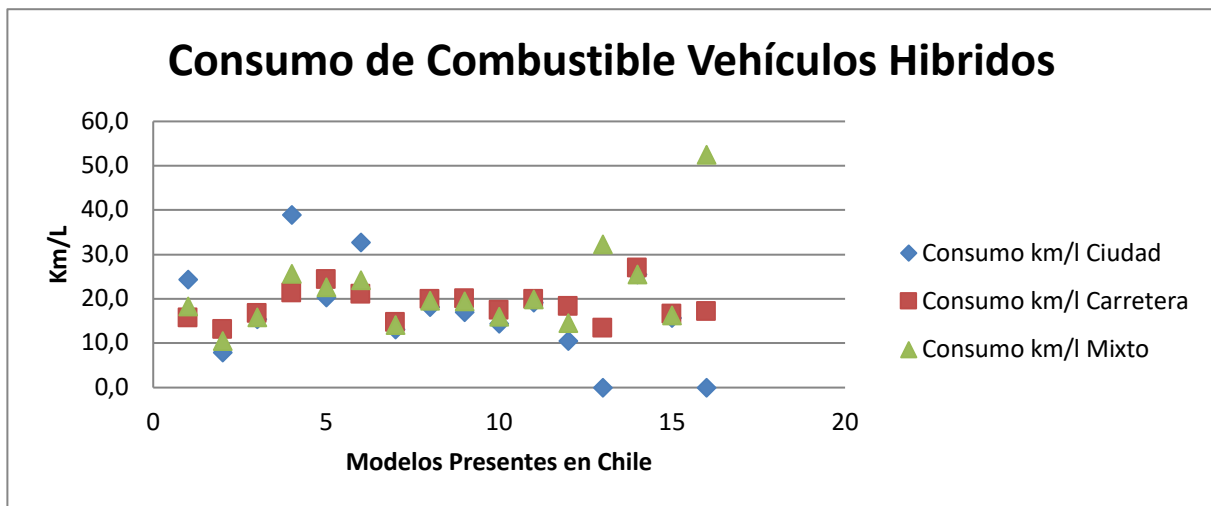


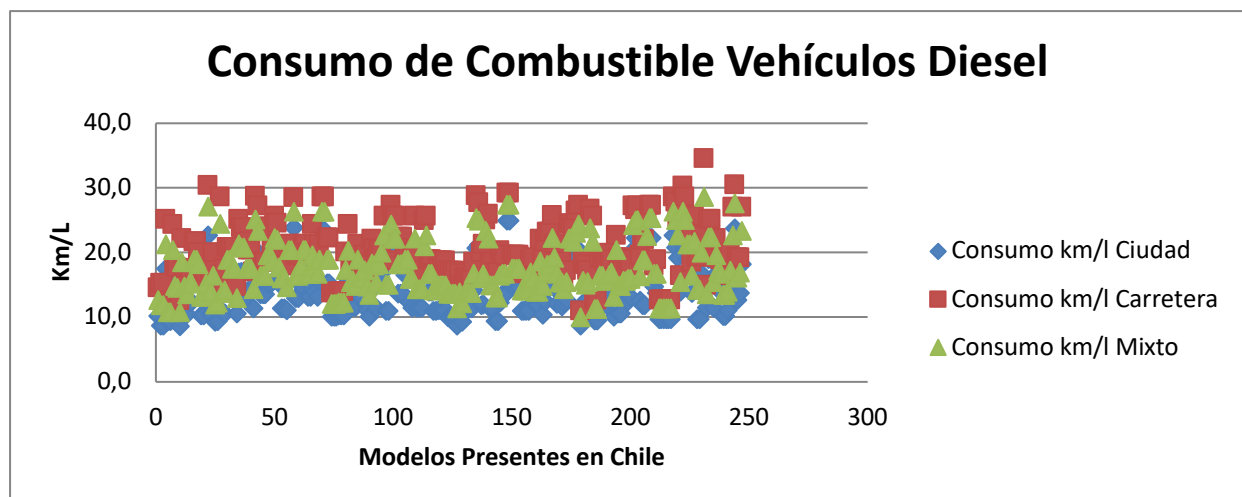
Análisis de caso

Cambio de Motorización vehículos de combustión Interna Por motor eléctrico

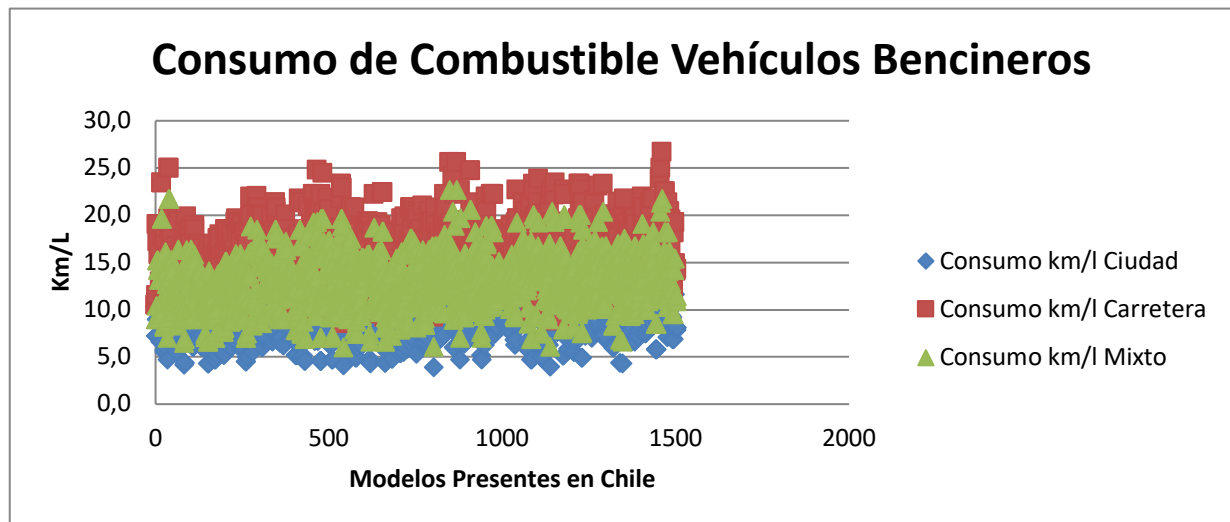
Actualmente en el país existen diversos tipos de vehículos según su tamaño, tipo de tracción, cilindrada, tipo de energía que utilizan, en el Chile hay 1927 vehículos homologados, es decir que poseen tecnología más eficiente y ecológica, estos se dividen en 3 categorías, Eléctricos/híbridos los que son capaces de utilizar tanto combustible como electricidad que cuentan con 16 modelos en diferentes marcas, los que usan sólo combustible que se dividen a su vez en bencinero, que cuentan con 1634 modelos y con diésel como combustible, que tienen 268 modelos disponibles. El ministerio de transportes de Chile en su página web (<http://www.mtt.gob.cl/archivos/5626>) dispone de una tabla donde están expresados los diferentes modelos y sus características, incluido el consumo de combustible, dividido en ciudad, carretera y mixto donde se asemeja el consumo al conducir tanto en ciudad como en carretera. Los siguientes gráficos muestran los diferentes consumos para cada tipo de categoría de uso de combustible.



Fig_1: Híbridos, consumo.

