porque favorecerán en gran manera la propuesta de implementar vehículos eléctricos e híbridos en el Departamento de La Paz.*

Además, se proyecta que para el año 2025 la generación de energía eléctrica a nivel nacional será cubierta por un 70% de hidroeléctricas, 4% de energías alternativas y 26% con termoeléctricas, de manera que se priorice la utilización de recursos renovables.<sup>4</sup>

Al ser cubierta la generación de energía eléctrica por hidroeléctricas se estará impulsando de manera progresiva la reducción de la emisión de CO<sub>2</sub>, además al incorporar energías alternativas se estará dando prioridad al uso de fuentes renovables alternas.

Y con respecto a la emisión de gases de efecto invernadero por parte de las hidroeléctricas, estas fuentes de generación de energía eléctrica se encuentran en un clima variable de temperatura promedio como se presenta en el Departamento de La Paz los cuales no favorecen a la producción de los gases de efecto invernadero.

---

<sup>4</sup> Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, (enero de 2014), Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025, Primera Edición, La Paz - Bolivia

### 3.6. Proyección de la cantidad de combustible (gasolina) que se evitaría consumir por energía eléctrica

Si reemplazamos los vehículos livianos convencionales por vehículos eléctricos, estaremos evitando el consumo de combustible (gasolina) y las emisiones de los gases contaminantes como el CO, CO<sub>2</sub> e hidrocarburos.

Por consiguiente, analizaremos la cantidad de combustible demandado por los vehículos livianos en función a la distancia recorrida por mes. Cabe destacar que se consideró los vehículos más representativos.

**Tabla 20 “Consumo de combustible de los vehículos livianos”**

Fabricante	Tipo	Cantidad establecida de vehículos livianos	Consumo de combustible L/ Km	Kilómetros recorridos en un mes	Consumo de combustible L/mes
<b>Toyota</b>	Minibús	1.000	0.22	1.000	220
<b>Nissan</b>	Minibús	800	0.24	1.000	240
<b>Nissan</b>	Automóvil	150	0.25	1.000	250
<b>Nissan</b>	Automóvil	300	0.21	1.000	210
<b>Toyota</b>	Automóvil	300	0.22	1.000	220
<b>Mitsubishi</b>	Vagoneta	100	0.30	1.000	300
<b>Suzuki</b>	Automóvil	50	0.15	1.000	150
<b>Toyota</b>	Automóvil	100	0.24	1.000	240
<b>Toyota</b>	Vagoneta	400	0.21	1.000	210
<b>Cantidad de combustible consumido en un mes (L/mes)</b>					<b>2.040</b>

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de los fabricantes

Para la Tabla 20, referida a cantidades de combustible consumido por vehículos livianos en un mes, se tomó en cuenta el 1% de los vehículos livianos ( ver Tabla 14). Además, estos datos sirvieron para efectuar una comparación entre los vehículos que consumen energía fósil y energía eléctrica. Y como podemos observar en la Tabla 20 donde determinamos la cantidad de combustible que demandan los vehículos livianos en un mes.

A continuación, realizaremos una comparación entre los vehículos convencionales y eléctricos de las Tablas 18 y 20. Debemos resaltar que la cantidad, marca y kilometraje son los mismos de los vehículos que se detallan en la Tabla 18.

**Tabla 21 “Comparación por uso de combustible y demanda de energía eléctrica”**

Demanda de energía eléctrica en un mes (Tabla No. 18)	Demanda de gasolina en un mes (Tabla No. 20)
<b>0.86 MWh</b>	2.040 Litros de gasolina
<b>0,53 BEP</b>	11,46 BEP

De acuerdo a las declaraciones realizadas por el Gobierno Nacional donde indica que el costo de la energía eléctrica para la población es de 0,60 Bs/KWh, este dato referencial lo utilizaremos como un indicador para determinar el costo de energía eléctrica en forma general, pero en el Capítulo IV se realizará el cálculo más detallado del importe de energía.

Ahora realizaremos una comparación de la demanda de energía eléctrica establecida en la Tabla 18 y el consumo establecida en la Tabla 20. Considerando que los datos de estas Tablas (18 y 20), fueron consideradas con la misma cantidad de vehículos livianos, la única diferencia fue el combustible que utilizan.

$$\text{Costo de la energía eléctrica} = 860 \text{ KWh} \times 0,60 \frac{\text{Bs}}{\text{Kwh}} = 516 \text{ Bs.}$$

Según la Agencia Nacional de Hidrocarburos el precio de la gasolina especial es de 3,74 Bs/L

$$\text{Costo de la gasolina} = 2.040 \text{ lt} \times 3,74 \frac{\text{Bs}}{\text{lt}} = 7.629,60 \text{ Bs}$$

Como podemos notar existe una significativa diferencia entre el costo de energía eléctrica con respecto al costo de la gasolina.

Debido a que nuestro país tiene diferentes fuentes renovables alternas para generar energía eléctrica y potenciales hídricos que pueden ser utilizados para el suministro de energía que demandarían los vehículos eléctricos, se puede denotar que es factible la incorporación de estos vehículos y ayudaría a impulsar la mitigación de forma progresiva del consumo de gasolina, generando importantes beneficios, los cuales serán descrito más adelante.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE COSTOS

#### 4.1. Determinación de la valoración económica de un automóvil convencional

Para determinar la valoración económica de un automóvil convencional formularemos un ejemplo de un vehículo liviano y otro eléctrico donde adoptaremos un indicador que permita comparar los costos unitarios a lo largo de su vida útil operacional.

Este indicador es LCOD (Levelized Cost of Driven), por sus siglas en inglés, que significa la valoración económica del costo de transporte, este indicador lo utilizaremos para determinar la valoración económica de un vehículo liviano y otro eléctrico en función al costo de vida útil.

Como ejemplo utilizaremos los datos de un automóvil (Nissan – Tsuru 2010).

**Tabla 22 “Costos promedio de operación y mantenimiento del automóvil (Nissan – Tsuru)”**

Tipos de reparaciones	Cambio kilometraje	Para 200.000 KM. Número de veces	Costos aproximados Bs. (Estos pueden variar)	Total Bs.
Aceites y filtros	2.000	100	500	50.000
Luces, escobillas, fusibles, relays, sensores.	670	300	400	120.000
Bujías y líquido de freno.	8.000	30	500	15.000
Batería, Airbag y aire acondicionado / calefacción.	30.000	3	2000	6.000
Correas de distribución y accesorios.	80.000	3	3000	9.000
Pastilla de frenos	13.300	16	1300	208.000
Disco de frenos	40.000	5	1500	7500
Amortiguadores	30.000	6	4000	24.000
Neumáticos y Otros.			50000	50.000
Costo aproximado para 200.000 Km.				489.500

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Taiyo Motors – NISSAN

La Tabla 22, refleja el costo de mantenimiento Nissan – Tsuru que fue tomado como ejemplo para compararlo con un vehículo eléctrico.

**Los datos del fabricante de Nissan son:**

- El automóvil Tsuru – Nissan 2010.
- Consumo de combustible es de 0,22 L/Km.<sup>1</sup>
- Estimaremos 10 años de vida útil optima, porque pasando ese periodo el vehículo tiende a generar un mayor gasto, se establecerá un recorrido de 200.000 Km.

$$\text{Consumo de combustible en un año} = 0.22 \frac{L}{Km} \times \frac{200.000Km}{10 \text{ años}} = 4.400 \frac{lt}{año}$$

Precio de la gasolina especial es de 3,74 Bs/L según datos de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (precio subvencionado por el Estado boliviano). <sup>2</sup>

Según la Agencia Nacional de Hidrocarburos el precio internacional de la gasolina especial 8,68 Bs/L. <sup>3</sup>

**Tabla 23 “Costos operativos de un automóvil a gasolina (Nissan – Tsuru)”**

<b>Parámetros considerados</b>	
<b>Inversión Inicial (Bs.)</b>	105.000
<b>Consumo de combustible (L/año)</b>	4.400
<b>Costo del combustible (Bs/año) (subvencionado)</b>	16.456
<b>Costo del combustible internacional (Bs/año)</b>	38.192
<b>Tasa de descuento %</b>	10
<b>Vida útil estimada (años)</b>	10
<b>Depreciación anual % <sup>4</sup></b>	6.7

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de Taiyo Motors – NISSAN y A.N.H.

1 Auto cosmos. (2017). Nissan – Tsuru GSII. Consultado en abril de 2017. Disponible en World Wide Web: <http://www.autocosmos.com.mx/catalogo/vigente/nissan/tsuru/gsii/160981>

2,3 Agencia Nacional de Hidrocarburos (mayo de 2016). Regulación Económica. Consultado en junio de 2017. Disponible en World Wide Web: <http://www.anh.gob.bo/index.php?N=dre>

4 Juárez Mau. (junio de 2015). ¿Cuáles son los autos que se devalúan más cada año?, Consultado en junio de 2017. Disponible en World Wide Web: <https://www.motorpasion.com.mx/industria/cuales-son-los-autos-que-se-devaluan-mas-cada-ano>

El objeto de aplicar el Método (LCOD), es para poder establecer el costo operacional más factible económicamente entre un vehículo de combustión interna y un vehículo eléctrico, mediante el cual se podrá calcular el costo proyectado en un tiempo estimado de vida útil, de manera que se pueda establecer la opción más factible a utilizar.

La importancia del método (LCOD), es que considera costos variables y fijos durante la vida útil del vehículo, en función a un periodo y kilometraje determinado.

Si adoptamos el indicador LCOD, para determinar la valoración económica por kilómetro recorrido del vehículo liviano, en el cual se incluye la inversión inicial, tasa de descuento, depreciación, costos de mantenimiento y operación. Obtendremos el costo por kilómetro recorrido.

Por consiguiente, la fórmula del LCOD (Levelized Cost of Driven) es la siguiente:

$$LCOD = \frac{I + \sum_{t=1}^n \frac{M + C + Dp}{(1 + r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{D}{(1 + r)^t}}$$

Dónde:

T = Vida útil estimada del automóvil.

I = Inversión inicial

M = Costo de operación y mantenimiento.

C = Costo del consumo de combustible.

