

ANÁLISIS DE SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO PARA LA ADAPTACIÓN EN LA CARROCERÍA MODIFICADA VOLKSROD DEL VOLKSWAGEN TIPO 1

ANALYSIS OF SELECTION OF THE ELECTRIC MOTOR FOR ADAPTATION IN THE MODIFIED VOLKSROD BODY OF THE VOLKSWAGEN TYPE 1

Juan Gabriel Ballesteros López¹, Orlando Vladimir Miranda Reyes², Jessica Lizbeth Bayas Izurieta³, Diego Hernán Punina Poveda⁴
^{1,2,3,4} Instituto Superior Tecnológico Guayaquil
e – mail : ¹jballesteros.istg@gmail.com, ²omiranda.istg@gmail.com, ³jessicabayas_14@hotmail.com, ⁴dpunina.istg@gmail.com

Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro, IX Edición 2020, No. 10 (10)

Resumen

La investigación tiene como objetivo principal el diseño. El presente artículo tiene como objetivo principal el proceso de selección del motor eléctrico para la implementación en la carrocería modificada Volksrod del Volkswagen tipo uno, fundamentada en costo, eficiencia, adaptabilidad, se utiliza las curvas de tiempo de descarga sobre corriente de descarga y el método ordinal corregido de los factores ponderados.

El proyecto basa su accionar en la integración total de conocimientos adquiridos y de nuevos que permitan potencializar a los involucrados; la modificación estructural del Volkswagen tipo uno, pone en práctica las competencias del saber hacer, la instalación de nuevos sistemas tecnológicos complementa el resto de los saberes, la propulsión eléctrica incorporada en el vehículo parte de un comparativo de eficiencia entre los motores eléctricos.

Se presenta la aplicación de nuevas propuestas de automoción, por motivo de abordar el tema de la contaminación ambiental que producen los automóviles hoy en día y es catalogado como un problema a nivel global, para esto se han presentado distintas soluciones, dentro de las cuales destaca el vehículo eléctrico, el cual puede adquirir energía a través de baterías recargables, y no emite gases de efecto invernadero, reduciendo así tanto la contaminación atmosférica como acústica.

Palabras Clave: Eficiencia, Motor eléctrico, adaptabilidad, volksrod.

Abstract

The main objective of this article is the selection process of an electric engine for its implementation in the modified Volksrod car body of the Volkswagen type one model, based on cost, efficiency, adaptability- examining discharging time over discharging current curves- and the ordinal corrected method of weighting factors.

This project bases its actions on the total integration of acquired and new knowledge that will empower those systems involved. The structural modification of the Volkswagen type one puts into practice the application of know-how skills, the installation of new technology systems to complement other areas of knowledge, and the electric propulsion incorporated in the vehicle through the comparison of efficiency between electric engines.

The implementation of new automotive processes is presented to address the issue of environmental pollution produced by cars nowadays, which is a problem at a global level. For this reason, different solutions have been provided among which the electric vehicle stands out because it can acquire energy through rechargeable batteries and does not release greenhouse gas emission, thus reducing both air and noise pollution.

Keywords: Efficiency, electric engine, adaptability, volksrod

1. Introducción

En el vehículo Volkswagen escarabajo modificado tipo Volksrod, al contar simplemente con un motor de combustión interna provoca contaminación ambiental por los gases que son expulsados por el tubo de escape, perjudicando al medio ambiente y a la salud de la ciudadanía a su vez son considerados como generadores de glándulas cancerígenas a la piel y al sistema respiratorio.

Al ser analizados estos factores, la solución óptima es la adaptación de un motor eléctrico a la carrocería del vehículo Volkswagen escarabajo modificado tipo Volksrod, los vehículos eléctricos tienen cada vez más protagonismo en las soluciones de movilidad del siglo XXI, tanto en el ámbito comercial como particular (flotas de reparto, transportes...).

Existen muchos tipos de vehículos eléctricos: coches, cuadríciclos, motos, bicicletas o incluso patinetes, cada vez más presentes en las áreas metropolitanas y en entornos turísticos. [1]

Categorías de vehículos eléctricos

Las diferentes categorías de vehículos eléctricos son las siguientes: BEV, HEV, PHEV y FCEV, a continuación, te explicamos sus características con más detalle.

BEV (Battery Electric Vehicle) - Vehículo eléctrico de batería

Los vehículos eléctricos que usan baterías, son conocidos como BEV, automóviles completamente eléctricos; en estos automóviles la propulsión se realiza usando motores eléctricos su energía está almacenada en su sistema de baterías interno, usando tecnología de iones de litio, es considerado un vehículo puramente eléctrico tiene como característica principal la imprescindible su conexión a la red eléctrica para poder efectuar la recarga de sus baterías y contar con autonomía suficiente.