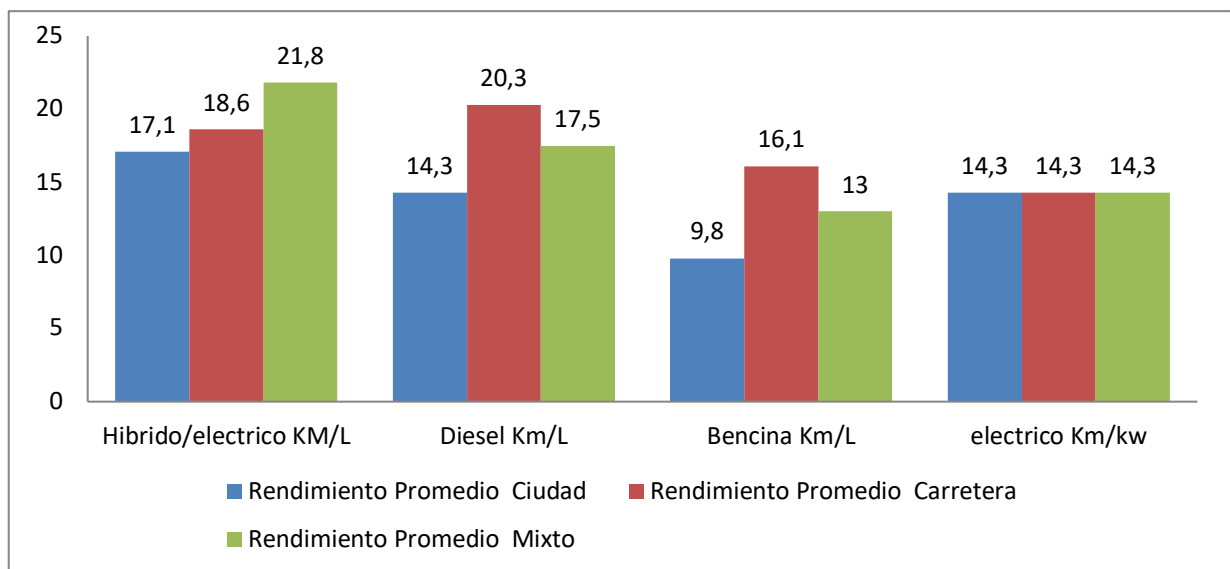


Fig_2:Consumo Vehículo Diesel



Fig_3: Consumo Vehículo Bencinero

Con estos datos se puede realizar comparaciones de diferentes tipos, principalmente en los rendimientos y gasto asociado en combustible, para los diferentes tipos de motorizaciones y combustibles. Por ahora se analizará esto de una manera simple, a través de los consumos promedio.



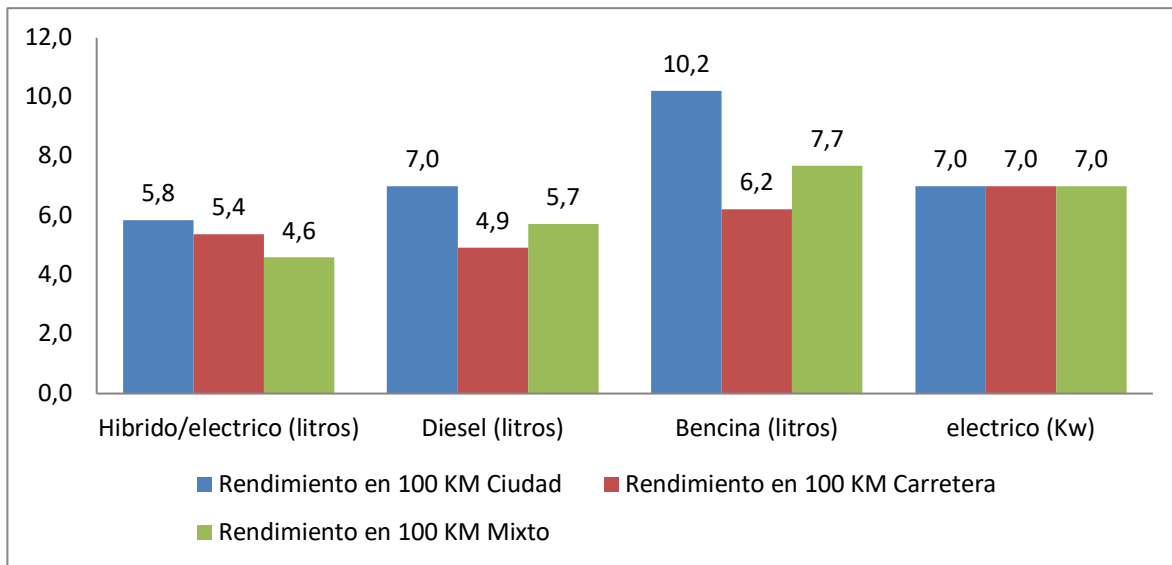
Fig_4: Rendimiento Vehículos

Cada tipo de combustible tiene diferente respuesta al uso que se le da, en el caso de los eléctricos este es constante debido a que el consumo está dado por la velocidad, donde a menor velocidad menor consumo. En los vehículos que usan combustible esto no se cumple, pues el uso óptimo del combustible

está dado por las revoluciones del motor y esto da una velocidad máxima de acuerdo a la marcha o cambio en el que el vehículo se encuentre, si las revoluciones del motor son menores al óptimo o mayores a este, el vehículo tiene un rendimiento menor.