D = Distancia recorrida durante la vida útil estimada del automóvil.

r = Tasa de descuento. Se aplica para determinar el actual de un pago a futuro, del cual aplicaremos 10%.

Dp = Depreciación

**Tabla 24 ” Costo de mantenimiento y combustible del automóvil a gasolina (Nissan – Tsuru)”**

Número de años	Costo de mantenimiento en (Bs.)	Costo de combustible (Bs.)	Depreciación anual (BS.)
1	10.950	16.456	7.035
2	18.000	16.456	7.035
3	35.500	16.456	7.035
4	43.900	16.456	7.035
5	12.900	16.456	7.035
6	25.000	16.456	7.035
7	42.000	16.456	7.035
8	12.500	16.456	7.035
9	15.750	16.456	7.035
10	25.000	16.456	7.035
<b>Total</b>	<b>241.500</b>	<b>164.560</b>	<b>70.350</b>

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de Taiyo Motors y ANH

En la Tabla 24 se muestra el costo de mantenimiento en base a los datos de la Tabla 22 y se detalla en Anexo No. 1. El costo de combustible y depreciación anual fue calculado en base a los 200.000 Km de recorrido en 10 años de vida útil óptima.

El consumo de combustible es determinado por el fabricante de cada vehículo. La mayoría de ellos tienen un parámetro ajustable para que el consumo calculado se parezca más al real. Estos parámetros se basan en el nuevo ciclo de conducción europeo (NEDC, por sus siglas en inglés) es un ciclo de conducción, diseñado para evaluar los niveles de gases que emiten los motores de combustión interna y la economía de combustible.<sup>5</sup>

Los fabricantes someten a los vehículos a distintas pruebas, sometiéndoles a diferentes circunstancias y a cargas importantes.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente procederemos a considerar todas las variables que presentan la valoración económica del vehículo (LCOD).

Posteriormente reemplazaremos los datos obtenidos de los costos operativos, mantenimiento y combustible, además la distancia durante su vida útil y también la tasa de descuento, para determinar el LCOD, en función a los parámetros de las Tablas 23 y 25.

---

5 Pollut Environ. (marzo 2017). Nuevo ciclo de conducción europeo (NEDC). Consultado en abril de 2017. Disponible en World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5304423/>

**Tabla 25 “Determinación del LCOD en función a los 10 años de operación del automóvil (Nissan – Tsuru)”**

Número de años	Kilómetro recorrido	$\sum_{t=1}^n \frac{M + C + Dp}{(1 + r)^t}$	$\sum_{t=1}^n \frac{D}{(1 + r)^t}$
1	20.000	31.310,00	18.181,81
2	20.000	34.290,08	16.528,92
3	20.000	44.354,13	15.037,59
4	20.000	46.158,21	13.698,63
5	20.000	22.603,10	12.422,36
6	20.000	27.396,04	11.299,43
7	20.000	33.758,24	10.309,27
8	20.000	16.818,22	9.345,79
9	20.000	16.698,29	8.510,63
10	20.000	18.722,39	7.722,00
$\Sigma$	200.000	292.108,75	123.056,48

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de la Tabla 23 y 24

**Reemplazando en la fórmula de LCOD utilizando datos de las Tablas 23 y 25.**

$$LCOD = \frac{105.000 + 292.108,75}{123.056,48}$$

**LCOD (Con el precio de la gasolina subvencionado)**

$$LCOD = 3,23 \frac{Bs}{Km}$$

El resultado de la valoración económica del automóvil a gasolina por kilómetro recorrido, considera costos de operación, mantenimiento, depreciación y el combustible subvencionado por el Estado boliviano en base al tiempo de vida útil estimada.

**LCOD (Con el precio de la gasolina sin subvención)**

$$LCOD = 4.31 \frac{Bs}{Km}$$

El resultado obtenido ha sido calculado en función a los datos anteriormente considerados de operación, mantenimiento, depreciación, pero aquí se determina con el precio internacional de la gasolina especial.

#### 4.2. Determinación de la valoración económica de un automóvil eléctrico

La inversión inicial para obtener un vehículo eléctrico va ser un aspecto fundamental, el cual determinará el futuro del sector automotriz en nuestro país en forma general.

El importante precio de la batería de ion – Litio influye directamente al costo del vehículo eléctrico. Pero en Europa, Asia y Estados Unidos se establecieron políticas de subsidios con el objeto de incentivar la adquisición de los vehículos eléctricos. <sup>6</sup>

La ventaja principal que se presenta en el país, es sin duda el hecho de poseer el recurso natural para poder fabricar las baterías ion-Litio, esto implica que siendo productor de esta batería, impulsará a que ingrese en nuestro mercado los vehículos eléctricos.

- Para determinar la valoración económica de un automóvil eléctrico utilizaremos de ejemplo un automóvil (Nissan – Leaf) 2015.

En el caso del vehículo eléctrico este ya no requiere gasolina para su accionamiento, si no demanda energía eléctrica para su funcionamiento el cual almacena en la batería de ion-litio.

- Se establece 10 años de vida útil, con un recorrido de 200.000 Km.
- La energía requerida de tracción es de 30 Kilowatts – hora para recorrer 250 km. <sup>7</sup>

Cabe destacar que el fabricante “Nissan” nos indican que la energía de 30 Kilowatts – hora es la energía transmitida del motor hacia las ruedas y debido a las pérdidas que se presenta en el suministro de energía, la recarga debe ser de 33 Kilowatts – hora. <sup>8</sup>

- Si al año recorre 20.000 Km entonces en un mes recorrerá 1.666,67 Km/mes

$$\text{Consumo de energía en un mes} = \frac{1.666,67 \text{ Km}}{\text{mes}} \times \frac{33 \text{ KWh}}{250 \text{ Km}} = 220 \frac{\text{KWh}}{\text{mes}}$$

Por consiguiente, el consumo de energía eléctrica del automóvil (Nissan – Leaf) 2015, es de 220 KWh/mes.

---

6 El Mercurio. (diciembre de 2015). Inversiones, Consultado en marzo de 2017. Disponible en World Wide Web: <http://www.elmercurio.com/Inversiones/Noticias/Fondos-Mutuos/2015/12/31/Cual-es-el-costo-real-de-un-auto-electrico.aspx>

7 y 8 Nissan. (2016). Nissan Leaf, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.nissan.es/vehiculos/nuevos-vehiculos/leaf.html>

Habiendo determinado el requerimiento de energía eléctrica que demandará este vehículo en un mes, ahora procederemos a determinar el costo o importe de consumo de energía, para calcular el importe recurrirémos a la *Resolución N° 604/2015 de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad (A. E.) – Anexo No.2. (La Paz, 29 de octubre de 2015) – DELAPAZ.*<sup>9</sup>

Aplicado para usuarios de Tipo Domiciliario en baja tensión con tensión de suministro de 220 V o 230 V y con una demanda de potencia menor o igual a 10 KW (D2-PD-BT).

#### **Estructura Tarifa Base Domiciliaria**

<b>Concepto</b>	<b>220 Kilovatios - hora</b>	<b>Resultado en Bs</b>
<b>Cargo por energía</b>	20,284	20,284
<b>1er Tramo</b>	50 x 0,558	27,900
<b>2do Tramo</b>	170 x 0,569	96,73
<b>Importe de consumo</b>		144,91

El presente cálculo está referido solo al importe por concepto de energía, no incluye los importes por tasa de alumbrado público y aseo urbano.

Además, el valor determinado del importe de consumo es una referencia porque puede cambiar en función a la distancia recorrida.

- El importe de consumo anual sería 1.738,92 Bs, para una demanda de 2.640 KW.

#### **Pero si utilizaríamos la Categoría Industrial I-PD-BT**

Aplicado para usuarios Industriales en baja tensión con una demanda de potencia máxima menor o igual a 10 KW.<sup>10</sup>

#### **Estructura Tarifa Base Industrial**

<b>Concepto</b>	<b>220 Kilovatios - hora</b>	<b>Resultado en Bs</b>
<b>Cargo Fijo</b>	11,489	11,489
<b>Cargo por Energía</b>	220 x 0,304	66,88
<b>Importe de consumo</b>		78,369

El costo de la energía eléctrica consumida sería menor y de esta manera sería un importante incentivo para el usuario que tuviera un vehículo eléctrico.

9, 10 Autoridad de Electricidad. (2015). Tarifas Vigentes. Consultado en abril de 2017. Disponible en World Wide Web: <https://www.ae.gob.bo/aewebmobile/main?mid=1&cid=30>

- El importe de consumo anual sería 940,42 Bs, para una demanda de 2.640 KW.

Esto implica que el consumo de energía eléctrica sería más factible que el combustible fósil, por su beneficio tanto económico como social.

Cabe destacar que los precios de distribución de electricidad cubren los costos de las fuentes hidráulicas. Esto porque los precios de nodo también incluyen los costos de las centrales térmicas a gas natural. Si estamos promoviendo el uso de los vehículos eléctricos que a su vez se recargan con electricidad que proveniente de las energías renovables, los costos de generación hidroeléctrica deben ser cubiertos y efectivamente, estos costos de electricidad actualmente ya cubren los costos de electricidad generada con hidroeléctricas.

**Tabla 26 “Costos aproximados de mantenimiento del automóvil (Nissan – Leaf)”**

Tipos de reparaciones	Cambio kilometraje	Para 200.000 KM. Número de veces	Costos aproximados Bs. (Estos pueden variar)	Total Bs.
<b>Escobillas, fusibles, relays, sensores.</b>	5.000	40	100	4.000
<b>Neumáticos</b>	50.000	3	1200	3.600
<b>Batería de ion - Litio</b>	160.000	1	30.000	30.000
<b>Líquido de frenos</b>	50.000	2	400	800
<b>Líquido refrigerante de la batería</b>	120.000	1	200	200
<b>Otros.</b>			7.000	7.000
<b>Costo aproximado para 200.000 Km.</b>				<b>45.600</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos Eco Inventos <sup>11</sup>

La ventaja de los vehículos eléctricos es que no requiere revisiones tan regulares como los vehículos convencionales.