HEV (Hybrid Electric Vehicle) - Vehículos híbridos eléctricos; más conocidos como vehículos híbridos eléctricos (HEV) reciben el nombre de híbridos convencionales o también de híbridos no enchufables, este tipo de vehículo se considera una mezcla entre un vehículo eléctrico y uno convencional, porque integran un motor de combustión interna, usa combustible (gasolina o diésel) y un sistema de motor

eléctrico; las baterías se recargan usando la energía generada por el motor de combustible y aprovechando la energía recuperada cuando se produce el frenado del vehículo, habiendo fases en las que se utiliza la energía eléctrica, si hay energía suficiente almacenada en las baterías y en otros momentos se usa el motor de combustión.

PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) - Vehículos híbridos eléctricos enchufables

Los vehículos híbridos eléctricos enchufables (PHEV) son una variante de los vehículos híbridos convencionales que además cuentan con baterías de almacenamiento de energía que se pueden recargar usando la red eléctrica. Al poder usar energía eléctrica almacenada en las baterías este tipo de vehículos cuentan con una elevada autonomía en modo totalmente eléctrico y cuentan además con la posibilidad de un funcionamiento híbrido, de forma similar a los vehículos híbridos no enchufables.

FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) - Vehículos eléctricos con pila de combustible.

Los vehículos eléctricos de pila de combustible, por sus siglas en inglés FCEV, es el menos desarrollado en la actualidad, aunque cada vez son más las investigaciones y desarrollos en este campo a diferencia del resto de vehículos utilizan hidrógeno como fuente de energía y permitiría integrar esta fuente de energía en el transporte.

Estos vehículos eléctricos usan una pila de combustible alimentada con hidrógeno para generar energía eléctrica que es usada para alimentar el motor eléctrico que impulsa el vehículo, el hidrógeno no genera emisiones contaminantes en este proceso por lo que es un aprovechamiento respetuoso con el medio ambiente, siempre y cuando el hidrógeno se haya podido obtener de un modo sostenible.

Elementos del vehículo eléctrico

Un coche eléctrico puede llegar a usar diferentes tecnologías de propulsión y por lo general se compone básicamente de los siguientes elementos:

La unidad de recarga interna (la infraestructura de recarga externa no forma parte directa del vehículo eléctrico).

a) Las baterías.

Los sistemas de conversión e inversores de corriente continua/corriente alterna (CC/CA) o de corriente continua/corriente continua (CC/CC).

b) El motor eléctrico.

Elementos y funcionamiento vehículo eléctrico

Los coches eléctricos disponen de una unidad de carga y potencia interna su función es poder transformar en corriente continua la energía de la corriente alterna proveniente de la red eléctrica para poder cargar la batería del vehículo eléctrico.

En los últimos 5 años la demanda de baterías utilizadas por los vehículos eléctricos (20 kWh a 60 kWh) obliga a los fabricantes de vehículos a realizar mejoras constantes en estas unidades de control de potencia y a proponer nuevos diseños de filtros internos para evitar la emisión de armónicos a la red eléctrica y posibles corrientes de fuga tanto en corriente alterna como en corriente continua.

c) Baterías

Existen muchos tipos de baterías, pero las de litio-ion se han impuesto como la tecnología de referencia por sus características que las hacen idóneas: no presentan memoria, son muy duraderas y pueden soportar muchos ciclos de cargar; las baterías de litio-ion almacenan la energía que le cede el cargador (conectado a una red de corriente alterna) en forma de corriente continua.

Esta batería principal es el medio por el que se alimenta todo el coche eléctrico por ello en los coches que tienen un motor eléctrico de corriente continua esta batería va directamente conectada al motor; en cambio en los coches eléctricos que tienen un motor eléctrico de corriente alterna la batería va conectada a un inversor un equipo que transforma la corriente continua en corriente alterna.

d) Conversores e inversores

Los conversores son equipos que transforman la tensión de la electricidad suministrada por las baterías generalmente disminuyendo su tensión hasta un nivel de 12 Voltios, la tensión de funcionamiento habitual de los elementos auxiliares de vehículo eléctrico, tales como la iluminación y los sistemas de control, entre otros.

Los inversores sirven para transformar la corriente continua que cede la batería principal en corriente alterna por lo que este equipo es el que permite que se pueda alimentar el motor en corriente alterna del coche eléctrico gracias al uso de baterías que almacenan la energía en forma de corriente continua.