El rendimiento promedio indica la cantidad de kilómetros que el vehículo puede recorrer por cada litro de combustible, esto se lleva a un posible escenario de recorrer 100 km, donde se realiza el cálculo siguiente:

Consumo Promedio En 100 Kilómetros= Distancia (100Km)x Rendimiento Promedio, esto nos entrega el siguiente gráfico

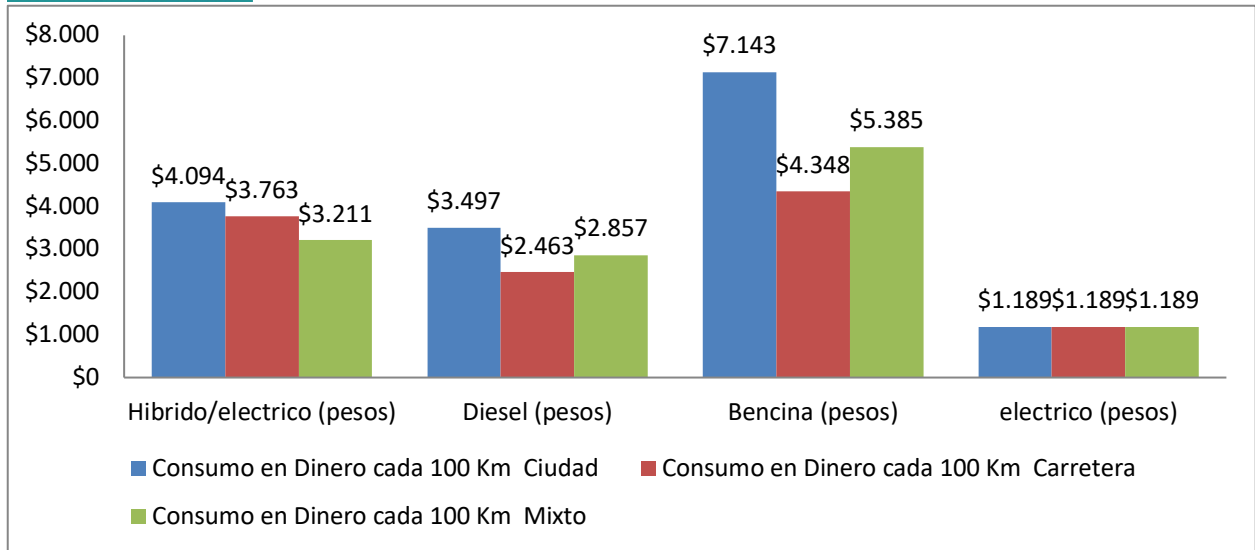


Fig_5: Rendimiento Vehículos ciudad

Esto representa la cantidad de combustible según el uso dado al vehículo, ya sea ciudad, carretera, o mixto (ciudad y carretera) para recorrer 100 km.

Con estos datos se puede a su vez determinar el gasto promedio en combustible al recorrer 100 Km. Considerando un precio de \$500 para el diésel, \$700 para la bencina y \$170 por KW/h.

Se realiza el siguiente cálculo: Gasto promedio en 100Km= Precio combustible x consumo en 100Km

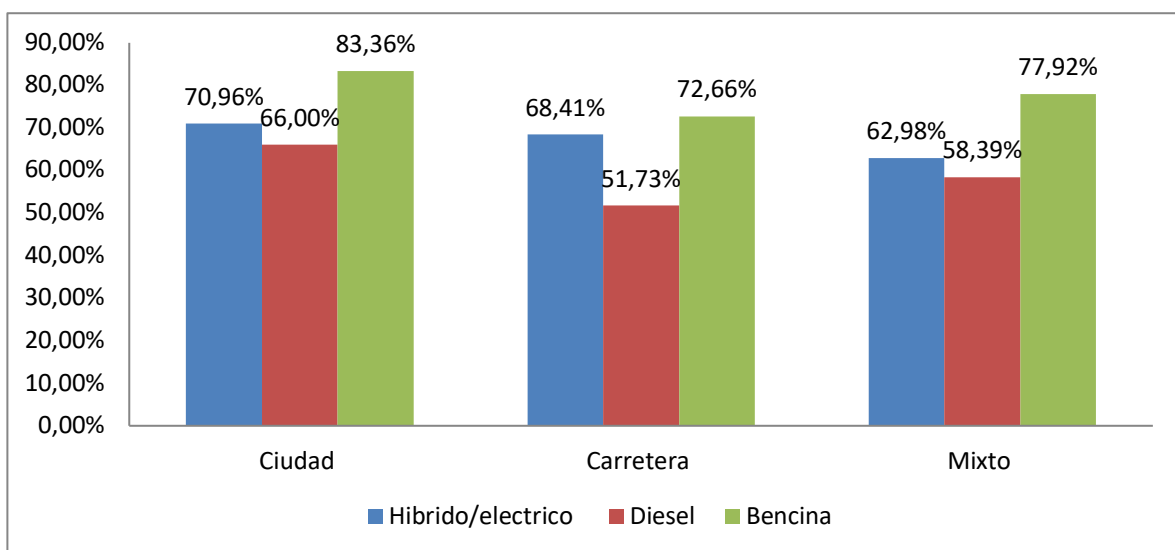


Fig_6: Rendimiento Vehículos

Finalmente se realiza un cálculo con estos valores promedio para determinar el porcentaje de ahorro que se puede tener al usar un vehículo eléctrico en lugar de uno con combustible. Esto se realiza considerando como el máximo valor al gasto que se tiene al recorrer 100 Km en tipo de uso(ciudad, carretera o mixto) versus el gasto del mismo uso con energía eléctrica. Esto queda de la siguiente manera