Un vehículo eléctrico tiene ventajas importantes como, por ejemplo, tiene menos componentes que revisar y sustituir no hay que cambiar aceite ni filtro de aceite, tampoco hay que cambiar filtro de aire, ni filtro de combustible, no hay bujías ni pre calentadores, no hay embrague que se pueda gastar, no hay tubos de escape, ni tampoco correa de distribución que sustituir después de un determinado número de años o kilómetros recorridos. <sup>12</sup>

<sup>11</sup> Eco Inventos. (2006). Los costos de mantenimiento en vehículos eléctricos. Consultado en junio de 2017. Disponible en World Wide Web: <http://ecoinventos.com/costes-mantenimiento-coches-electricos/>

<sup>12</sup> Ibáñez. (2014). El costo oculto de nuestro vehículo: eléctrico contra tradicional. Consultado en mayo de 2017. Disponible en World Wide Web: <https://www.xataka.com/automovil/son-caros-los-coches-electricos-el-coste-oculto-en-el-coche-coche-electrico-contra-tradicional>

Obviamente seguirá habiendo ciertos componentes como los neumáticos o los frenos que se desgastarán. Pero en el caso de los frenos regenerativos se aprovecha la retención del motor eléctrico para frenar el vehículo y a la vez para generar un poco de electricidad con la que se recarga la batería, por eso la mayor parte de las veces se frena casi sin tener que tocar los frenos (me refiero a los tradicionales), por lo que se gastan menos (discos y pastillas vienen a durar casi el doble).<sup>13</sup>

Pero el costo de mantenimiento que puede ser necesario tener en cuenta, al menos por ahora con las actuales baterías, es la sustitución de la batería por haber perdido capacidad de carga, es decir, por tener un límite de vida útil. De todos modos, las actuales baterías tienen una vida útil de al menos unos 160.000 o 200.000 km, y los fabricantes las suelen garantizar por al menos 5 años, incluso algo más, 7 u 8 años, según la marca.<sup>14</sup>

*Según el precio de referencia determinada por la Aduana Nacional para un vehículo eléctrico, Nissan – Leaf es de 35.710 USD.*<sup>15</sup> (ver en ANEXO No. 4)

Por consiguiente, adoptaremos este precio referencial para realizar los cálculos necesarios.

**Tabla 27 “Costos operativos de un automóvil eléctrico (Nissan – Leaf)”**

Parámetros considerados	
<b>Inversión Inicial (Bs.)</b>	248.899
<b>Consumo de energía eléctrica (Kilowatts – hora)/año</b>	2.640
<b>Costo de energía eléctrica (Bs/año) D2-PD-BT</b>	1.738,92
<b>Costo de energía eléctrica (Bs/año) I-PD-BT</b>	940,42
<b>Tasa de descuento %</b>	10
<b>Vida útil estimada (años)</b>	10
<b>Depreciación anual %<sup>16</sup></b>	4

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Aduana Nacional, A.E. y Mckiwen

13, 14 Ibáñez. (2014). El costo oculto de nuestro vehículo: eléctrico contra tradicional. Consultado en mayo de 2017. Disponible en World Wide Web: <https://www.xataka.com/automovil/son-caros-los-coches-electricos-el-coste-oculto-en-el-coche-coche-electrico-contra-tradicional>

15 Aduana Nacional de Bolivia. (2011). Precios referenciales de vehículos. Consultado en junio de 2017. Disponible en World Wide Web: [http://apad4.aduana.gob.bo:7777/save\\_precio/reveh.do](http://apad4.aduana.gob.bo:7777/save_precio/reveh.do)

16 Mckiwen. (diciembre de 2012). Devaluación de los vehículos eléctricos. Consultado en junio de 2017. Disponible en World Wide Web: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/los-coches-electricos-se-devaluan-mas-rapido-pero-con-matices>

Si utilizamos la fórmula de cálculo para determinar LCOD.

$$LCOD = \frac{I + \sum_{t=1}^n \frac{M + C + Dp}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{D}{(1+r)^t}}$$

Donde:

T = Vida estimada del sistema.

I = Inversión inicial

M = Costo de operación y mantenimiento.

D = Distancia recorrida durante la vida útil estimada del automóvil.

r = Tasa de descuento. Se aplica para determinar el actual de un pago a futuro, de lo cual aplicaremos 10%.

Dp = Depreciación.

**Tabla 28 “Costo de mantenimiento y energía eléctrica del automóvil Nissan – Leaf”**

Número de años	Costo de mantenimiento (Bs.)	Costo de energía eléctrica (Bs.)	Depreciación anual (BS.)
1	750	1.738,92	9.955,96
2	1.200	1.738,92	9.955,96
3	1.360	1.738,92	9.955,96
4	1.200	1.738,92	9.955,96
5	1.300	1.738,92	9.955,96
6	1.680	1.738,92	9.955,96
7	850	1.738,92	9.955,96
8	33.500	1.738,92	9.955,96
9	2.850	1.738,92	9.955,96
10	910	1.738,92	9.955,96
Σ	45.600	17.389	99.559,60

Fuente: En base a los datos de la A.E. y Eco Inventos

En la Tabla 28 se puede notar claramente que el costo de mantenimiento es muy factible y considerable, como se había mencionado anteriormente, el vehículo eléctrico no considera filtros de aire u otros elementos mecánicos relacionado al motor de combustión interna.

Pero el costo de operación en el octavo año se incrementa debido a que se debe realizar el cambio de batería de ion – Litio, el cual tiene un precio importante.

**Tabla 29 “Determinación del LCOD en función a los 15 años de operación del automóvil eléctrico (Nissan – Leaf)”**

Número de años	$\sum_{t=1}^n \frac{M + E + Dp}{(1 + r)^t}$	$\sum_{t=1}^n \frac{D}{(1 + r)^t}$
1	11.313,52	18.181,81
2	10.656,92	16.528,92
3	9.815,69	15.037,59
4	8.832,10	13.698,63
5	8.071,35	12.422,36
6	7.556,42	11.299,43
7	6.466,43	10.309,27
8	21.119,10	9.345,79
9	6.189,31	8.510,63
10	4.866,74	7.722,00
$\Sigma$	94.887,64	123.056,48

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de las Tablas 27 y 28

**Reemplazamos utilizando datos de las Tablas 27 y 29**

$$LCOD = \frac{248.899 + 94.887,64}{123.056,48}$$

**LCOD (Con el precio categoría tipo domiciliario)**

$$LCOD = 2,79 \frac{Bs}{Km}$$

El resultado de la valoración económica del vehículo eléctrico por kilómetro recorrido, considera costos de operación, mantenimiento, depreciación y de energía eléctrica en categoría domiciliaria demandada en base al tiempo de vida útil estimada.

### LCOD (Con el precio de la categoría Industrial)

$$LCOD = 2,75 \frac{Bs}{Km}$$

Este resultado está en función a los anteriores costos mencionados, pero con el valor del costo de energía eléctrica de la categoría industrial.

### 4.3. Comparación de la valoración económica por recorrido entre un automóvil convencional y un eléctrico

Ahora procederemos a comparar los resultados obtenidos de la valoración económica del automóvil convencional TSURU y el vehículo eléctrico LEAF.

**Tabla 30 “Comparación del LCOD obtenido entre el vehículo convencional vs. el vehículo eléctrico”**

Nissan - Tsuru LCOD (combustible subvencionado)	Nissan - Tsuru LCOD (combustible sin subvención)	Nissan – Leaf LCOD ( Costo de Energía eléctrica categoría domiciliaria)	Nissan – Leaf LCOD ( Costo de Energía eléctrica categoría Industrial)
$3,23 \frac{Bs}{Km}$	$4.31 \frac{Bs}{Km}$	$2,79 \frac{Bs}{Km}$	$2,75 \frac{Bs}{Km}$

Como podemos apreciar en la Tabla 30, donde se muestra el resultado obtenido del cálculo de la valoración económica por kilómetro recorrido (LCOD) de un vehículo convencional y otro eléctrico, donde se consideró los costos variables y fijos para una vida útil de 10 años y un recorrido de 200.000 Km.

Podemos notar que tenemos 4 resultados diferentes de LCDO.

El primero resultado del Nissan – Tsuru (3,23 Bs/Km) donde se determinó el LCDO, pero con el costo del combustible actual que se comercializa en el país.

El segundo resultado del Nissan – Tsuru (4,31 Bs/Km), donde la única variación es el costo actual del combustible a nivel internacional, como apreciamos anteriormente la variación entre el primer y segundo resultado es de 1,08 Bs/km.

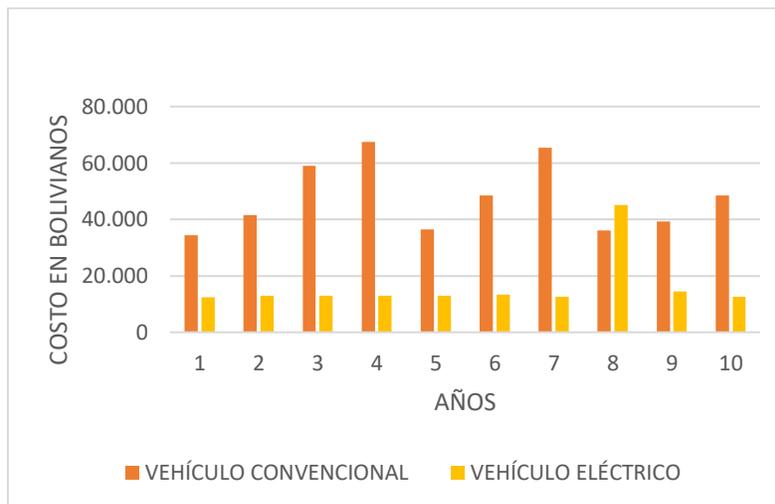
En el tercer resultado donde se considera al vehículo eléctrico (Nissan – Leaf), pero con el importe de energía de la categoría domiciliaria a diferencia del cuarto resultado donde se calculó con el importe de categoría industrial de donde la diferencia es de 0,04 Bs/km.

De acuerdo a los resultados obtenidos y además en base al análisis teórico - práctico realizado durante el desarrollo del presente trabajo podemos diferenciar y considerar que el vehículo eléctrico tiende a ser factiblemente económico.

Además, por las ventajas que este presenta como la facilidad de recargar energía eléctrica desde el propio domicilio del usuario de un vehículo eléctrico sin el temor de que su costo de energía eléctrica tienda a elevarse desproporcionalmente y como vimos anteriormente se determinó que el importe de energía en estos vehículos tiene un costo razonable y accesible.

Otro aspecto es el costo de mantenimiento el cual será graficado en la siguiente ilustración 14.

**Ilustración 14 “Comparación de los costos de mantenimiento, combustible, energía y depreciación del vehículo a gasolina Tsuru y el vehículo Leaf eléctrico ”**



Fuente: Elaboración propia en base a los datos de las Tablas 24 y 28

De acuerdo a la ilustración 14, el cual se realizó en base a los datos de las Tablas 24 y 28, podemos notar que entre los 10 años de vida útil establecida, el costo del vehículo eléctrico es menor con respecto al vehículo convencional. Y la única diferencia notoria se presenta en el octavo año donde se realiza el recambio de la batería en el vehículo eléctrico, pero aun así, el beneficio económico que representa tener un vehículo eléctrico es de gran importancia, y en base a todas las descripciones y características que se presentaron en el desarrollo del presente trabajo podemos establecer que el vehículo eléctrico representa una adecuada inversión en un futuro.

## **4.4. Beneficios sociales, económicos y medio ambientales debido a la utilización de los vehículos eléctricos e híbridos**

### **4.4.1. Beneficios sociales**

Los beneficios sociales que se generan para la población empiezan a notarse cuando se posee un vehículo eléctrico el cual presenta importantes diferencias con respecto a un vehículo convencional.

Un vehículo eléctrico no genera contaminación acústica, porque este no posee un motor de combustión interna, sino al contrario tiene un motor eléctrico el cual genera menor vibración y no emite calor.

Otro aspecto que ha empezado a cambiar en los vehículos eléctricos es la autonomía de recorrido, el cual fue un inconveniente en el pasado, pero en la actualidad estos vehículos ya cuentan con 150 o 250 Km de autonomía de recorrido, <sup>17</sup> el cual es superior a la mayoría de los recorridos diarios que se realizaría por día.

Cada año que pasa el beneficio de contar con un vehículo eléctrico a empezado a generar un interés importante, debido a su tecnología y mejoramiento continuo que este presenta.

También hay que considerar que los vehículos eléctricos al no utilizar combustible fósil, no generan emisiones de gases contaminantes, por lo cual su funcionamiento es amigable con el medio ambiente y en especial con la salud de la población.

### **4.4.2. Beneficios económicos**

Desde el punto de vista económico los beneficios generados para la población son considerados de gran importancia, por tal situación es necesario considerar los siguiente.

Primeramente, los vehículos eléctricos no consumen combustible fósil y tienen un importante ahorro en mantenimiento, el motor no necesita aceite, no lleva filtros ni correas, sus pastillas de freno, así como los neumáticos duran más gracias a su sistema de frenado que carga parcialmente la batería, tampoco tiene lubricantes. <sup>18</sup>

Su costo de mantenimiento es más bajo al tener menos piezas que un vehículo convencional. Y con respecto a un taller especializado en este tipo de vehículos el cual tiende a ir surgiendo conforme vayan ingresando al país.

---

17, 18 El Diario. (octubre 2016). Las ventajas del coche eléctrico. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.eldiario.es/edcreativo/blogs/por-la-via-mas-segura/ventajas-coche-electrico\\_6\\_568403190.html](http://www.eldiario.es/edcreativo/blogs/por-la-via-mas-segura/ventajas-coche-electrico_6_568403190.html)

Además, la eficiencia energética del vehículo eléctrico es casi el doble que el de combustión interna. Según datos de la Comisión Europea, un coche eléctrico tiene una eficiencia del 60% frente al 20% de los motores convencionales.<sup>19</sup>

El precio de recarga de la batería de un vehículo eléctrico es económico, que el hecho de suministrar gasolina a un vehículo convencional, debido a que el precio de la electricidad es mucho más económico en nuestro país que el combustible fósil. Además, la recarga diaria es más cómoda debido a que se realizaría en el propio domicilio.

Otro aspecto es el beneficio económico que se generaría para nuestro país, al no consumir combustible fósil, generaríamos una racionalidad en nuestras reservas de manera que la subvención a este combustible disminuiría progresivamente.

#### **4.4.3. Beneficios ambientales**

El prolongado uso de los combustibles fósiles ha hecho que las reservas de hidrocarburos con los que se cuenta actualmente a nivel nacional haya menguado de manera considerable.

Pero la aparición de los vehículos eléctricos empezó a generar una esperanza que pretende disminuir de forma parcial el consumo de los combustibles fósiles, pues no son infinitos.

Cuando los vehículos eléctricos empiecen a establecerse en el mercado automotriz del país los problemas medioambientales relacionados con la combustión generadas por los combustibles fósiles se reducirán, generando un gran beneficio para el medio ambiente.

Estos vehículos eléctricos no necesitan de combustible para funcionar, simplemente convierte la electricidad que consume en energía gracias a su motor eléctrico. De esta forma, es mucho más respetuoso con el medio ambiente, puesto que no emite gases nocivos el cual es uno de los mayores problemas de contaminación de nuestros días.

El vehículo eléctrico tiene la ventaja de alimentarse de energía eléctrica, que puede ser generada por varias fuentes y es todo lo contrario de lo que ocurre con un vehículo convencional que se alimenta de combustible fósiles.

---

19 El Diario. (octubre 2016). Las ventajas del coche eléctrico. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.eldiario.es/edcreativo/blogs/por-la-via-mas-segura/ventajas-coche-electrico\\_6\\_568403190.html](http://www.eldiario.es/edcreativo/blogs/por-la-via-mas-segura/ventajas-coche-electrico_6_568403190.html)

Un vehículo eléctrico podemos recargarle de diferentes vías, por ejemplo:

- Mediante fuente fotovoltaica.
- A través de energía eólica.
- Mediante la energía obtenida de la biomasa.
- Y de las hidroeléctricas.

Los vehículos convencionales son una fuente principal de emisión de contaminantes a la atmosfera, siendo un problema para la naturaleza afectando directamente a las personas, debido a la exposición a los gases de los vehículos puede terminar provocando enfermedades respiratorias.

Los problemas medioambientales pueden mitigarse de forma progresiva si se produjera un cambio hacia los vehículos eléctricos.

El Instituto para la diversificación y ahorro de energía (IDEA) ha comprobado que si sustituimos tan solo 2.000 vehículos convencionales por vehículos eléctricos dejaríamos de emitir 4.471 toneladas de CO<sub>2</sub> cada año.<sup>20</sup>

Según estudio realizados por empresas automotrices que producen vehículos eléctricos consideran que este vehículo contribuye entre un 10 a 24% de reducción al calentamiento global.<sup>21</sup> Además, si comparamos el vehículo eléctrico con un vehículo convencional, determinaremos que la principal diferencia es el combustible fósil que se puede evitar al utilizar un vehículo eléctrico, el cual es el principal emisor contaminador dentro y fuera de las ciudades.

---

20. 21 Cmsseguros. (noviembre 2015). Ventajas medioambientales de los coches eléctricos. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.cmsseguros.es/wordpress/wp-content/uploads/2015/10/4-Cuales-son-las-ventajas-medioambientales-de-los-coches-electricos.png>

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- En función a los datos determinados por el Instituto Nacional de Estadística se estableció que el combustible de mayor demanda en los vehículos livianos en el Departamento de La Paz es la gasolina, por lo referente se debería empezar a racionalizar este combustible de forma progresiva.
- En base a la información de los recursos naturales que se tiene en el país y mediante un análisis entre todas las alternativas, se determinó que el recurso más factible es el Litio, un metal que puede ser aplicado para la producción de las baterías de ion-Litio, que generaran un impulso para empezar a incorporar los primeros vehículos eléctricos en el parque automotor.
- El cálculo de la valoración económica (LCOD) de un vehículo convencional y un vehículo eléctrico en función a los costos fijos y variables de operatividad, nos demuestra que el vehículo eléctrico es factiblemente económico a comparación de un vehículo convencional, siendo una alternativa favorable y de gran beneficio.
- Los beneficios sociales, económicos y ambientales que se presentan en la propuesta alternativa de impulsar el uso de vehículos eléctricos en el parque automotor, nos expone importantes ventajas dentro el ámbito económico, social y ambiental, posesionándolo como una propuesta eficiente y factible.
- Los aspectos considerados y las conclusiones establecidas permiten afirmar que existe una fuente de energía alternativa que está basada en recursos naturales que impulsaran la mitigación del consumo del combustible fósil en el Departamento de La Paz.

## 5.2. Recomendaciones

Como parte final de la tesis consideró conveniente efectuar las siguientes recomendaciones:

- La incorporación de una nueva política estatal que impulse estratégicamente convenios con empresas del sector automotriz, con el objeto de buscar alianzas y mejorar la capacidad humana y tecnológica en el país.
- Según el Gobierno Nacional se producirá 40 baterías para vehículos eléctricos al día, pero si queremos liderar en el mercado internacional debemos aumentar la producción de forma progresiva. <sup>1</sup>
- Actualmente el considerable precio de la batería de ion-Litio es un factor importante en la adquisición de un vehículo eléctrico, debido al costo de producción que este genera, pero si precio de la producción de las baterías disminuirían el precio de estos vehículos eléctricos tienden a disminuir. <sup>2</sup> por esta razón nuestro país debe buscar imponerse en el mercado internacional ofertando estas baterías a un precio razonable y competitivo.
- Si se logra reducir el costo de la batería de ion – Litio, el precio de los vehículos eléctricos e híbridos disminuirán hasta rangos donde igualen los precios de venta de los vehículos tradicionales e inclusive se poseen a un menor costo. <sup>3</sup>
- Para captar el interés extranjero debemos empezar a mejorar y demostrar que nuestro país tiene la estabilidad política, infraestructura, educación y derechos de propiedad.
- Incentivar el ingreso de los vehículos eléctricos e híbridos mediante la disminución de los aranceles de importación.
- Por parte de gobiernos municipales proponer la incorporación de flotas de vehículos eléctricos e híbridos para el transporte de la población.
- Buscando incentivar el uso de vehículos eléctricos dentro las ciudades de La Paz y El Alto, la Empresa de Distribución de Energía Eléctrica debería crear una nueva categoría de consumidor que este destinada al suministro de energía eléctrica exclusivamente para los vehículos eléctricos, dándoles una tarifa preferencial.