$$\text{Porcentaje de ahorro} = 100 \times (1 - (\text{Gasto en vehículo eléctrico} / \text{gasto en vehículo a combustible}))$$

La fórmula se establece de esa manera ya que el 100% en este caso está dado por el valor promedio según uso y tipo de combustible, donde el gasto de un vehículo eléctrico representa, siempre, una fracción del gasto total.



Fig_4: Rendimiento Vehículos porcentual respecto eléctricos

Este muestra el ahorro que sería posible obtener de manera porcentual, al usar electricidad en lugar de combustible, siempre de acuerdo al promedio de combustible usado en las diferentes motorizaciones

Según todos los resultados obtenidos es más conveniente un vehículo eléctrico en cuanto a gasto de combustible, que da aún por determinar qué tan viable es realizar el cambio de motorización a un vehículo actualmente en uso. Para esto se realiza el siguiente análisis económico.

Cambio de sistema motorización de un vehículo a eléctrico.

El mercado actual de los vehículos motorizados está creciendo en Chile, no obstante, el mercado menos explorado y satisfecho en el país es el de los vehículos eléctricos, esto es dado por factores como la poca autonomía de uso, escasos o nulos puntos de recarga públicos, menos aún en regiones, el uso de energía domiciliaria, donde un aumento en la cuenta no es un punto favorable, pues no consideran la reducción en el gasto de combustible. Por otra parte, la contaminación está haciendo cada día más necesario el uso de otras fuentes de energía, que no contaminen con material particulado, problema que se ha agravado cada vez más en regiones, en este punto los vehículos eléctricos son lo más adecuado, pues su emisión es cero, son silenciosos, tienen características similares a los convencionales y no tienen restricción de uso. Es por esto que se analiza posibles formas de participar en este mercado, casi inexplorado en regiones, así se llega a considerar el cambio de motorización de vehículos que actualmente tienen motores a combustión interna por motores eléctricos, los que se encuentran disponibles en el mercado y son fabricados para diferentes vehículos según marcas o modelos. De esta forma se llega a los siguientes casos.

Consideraciones Iniciales:

Según las fórmulas físicas $P = V \cdot I$, donde P es potencia, V es voltaje e I es la corriente.

$$I = P/V.$$

Si la potencia requerida es de 10.000 W para un vehículo normal, con 72 V encontramos que la corriente necesaria es de 138 A.

Para conseguir esta corriente se necesitan 72 V en baterías las que entregan una corriente de 100 A/h

Un vehículo normal trabaja a 3500 Rev/ min, lo que entrega una velocidad de 110Km/ h.

Considerando esto se deduce que la energía necesaria para el vehículo mantenga esa velocidad se necesita una energía de 7,7 kw/h, siendo la corriente necesaria de 108 A/h.

Considerando un vehículo normal que recorre 200 km diarios.

Comparación entre uso de combustible y motor eléctrico recargado con energía domiciliaria

Costo Bencina \$700, petróleo \$500, costo Kw/h \$170.



Para vehículo bencinero: Se considera un estanque promedio de 30 lts de capacidad, con un rendimiento de 12 km/l, lo que da una autonomía de 360 km.

Para vehículo petrolero: Se considera un estanque promedio de 50 lts de capacidad, con un rendimiento de 10 km/l, lo que da una autonomía de 500 km.