---

1 Imaña Gabriela. (febrero de 2014). Bolivia ya ensambla baterías de litio para celulares y bicicletas. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.la-razon.com/economia/bolivia>  
2,3 Murias D. (junio de 2016). El costo de las baterías no deja de caer y las ventas de eléctricos suben. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.motorpasion.com/industria/>

## ANEXO No. 1

### Costos de mantenimiento de un automóvil Nissan – Tsuru

Tipos de reparaciones	N° años	Recorrido Km.	Costos anuales (pueden variar)
Aceites y filtros Escobillas, fusibles y relays. Pastillas de freno. Líquido de frenos y bujías. Otros.	1	20.000	10.950
Aceites y filtros Escobillas, fusibles y relays, sensores Líquido de frenos y bujías. Pastillas de freno. Batería, Airbag y aire acondicionado / calefacción. Amortiguadores. Otros.	2	40.000	18.000
Aceites y filtros Escobillas, fusibles y relays. Líquido de frenos y bujías. Disco de frenos. Otros.	3	60.000	35.500
Aceites y filtros Escobillas, fusibles, relays y sensores. Líquido de frenos y bujías. Amortiguadores Neumáticos. Otros.	4	80.000	43.900
Aceites y filtros Escobillas, fusibles y relays. Líquido de frenos y bujías. Pastillas de freno. Bujías. Otros.	5	100.000	12.900
Aceites y filtros Escobillas, fusibles, relays y sensores. Líquido de frenos y bujías. Disco de frenos. Correas de distribución y accesorios. Otros.	6	120.000	25.000
Aceites y filtros Escobillas, fusibles y relays. Líquido de frenos y bujías. Neumáticos. Amortiguadores Otros.	7	140.000	42.000

<b>Aceites y filtros</b> <b>Escobillas, fusibles y relays.</b> <b>Líquido de frenos y bujías.</b> <b>Otros.</b>	8	160.000	12.500
<b>Aceites y filtros</b> <b>Escobillas, fusibles y relays.</b> <b>Pastillas de freno.</b> <b>Otros.</b>	9	180.000	15.750
<b>Aceites y filtros</b> <b>Escobillas, fusibles, relays y sensores.</b> <b>Líquido de frenos y bujías.</b> <b>Disco de frenos.</b> <b>Correas de distribución y accesorios.</b> <b>Otros.</b>	10	200.000	25.000

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de Taiyo Motors - Nissan

## ANEXO No. 2

**Según una Tesis realizada por Solin Epifanio de la Pontificia Universidad Católica del Perú**, donde ejecuto un análisis sobre el consumo de combustible y emisiones de dos vehículos livianos funcionando con dos mezclas de gasolina y etanol (E7,8 Y E10). En las ciudades de Lima y Cusco.

Los ensayos fueron realizados en Lima y Cusco utilizando dos vehículos de la marca Kia y modelo Rio, los cuales funcionaban con motor de encendido por chispa. Se utilizó dos mezclas de gasolina y etanol: E7,8 y E10.

Los circuitos de conducción de Lima y Cusco desarrollaron una distancia similar (aproximadamente 14 km) con condiciones de tráfico más ligero en el caso de Cusco.

Los perfiles de velocidad de los vehículos presentaron picos de hasta 80 km/h; sin embargo, las velocidades promedio, considerando E7,8 y E10, fueron 16,5 km/h y 19,2 Km/h en Lima y Cusco, respectivamente.

El factor lambda promedio con E7,8, aumentó levemente en 0,27% en Cusco, respecto al valor promedio obtenido en Lima. En cambio, con E10, disminuyó 2,3%. Esta pequeña diferencia está asociado al menor contenido de oxígeno en altura y a las características internas de la calibración de cada uno de los motores.

La emisión promedio de HC, al usar E7,8, fueron 79 ppm y 31 ppm en Lima y Cusco respectivamente; mientras que con E10 fueron 71 ppm y 74 ppm.

La emisión promedio de CO, al usar E7,8, fueron 0,24% y 0,26% en Lima y Cusco respectivamente; mientras que con E10 fueron 0,35% y 0,28% en Lima y Cusco.

Las emisiones de NOX, en Cusco y Lima, variaron de acuerdo a la mezcla E7,8 (123ppm en Cusco y 79 ppm en Lima) y E10 (46ppm en Cusco y 84 ppm en Lima).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> no sufrieron mucha variación en Lima y Cusco para las mezclas E7,8 (14,1% en Lima y 13,9% en Cusco) y E10 (14,11% en Lima y 13,8% en Cusco).

La emisión promedio de O<sub>2</sub> residual, al usar E7,8, fueron 2,1% y 2,2% en Lima y Cusco respectivamente; entretanto, con E10 fueron 2,4% y 2,1%.

De modo general, el consumo promedio de combustible aumento a medida que se incrementó el porcentaje de etanol en la mezcla, sin embargo, el tráfico juega un rol muy importante en este parámetro de desempeño. Además, el factor altura influye en el mayor consumo de combustible.

Los índices de emisiones, calculados en gramos por kilómetro, se asemejan a las emisiones promedio instantáneas, pero difieren en las proporciones de Lima y Cusco

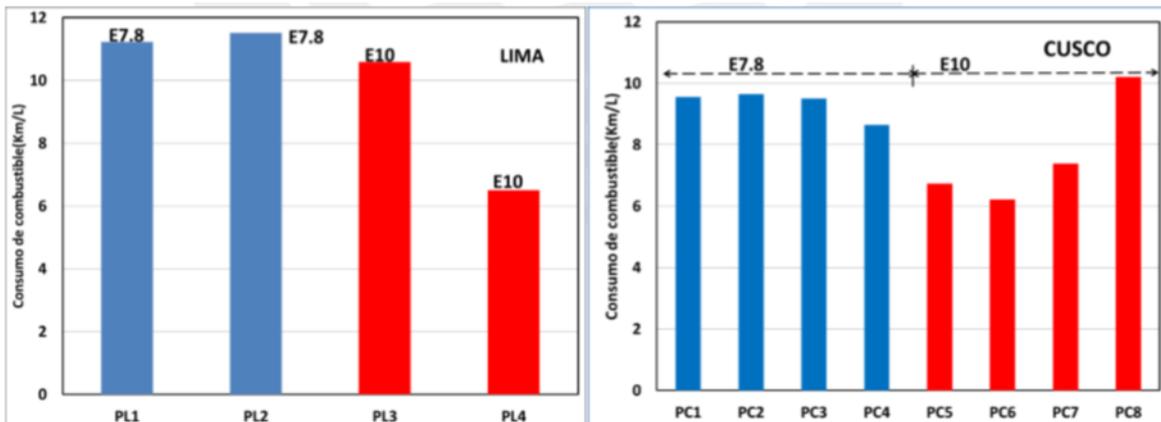
(mayor en Lima), ya que el cálculo de estos índices toma en cuenta distintos aspectos que influye en las emisiones como la humedad relativa, la temperatura y principalmente la presión atmosférica.

Es válido utilizar la mezcla E10 como sustituyente de la mezcla E7,8 con una penalidad aceptable en el rendimiento del vehículo (mayor consumo), pero con bajas emisiones de NOX, independientemente de las condiciones de altitud en la que funcionó el vehículo.

Rendimiento promedio del vehículo en km/l, y se observa que tanto en la ciudad de Lima como en Cusco se registró un aumento de combustible al usar la mezcla E10 con respecto a E7,8; en tal sentido, en Cusco se recorren menos kilómetros por cada litro de combustible consumido.

El incremento del consumo de combustible con E10 respecto al E7,8 fue de +24% en Lima, y +18% en Cusco. Esto se debe al bajo poder calorífico del etanol con respecto a la gasolina (35% menos).

Además, durante las pruebas en la ciudad de Cusco se registró el mayor consumo de combustible con la mezcla E7,8; por este motivo, el consumo promedio de combustible en la ciudad de Cusco fue superior en 17,8 %, a comparación del consumo promedio de combustible en Lima. Para la mezcla E10, también se obtuvo un rendimiento promedio de +10,7% en la ciudad de Lima. Con esto, queda en evidencia el efecto de la presión atmosférica y el porcentaje de oxígeno afectando la economía en el consumo de combustible.



**Figura 4.29 - Consumo de combustible obtenidos durante las campañas realizadas en Lima metropolitana y Cusco.**

### ANEXO No. 3

#### Costo de kits de conversión de un vehículo eléctrico a convencional para un automóvil – Nissan – Tsuru

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	Motor AC 40 HP y <b>Controlador 72V 400A</b>	USD 1100
1	Medidor carga de Batería	USD 20
1	Acelerador Electrónico	USD 50
1	Cargador de baterías Inteligente de 2,5 KW	USD 295
1	Convertidor DC DC 400 W.	USD 90
	Flete aéreo aproximado (a consultar con FeDex y DHL)	USD 490
	Precios en dolares.	

#### Lista precios - enero 2016

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	Motor AC 50HP y <b>Controlador 96 - 108V 500A</b>	USD 1550
1	Medidor carga de Batería	USD 20
1	Acelerador Electrónico	USD 50
1	Cargador de baterías Inteligente de 2,5 KW	USD 295
1	Convertidor DC DC 400 W.	USD 90
1	<b>Bomba de Vac. Freno 12V- Reserva.</b>	USD 130
	Flete aéreo aproximado (a consultar con FeDex y DHL)	USD 520
	Precios en dolares.	

La batería tiene un costo de USD 1200 a USD 2400 (AGM de plomo - 90 Km autonomía). Más autonomía es posible utilizando baterías de litio y el costo de estas puede ser de 3 a 5 veces mayor.

ANEXO No. 4

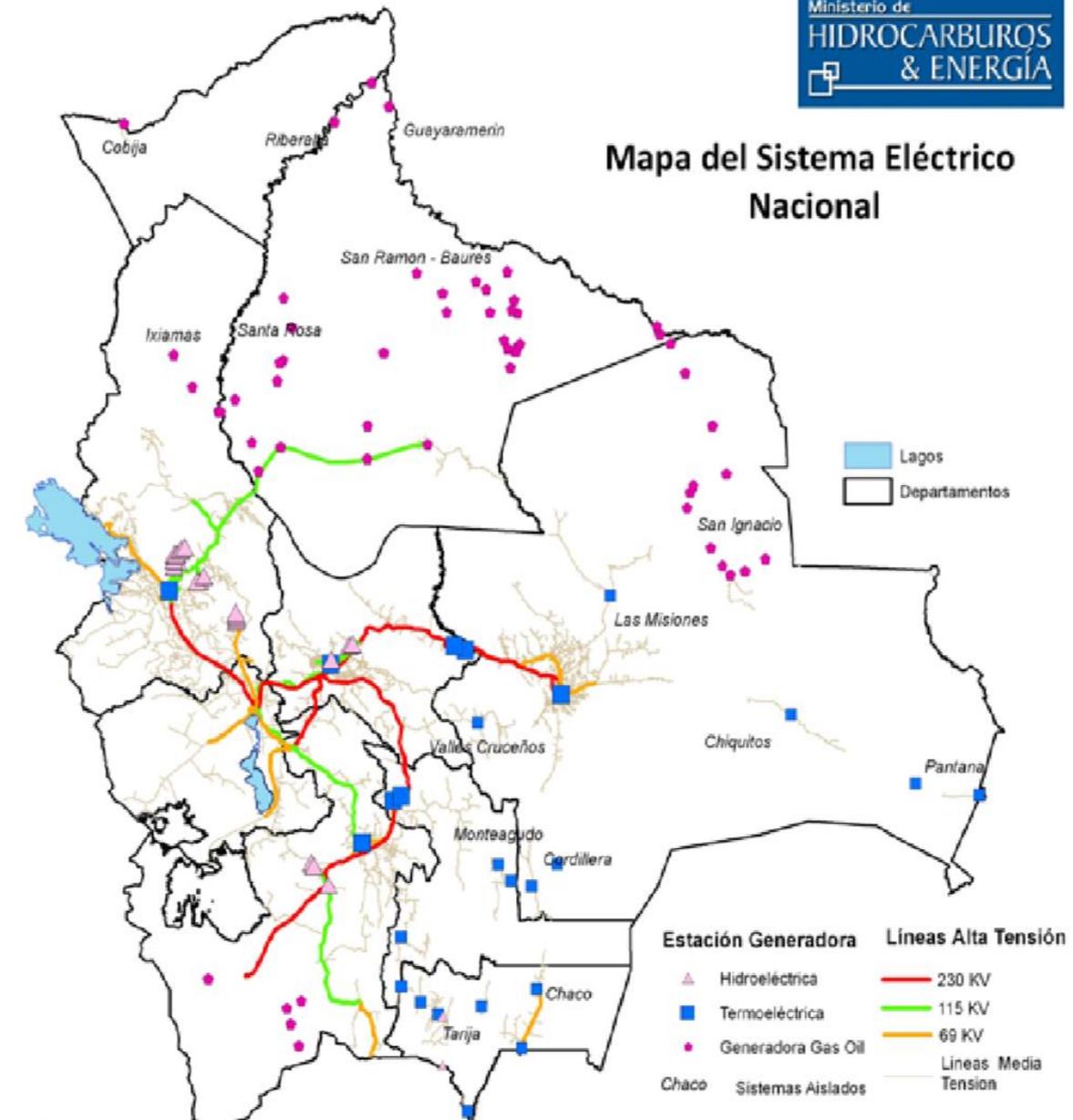


Consulta Precio de Vehículos											
Clase	<input type="text" value="-----"/>					Marca	<input type="text" value="v"/>				
Cilindrada	<input type="text" value="v"/>					Año	<input type="text" value="v"/>				
Tracción	<input type="text" value="v"/>					Transmisión	<input type="text" value="v"/>				
Combustible	<input type="text" value="v"/>					Característica uso especial	<input type="text" value="v"/>				
Tipo	<input type="text" value="v"/>					Subtipo	<input type="text" value="v"/>				
País	<input type="text" value="v"/>										
<input type="button" value="Consultar"/>						<input type="button" value="Limpiar"/>					
Clase	Marca	Cilindrada	Año	Tracción	Transmisión	Combustible	Características Especiales	Tipo	Subtipo	País	Valor \$us
AUTOMOVIL	NISSAN	0	2017	4X2	AT	ELECTRICO	NO ESPECIFICA	LEAF	G	JAPON	35,710

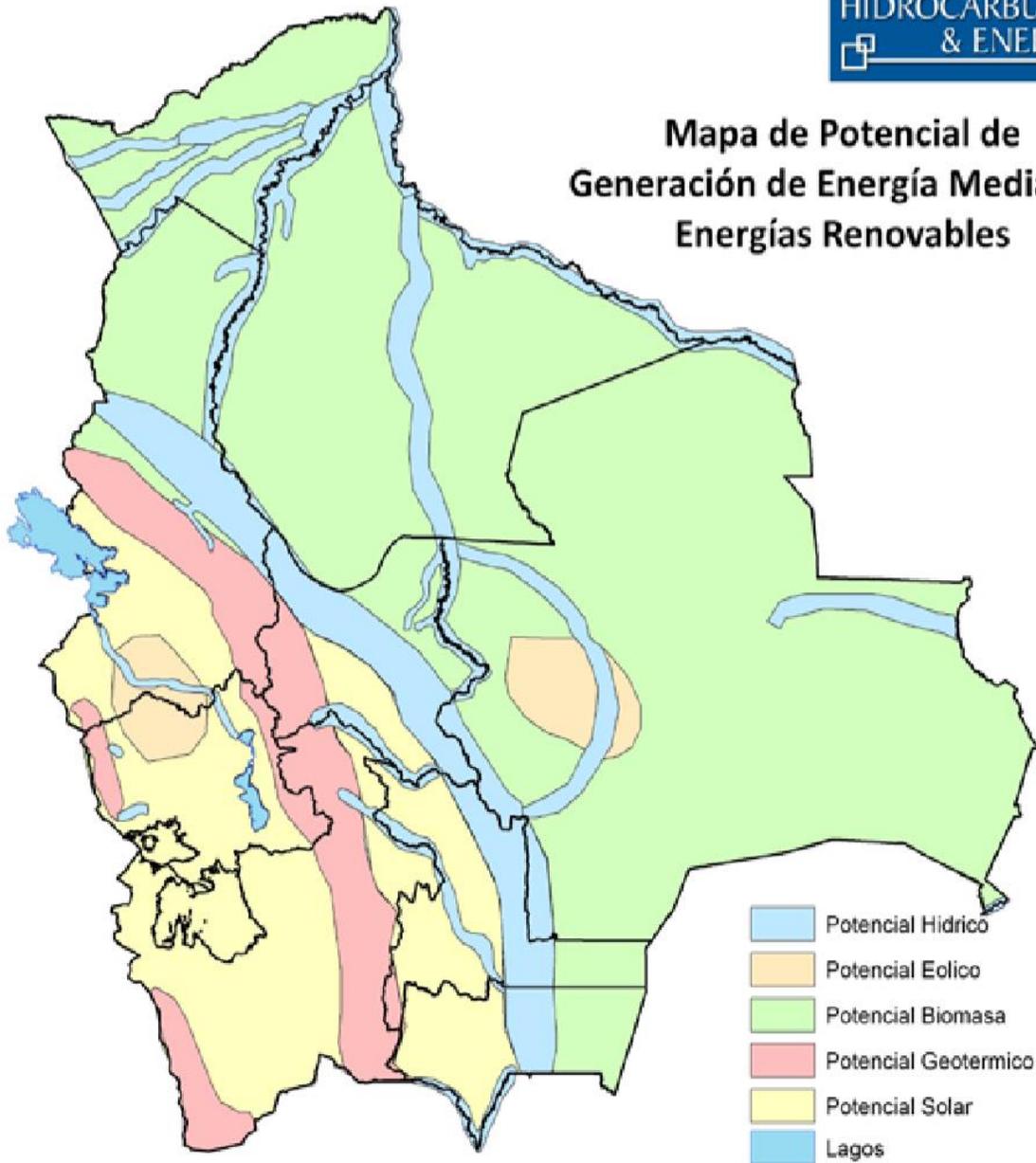
ANEXO No. 5



### Mapa del Sistema Eléctrico Nacional



### Mapa de Potencial de Generación de Energía Mediante Energías Renovables



## ANEXO No. 6

### Equivalencia en Bep de algunas unidades utilizadas en OLADE

1 bbl	de petróleo	=	1.0015	BEP
1 bbl	de gasolina	=	0.8934	BEP
1 bbl	de diesel	=	1.0015	BEP
1 bbl	de combustibles pesados	=	1.0304	BEP
1 bbl	de GLP	=	0.6701	BEP
1 bbl	de kerosene	=	0.9583	BEP
10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>	de gas natural	=	5.9806	BEP
10 <sup>3</sup> kWh	de hidro/geo electricidad	=	0.6196	BEP
1 ton	de leña	=	2.5940	BEP
1 ton	de carbón vegetal	=	4.9718	BEP
1 ton	de carbón mineral	=	5.0439	BEP
1 ton	de coque de carbón	=	4.8998	BEP
1 kilo	de uranio	=	71.2777	BEP
1 bbl	de alcohol	=	0.5980	BEP
1 ton	de bagazo	=	1.3114	BEP

1 barril americano	=	5.614583	Pies cúbicos
	=	42.0	Galones americanos
	=	158.98	Litros
	=	0.15898	Metros cúbicos

#### UNIDADES UTILIZADAS

**Bbl** = Barril americano

**BTU** = Unidad Térmica Británica

**TCF** = Trillón de pies cúbicos

**L** = Litros

**Bs** = bolivianos

**BEP** = Barril equivalente de petróleo

**KWh** = Kilovatios por hora

**MWh** = Megavatios por hora

**MW** = Megavatios

**GWh** = Gigavatios por hora

**USD** = Dólares americanos

## ANEXO No. 7

### Mantenimiento de vehículos eléctricos

Un coche eléctrico es más sencillo mecánicamente hablando y tiene menos componentes que revisar y sustituir: no hay que cambiar aceite ni filtro de aceite, tampoco hay que cambiar filtro de aire, ni filtro de combustible, no hay bujías ni pre calentadores, no hay embrague que se pueda gastar, no hay tubos de escape, ni tampoco correa de distribución que sustituir después de tal número de años o kilómetros.