Para vehículo eléctrico: Se considera el uso de 7 kw/h por cada 100 km recorridos., con una autonomía de 110 km

Tipo de Motor	costo	distancia	Rendimiento	Costo/km	Gasto total diario
Bencina	700 \$/l	200 km	12 km/l	58.3	\$11.660
Petróleo	500 \$/l	200 km	10 km/l	50	\$10.000
Electricidad	170 \$KW/h	200 km	14.3 km/kw	11.9	\$ 2.380

Al llevar esto a gastos mensuales y anuales:

Tipo de motor	Gasto diario	Gasto Mensual (Base 30 días)	Gasto anual
Bencina	\$ 11.660	\$ 349.800	\$ 4.197.600
Petróleo	\$ 10.000	\$ 300.000	\$ 3.600.000
Eléctrico	\$ 2.380	\$ 71.400	\$ 856.800

Si se consideran estos valores promedio, se tiene un ahorro en dinero de **\$ 278.400** mensuales al cambiar en motorización de un **vehículo bencinero** por uno eléctrico, esto es un **79.8%**

En el caso de un **vehículo petrolero** a uno eléctrico, el ahorro mensual es de **\$228.600**, lo que equivale a un **76.2%**.

En términos anuales, el ahorro es de **\$3.340.800** frente al **bencinero** y de **\$2.743.200** en el caso del **petrolero**.

Costo unitario para el cambio de motorización

Equipos , Motor, baterías	\$ 3.720.000
Personas para montaje y otros (Horas hombre)	\$ 1.500.000
Total	\$ 5.220.000
Utilidad 30 %	\$ 1.566.000
Valor final a cliente	\$ 6.786.000

Al considerar un valor final al cliente, de **\$6.786.000** se puede considerar que el costo de realizar este cambio se puede pagar con el ahorro en combustible,

Para Vehículo Bencinero: En **2.03 Años**, lo que sería aproximadamente en **2 años y un mes**.



En el caso de un vehículo petrolero: En **2.47 Años**, lo que sería aproximadamente **2 años y seis meses**.

Si se considera un vehículo de locomoción colectiva, su vida útil es de 12 años.

Considerando un caso real:

Según kaufman en su página Web publica un **micro bus 2015** con un costo de **39.000.000** (<http://www.truckstar.cl/index.php?pag=1&cat=6>) se **suman los 6.786.000** lo que entrega un costo total de **45.786.000**, como es 2015 su vida útil es de 9 años, luego de esto debe salir de circulación, considerando un valor de venta final de **\$ 10.000.000** se puede considerar una depreciación de **\$3.976.222.2** anual.

Al invertir en el cambio de motor se **considera solo como retorno el valor de \$2.743.200** que es el ahorro en combustible, se puede calcular el **VAN** de la operación con los siguientes datos:

Tasa de descuento 12%, Inversión inicial \$6.786.000, ingreso por ahorro en combustible \$2.743.200 en 9 años.

El Valor actual neto (VAN) de esta inversión sería de **\$6.991.477,53**, lo que la hace recomendable.

Al calcular la tasa Interna de retorno (TIR) nos indica que es de **38%**, lo que significa que si se consigue un **38% de interés sobre el capital inicial es bueno realizar el cambio de motor**.

Para un vehículo Bencinero considerando el valor del cambio de motorización igual al de uno petrolero, es decir \$6.786.000, con una tasa de descuento del 12% y un ahorro en combustible de \$3.340.800 se obtiene un **VAN de \$9.834.479,38**, lo que hace una opción aún más rentable, y una **TIR de 48%**, lo que hace más atractivo económicamente el cambio.

Análisis FODA

Fortalezas

- Menor costo en combustible, mínimo de 76%.
- Cero emisión de gases
- Menor gasto en mantención
- Menor uso de químicos en aceites de motor

Oportunidades

- Mercado no explorado
- Fuerte expansión del mercado
- Pocas empresas dedicadas a realizar cambios en motorización
- Escasa presencia en regiones de empresas que tengan vehículos con tecnología eléctrica

Debilidades

- Pocos puntos de recarga públicos



- Desconocimiento de la tecnología
- Poca autonomía de los vehículos eléctricos
- Valores muy altos de vehículos nuevos con tecnología eléctrica

Amenazas

- Resistencia al cambio de combustibles a electricidad
- Escaso deseo de instalar puntos de carga públicos
- Aumento de costo unido a la autonomía del vehículo

Según este análisis, es una buena oportunidad de negocios, ya que, actualmente mayor cantidad de personas desean contaminar menos, el mercado de los vehículos con cero emisión no se ha explorado ni abierto en regiones, menos aún, el de realizar cambio en la motorización de vehículos, lo que hace más flexible la posibilidad de satisfacer las necesidades de los clientes en cuanto a tipo de vehículo, autonomía y relación precio calidad, especialmente calidad de vida.

Carlos Paredes D.
Ingeniero Civil Electrónico
Master Electricidad PUCV
Especialista en Electrónica de Potencia
15-05-2018