Obviamente seguirá habiendo ciertos componentes como los neumáticos o los frenos que desgastarán. Los frenos merecen una mención especial, ya que por la forma particular de funcionamiento de los coches eléctricos (y también los híbridos), por eso que se conoce como frenada regenerativa. Es decir, que se aprovecha la retención del motor eléctrico para frenar el coche y a la vez para generar un poco de electricidad con la que recargar la batería, por eso la mayor parte de las veces se frena casi sin tener que tocar los frenos (me refiero a los tradicionales), por lo que se gastan menos (discos y pastillas vienen a durar casi el doble).

Sí hay un costo de mantenimiento que puede ser necesario tener en cuenta, al menos por ahora con las actuales baterías: la posible sustitución de la batería por haber perdido capacidad de carga, es decir, por tener un límite de vida útil. Las baterías de los coches eléctricos son muy resistentes a este envejecimiento, pues es lo que los fabricantes de coches suelen priorizar frente a la densidad energética, pero también lo sufren. Depende bastante del tipo de uso del coche, de la temperatura del lugar (mucho calor no es bueno para una batería de iones de litio) o de si se abusa de las recargas rápidas. Es decir que llegado un punto algún propietario de coche eléctrico puede necesitar sustituir, en parte o completa, la batería del coche.

De todos modos, las actuales baterías vienen a tener una vida útil de al menos unos 160.000 o 200.000 km, y los fabricantes las suelen garantizar por al menos 5 años, incluso algo más, 7 u 8 años, según la marca. Es un plazo bastante razonable. Si al final toca cambiar la batería, tenemos ya algún ejemplo, por ejemplo en EEUU y con el Nissan LEAF: la marca japonesa ha propuesto cambiar la batería "gastada" por una nueva por unos 5000 euros de costo, y a cambio entregar la batería vieja (que todavía tiene cierto valor y se puede utilizar para otros fines, es lo que se conoce como segunda vida de la batería, antes de retirarla para reciclar).

En conclusión, para que nos hagamos una idea, marcas que venden coches eléctricos como Renault o Nissan calculan que el ahorro en mantenimiento de un coche eléctrico viene a estar alrededor del 20%

Al igual que un vehículo con motor térmico, el vehículo eléctrico requiere revisiones cada 10.000 km o un año (lo que primero se cumpla). En cada revisión periódica se realiza el diagnóstico de:

- El estado de la batería de tracción y de la batería de accesorios, así como los fallos memorizados en los calculadores que controlan los circuitos eléctricos de estos dos acumuladores de energía.
- Las partes bajas del vehículo, se examina el nivel de fluidos, el estado de los componentes de la suspensión, de los frenos y se limpian las pastillas.
- Igualmente se efectúan los demás puntos aplicables del check list: 40 puntos del control al que tiene que ser sometido todo vehículo ingresado a la red de concesionarios.
- Por ejemplo, el Nuevo Renault Twizy al ser un vehículo eléctrico, tiene una disminución del 80 % en el costo del mantenimiento frente a un vehículo térmico.

## BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Silvia. (2014). El Combustible del Futuro. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.uba.ar/encrucijadas/45/sumario/enc45-combustiblefuturo.php>

Aduana Nacional de Bolivia. (2011). Precios referenciales de vehículos. Consultado en junio de 2017. Disponible en World Wide Web: [http://apad4.aduana.gob.bo:7777/save\\_precio/reveh.do](http://apad4.aduana.gob.bo:7777/save_precio/reveh.do)

Agencia Nacional de Hidrocarburos (mayo de 2016). Regulación Económica. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.anh.gob.bo/index.php?N=dre>

Abengoa Bioenergía. (2012). The Global Biotech Ethanol Company. Consultado en noviembre de 2016, Disponible en World Wide Web: [http://www.abengoabioenergy.com/web/es/prensa/informacion\\_tecnica/preguntas/](http://www.abengoabioenergy.com/web/es/prensa/informacion_tecnica/preguntas/)

América Economía. (enero de 2013). Bolivia: primera planta piloto de baterías de litio entrara en operación, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/bolivia-primera-planta-piloto-de-baterias-de-litio-entrara-en-operacion-este-ano>

Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos Automotores Brasil (enero de 2010). Produção de Automóveis por Tipo e Combustível. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.anfavea.com.br/tabelas/autoveiculos/tabela10\\_producao.pdf](http://www.anfavea.com.br/tabelas/autoveiculos/tabela10_producao.pdf)

Autoridad de Electricidad. (2015). Tarifas Vigentes. Consultado en abril de 2017. Disponible en World Wide Web: <https://www.ae.gob.bo/aewebmobile/main?mid=1&cid=30>

Auto cosmos. (2017). Nissan – Tsuru GSII. Consultado en abril de 2017. Disponible en World Wide Web: <http://www.autocosmos.com.mx/catalogo/vigente/nissan/tsuru/gsii/160981>

Baquero Aguas. (2008). Automatización y Diseño del Sistema Mezclador de Combustible en Vehículos con Equipos de Conversión a Gas Natural, Universidad de la Salle, Bogotá – Colombia.

Blanca Espada. (enero 2016). Energía del Hidrógeno, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://erenovable.com/energia-del-hidrogeno/#Que\\_es\\_el\\_hidrogeno](http://erenovable.com/energia-del-hidrogeno/#Que_es_el_hidrogeno)

Bolivia Impuestos. (abril del 2016). Porcentajes de depreciación de activos fijos, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://boliviainpuestos.com/porcentajes-de-depreciacion-de-activos-fijos/>

Cambio. (2017). Gobierno inaugura la Planta Piloto de Cátodos. Consultado en agosto de 2017. Disponible en World Wide Web: [https:// www.cambio.bo](https://www.cambio.bo)

Calvimontes Walter. (2003). Verificación y cuantificación de gases contaminantes producidos por automóviles en la Ceja de El Alto, UMSA, La Paz - Bolivia

CEPAL. (marzo de 2011). Brasil, Argentina y Colombia lideran producción de biocombustibles en la región. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.cepal.org/es/comunicados/brasil-argentina-y-colombia-lideran-produccion-de-biocombustibles-en-la-region>

CEPAL. (noviembre de 2010). La inversión extranjera en América Latina. Consultado en diciembre de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml>

Cmsseguros. (noviembre 2015). Ventajas medioambientales de los coches eléctricos. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.cmsseguros.es/wordpress/wp-content/uploads/2015/10/4-Cuales-son-las-ventajas-medioambientales-de-los-coches-electricos.png>

Costas Javier. (septiembre de 2015). Hybrid Cars. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.motor.es/noticias/millon-electricos-en-el-mundo-201523272.html>

Ellinger Herbert. (1992). Manual para ajuste de motores y control de emisiones, (1ª Ed). México: Tom Aloisi and Pat Walh.

EASBA. (diciembre de 2015). Empresa Azucarera San Buenaventura, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.easba.gob.bo/>

Eco Inventos. (2006). Los costos de mantenimiento en vehículos eléctricos. Consultado en junio de 2017. Disponible en World Wide Web: <http://ecoinventos.com/costes-mantenimiento-coches-electricos/>

ENDESA EDUCA. (2010). El coche eléctrico. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educarecursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educarecursos-interactivos/el-uso-de-la-electricidad/coche-electrico)

ENDE. (2015). Proyecto Hidroeléctrico El Bala. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.ende.bo/NewProyectos/resena/proyecto-hidroelectrico-el-bala>

Erbol. (julio 2016). Gobierno promete a La Paz hidroeléctrica de \$us 6 mil MM. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.erbol.com.bo/noticia/regional/13072016/gobierno\\_promete\\_la\\_paz\\_hidroelectrica\\_de\\_us6\\_mil\\_mm](http://www.erbol.com.bo/noticia/regional/13072016/gobierno_promete_la_paz_hidroelectrica_de_us6_mil_mm)

Espinoza Jorge. (junio de 2012). Gasolina o gas natural vehicular. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://lapatriaenlinea.com/?nota=108802>

El Diario. (octubre 2016). Las ventajas del coche eléctrico. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.eldiario.es/edcreativo/blogs/por-la-via-mas-segura/ventajas-coche-electrico\\_6\\_568403190.html](http://www.eldiario.es/edcreativo/blogs/por-la-via-mas-segura/ventajas-coche-electrico_6_568403190.html)

El Diario. (2011). Octanaje de la Gasolina es Baja y Rinde Menos, Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.hidrocarburosbolivia.com/noticias-archivadas/315-gobierno-archivado/gobierno-01-01-2011-01-07-2011/39071-octanaje-de-la-gasolina-es-baja-y-rinde-menos-.html>

El Diario. (septiembre de 2015). Vehículos con más de cinco años de antigüedad son más contaminantes, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.eldiario.net/noticias/2015/2015\\_09/nt150927/nacional.php?n=51&-vehiculos-con-mas-de-cinco-anos-de-antiguedad-son-mas-contaminantes](http://www.eldiario.net/noticias/2015/2015_09/nt150927/nacional.php?n=51&-vehiculos-con-mas-de-cinco-anos-de-antiguedad-son-mas-contaminantes)

El Diario. (noviembre de 2016). Hay 600 megavatios de reserva de electricidad, Consultado en diciembre de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.eldiario.net/noticias/2016/2016\\_11/nt161122/economia.php?n=27&-hay-600-megawatios-de-reserva-de-electricidad](http://www.eldiario.net/noticias/2016/2016_11/nt161122/economia.php?n=27&-hay-600-megawatios-de-reserva-de-electricidad)

El Mercurio. (diciembre de 2015). Inversiones, Consultado en marzo de 2017. Disponible en World Wide Web: <http://www.elmercurio.com/Inversiones/Noticias/Fondos-Mutuos/2015/12/31/Cual-es-el-coste-real-de-un-auto-electrico.aspx>

Fernández Blanco. (diciembre de 2016). La emergencia local seduce a una compañía finlandesa. Consultado en diciembre de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://desarrolloydefensa.blogspot.com/search/label/Energ%C3%ADa?updated-max=2017-01-05T03:20:00-08:00&max-results=20&start=14&by-date=false>

FITSA. (2006). Tecnologías de propulsión híbridas. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.espacioseguro.com/fundacionfitsa0/admin/13-Hibridos.pdf>

Fundación Jubileo. (octubre 2014). Situación de los Hidrocarburos en Bolivia. La Paz – Bolivia. Natural Resource Governance Institute

Gaceta Oficial de Bolivia. (2008). Decreto Supremo N° 29629 – 2/6/2008. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo>

Gaceta Oficial de Bolivia. (2010). Creación de la Entidad Ejecutora de Conversión de GNV. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo>

Gaceta Oficial de Bolivia. (junio de 2005). Ley N° 3086, 23 de junio de 2005, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.gacetaoficialdebolivia.gob.bo>

Gavilán Ana. (octubre de 2015). Los niveles de mezcla de bioetanol en diferentes países. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.laenergidelcambio.com/los-niveles-de-mezcla-de-bioetanol-en-diferentes-paises>

Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos COMIBOL (2015). Memorias GNRE. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.evaporiticos.gob.bo/?page\\_id=313](http://www.evaporiticos.gob.bo/?page_id=313)

Green Car Congress (marzo de 2012). Nissan LEAF now available in all 50 states. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.greencarcongress.com/2012/02/leaf-20120301.html>

Gonzales Gabriel. (2010). Producción y conversión de vehículos eléctricos, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://autolibre.blogspot.com/2013/10/desarrollo-de-vehiculos-electricos-en.html>

González Luis. (2013). Energía Limpia y Eficiente, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia\\_energy92.htm](http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia_energy92.htm)

Rodríguez José. (noviembre de 2015). ¿Es el hidrógeno el futuro? Así funciona el coche de pila de combustible de Toyota. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/7119263/11/15/Es-el-hidrogeno-el-futuro-Asi-funcionan-los-coches-de-pila-de-combustible.html>

Infinita Renovables. (2015). Biodiesel Presente y Futuro. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.unctad.org/es/Docs/ditcted20064\\_sp.pdf](http://www.unctad.org/es/Docs/ditcted20064_sp.pdf)

Ibáñez. (2014). El costo oculto de nuestro vehículo: eléctrico contra tradicional. Consultado en mayo de 2017. Disponible en World Wide Web: <https://www.xataka.com/automovil/son-caros-los-coches-electricos-el-coste-oculto-en-el-coche-coche-electrico-contra-tradicional>

Instituto Nacional de Estadísticas. (2014). Estadísticas del Parque Automotor en Bolivia, Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.ine.gob.bo>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2007). Biocombustibles. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-923.htm>

Imaña Gabriela. (febrero de 2014). Bolivia ya ensambla baterías de litio para celulares y bicicletas. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.larazon.com/index.php?url=/economia/Bolivia-ensambla-baterias-celulares-bicicletas\\_0\\_2000799938.html](http://www.larazon.com/index.php?url=/economia/Bolivia-ensambla-baterias-celulares-bicicletas_0_2000799938.html)

Juárez Mau. (junio de 2015). ¿Cuáles son los autos que se devalúan más cada año? Consultado en junio de 2017. Disponible en World Wide Web: <https://www.motorpasion.com.mx/industria/cuales-son-los-autos-que-se-devaluan-mas-cada-ano>

Kindler Kynast. (1998). Cálculos técnicos para el automóvil, 8ª Edición Döitschiweg, Alemania.

La revista del centro cultural de la cooperación. (agosto 2012). Bolivia y el plan de industrialización del Litio: un reclamo histórico, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.centrocultural.coop>

La Razón. (2015). Hasta 2019, Bolivia invertirá \$us 925 MM en la industria del litio. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.larazon.com>

La Razón. (2013). Gobierno baja la tarifa eléctrica a Bs. 0,60/kWh en área rural de La Paz. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.larazon.com>

López Jair. (marzo de 2015). Arman Kit para hacer hibrido cualquier auto, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.elfinanciero.com.mx/tech/arman-kit-para-hacer-hibrido-cualquier-auto.html>

Luna Ismael. (febrero de 2014). Subvención esta sobre \$us 1.197 millones, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: [https://www.eldia.com.bo/index.php?cat=1&pla=3&id\\_articulo=138246](https://www.eldia.com.bo/index.php?cat=1&pla=3&id_articulo=138246)

Mckiwen. (diciembre de 2012). Devaluación de los vehículos eléctricos. Consultado en junio de 2017. Disponible en World Wide Web: <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/los-coches-electricos-se-devaluan-mas-rapido-pero-con-matices>

Mendoza Luz. (2015). En 2015, Subsidio a carburantes bajara al 54%, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://eju.tv/2015/09/bolivia-en-2015-subsidio-a-carburantes-bajara-54-y-sumara-us-300-mm/>

Ministerio de Energía y Minas de Guatemala. (febrero 2015). Inician plan piloto de uso de etanol, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.mem.gob.gt/2015/02/inicia-plan-piloto-de-uso-de-etanol/>

Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2011). Monitoreo de la Calidad del Aire. Consultado en abril de 2017. Disponible en World Wide Web: <http://snia.mmaya.gob.bo/modulos/>

Missouri Soybeans. (2000). Soy Biodiesel, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://mosoy.org/soy-products/soy-biofuel/>

Mendoza Luz. (2009). La industria automotriz revive el interés por el litio boliviano, Consultado en diciembre de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://eju.tv/2009/04/la-industria-automotriz-revive-el-interes-por-el-litio-boliviano/>

Murias Daniel. (junio de 2016). El costo de las baterías no deja de caer y las ventas de eléctricos suben. Consultado en junio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.motorpasion.com/industria/el-coste-de-las-baterias-no-deja-de-caer-y-las-ventas-de-electricos-de-subir>

Nissan. (2016). Centro de Servicio/Nissan Bolivia, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: [https://www.nissan.com.bo/sp/web/shoppingsupport/dealer/detail/dealer\\_7017](https://www.nissan.com.bo/sp/web/shoppingsupport/dealer/detail/dealer_7017).

Noreña Laura. (noviembre de 2014). Los pros y los contras de la conversión a gas vehicular. Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.lapatria.com/caldas/los-pro-y-los-contras-de-la-conversion-gas-vehicular-152981>

Noya Carlos. (septiembre de 2015). Nissan Leaf con batería de 30 kW-h. Autonomía de hasta 250 Km con cada carga, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://forococheelectricos.com/2015/09/nissan-leaf-30-kwh-autonomia-de-hasta-250-kilometros.html>

MoniCA. Informe Nacional de la Calidad del Aire. Ministerio de Medio Ambiente y Agua MMayABolivia. 11-28. La Paz Bolivia. Mayo 2010.

Nissan. (2016). Nissan Leaf, Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://www.nissan.es/vehiculos/nuevos-vehiculos/leaf.html>

Ortiz Miguel. (2010). Reducción de las emisiones de CO2 en vehículos de transporte, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3395287.pdf>

Paredes Jimena. (junio de 2014). En los últimos 9 años el consumo de GNV se incrementó en 352%. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.la-razon.com/economia/ANH-ultimos-anos-consumo-GNV-incremento\\_0\\_2066193461.html](http://www.la-razon.com/economia/ANH-ultimos-anos-consumo-GNV-incremento_0_2066193461.html)

Página Siete. (diciembre de 2015). La producción de soya, trigo y girasol cayó hasta en 12%. Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://www.paginasiete.bo/economia/2015/12/12/produccion-soya-trigo-girasol-cayo-hasta-79981.html>

Pollut Environ. (marzo 2017). Nuevo ciclo de conducción europeo (NEDC). Consultado en abril de 2017. Disponible en World Wide Web: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5304423/>

Rodríguez Brais. (noviembre de 2011). Motor eléctrico versus motor de combustión: par, potencia y eficiencia, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://forococheselectricos.com/2011/11/motor-electrico-versus-motor-de.html>

Stanford University. (noviembre de 2011). The Levelized Cost of Electricity, Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://large.stanford.edu/courses/2010/ph240/vasudev1/>

Solin Epifanio. (mayo de 2016). Evaluación del Consumo de Combustible y Emisiones de Dos Vehículos Livianos Funcionando con Dos Mezclas de Gasolina y Etanol (E7.8 y E10) bajo condiciones de manejo en Cusco y Lima Metropolitana. Lima – Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Torres Rubén. (agosto 2012). Conversión de Automóvil Estándar de Combustión Interna a Eléctrico. México. Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz.

Toyota. (2010). Catálogos de Automóviles. Consultado en julio de 2016. Disponible en World Wide Web: [http://www.auto-data.net/es/?f=showSubModel&modeli\\_id=476](http://www.auto-data.net/es/?f=showSubModel&modeli_id=476)

United Nations Treaty collection. (2016). Status of treaties. Chapter XVII 7

Valero Jorge. (marzo de 2016). Países con mayor adopción de vehículos eléctricos en 2015. Consultado en agosto de 2016. Disponible en World Wide Web: <https://hipertextual.com/2016/03/paises-adopcion-coches-electricos-2015>

El Mercurio. (23 de noviembre de 2015). Venta de autos híbridos creció 150% en ocho años en Chile, Santiago - Chile

Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, (enero de 2014), Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025, Primera Edición, La Paz - Bolivia

Wesley Teles. (2011). Esencia Brasil, Consultado en noviembre de 2016. Disponible en World Wide Web: <http://esenciabrasil.blogspot.com/2011/05/link-8-nuevas-fabricas-de-automoviles.html>

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (enero a junio 2015). Boletín Estadístico Y.P.F.B.

Zarrilli Simonetta. (abril de 2006). El Mercado Emergente de Biocombustible. Naciones Unidas. New York y Ginebra. Disponible en World Wide Web: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xOyXnjsjIKUJ:unctad.org/es/Docs/ditcted20064\\_sp.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clink](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xOyXnjsjIKUJ:unctad.org/es/Docs/ditcted20064_sp.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clink)