Motores para vehículos eléctricos: tipos, características y ventajas

El motor de un vehículo eléctrico es uno de los elementos más importantes en su diseño, operación y funcionamiento que determina la existencia o no de otros componentes como inversores y convertidores, los motores utilizados en un coche eléctrico pueden ser de corriente continua o de corriente alterna.

Aunque en el mercado existen diferentes tipos de motores eléctricos todos están formados principalmente por un estátor, el rotor y la carcasa:

El estátor es la parte fija de la máquina rotativa y pueden ser desde electroimanes hasta chapas magnéticas.

Dentro se ubica el rotor, que es la parte móvil.

Los dos componentes están envueltos por la carcasa metálica. [2]

Estos motores pueden ser de varios tipos para cada tecnología, pero los más utilizados en tracción eléctrica los que te presentamos a continuación.

Los motores eléctricos son aquellos aparatos que tienen una transmisión con un par más amplio que los convencionales, diseñados con un adaptador especial con una caja de cambios útil para motores AC (Corriente Alterna) los mismos que presentan un amplio rango de velocidades mejorando su ejecución a bajas velocidades, reduciendo la contaminación ambiental, así como minimizando el ruido al máximo.

Motores Eléctricos

Los motores eléctricos son los encargados de convertir la energía eléctrica en fuerza de giro por la acción originada por campos magnéticos, donde sus velocidades son constantes, soportan grandes sobrecargas, con una construcción sencilla y fácil de arrancarlos. [3]

Los motores eléctricos permiten generar un continuo impulso mecánico cuya fuerza hace girar las ruedas y pone el vehículo en marcha; donde se descubre que el magnetismo produce electricidad a través del

movimiento en base a teorías de electromagnetismo, donde dos imanes rechazan o atraen en función de las alineaciones de sus polos, que se opongan entre sí, donde la parte giratoria, llamada rotor, se mueve frente a la parte estática, usada para crear campos eléctricos. [4]

Los motores eléctricos tienen una eficiencia mayor que los de combustión interna en un rango del 40 al 70%, son más ecológicos por no contener aceites ni líquidos refrigerantes, así como ningún elemento derivado del petróleo con una estructura simple y facilidad de conducción y mínimo nivel de ruido teniendo como desventaja su elevado precio como mínima autonomía de una recarga completa, el cual oscila en un máximo kilometraje de 500 Km, con poca potencia.

Tipos de motores eléctricos

Junto con la batería y el motor forma la pareja más importante de todos los componentes necesarios para un vehículo eléctrico de él depende la eficiencia, la autonomía y las prestaciones; en el mercado existen diferentes tipos de motores eléctricos, formados principalmente por un estátor, rotor y carcasa.

El estátor es la parte fija de la máquina rotativa, pueden ser desde electroimanes hasta chapas magnéticas, que acoge en su interior al rotor, la parte móvil; todo ello está envuelto por la carcasa metálica, según su alimentación mediante corriente alterna o continua y su arquitectura, se pueden dividir en las siguientes categorías: [1]

a) Motor Asíncrono o de Inducción (AC)

Su principal característica es que el giro del rotor no corresponde a la velocidad de giro del campo magnético producido por el estátor.

Este motor está formado por un rotor que puede ser de tipo jaula de ardilla o bobinado, en el estátor (anillo cilíndrico de chapa magnética) se encuentran las bobinas inductoras que son trifásicas, desfasadas entre sí a 120°, las ventajas encontramos la alta eficiencia, coste bajo, fiabilidad, bajo ruido y vibraciones y por constante en cambio sus contras son su baja densidad de potencia el bajo par en el arranque y el riesgo de sobrecarga es uno de los motores más utilizados en la industria del VE por ello Tesla Motors lo usa en todos sus modelos al igual que los pequeños fabricantes Reva o Tazzari. [1]

b) Motor síncrono de imanes permanentes (AC)

Con una velocidad de giro constante siendo igual el giro del rotor que la velocidad del campo magnético creado por el estátor el motor síncrono de imanes permanentes puede ser de dos tipos; de flujo radial o de flujo axial, dependiendo de la posición del campo magnético de inducción que puede ser perpendicular o paralelo al eje de giro del rotor. Son más usados los de flujo radial, en cambio los de flujo axial permiten ser integrados directamente en la rueda del vehículo, optimizando el espacio en el vehículo y simplificando los acoplamientos mecánicos entre motor y rueda, son los conocidos como «in-wheel motor».

Las ventajas de este tipo de motor son su alto rendimiento, un control de velocidad sencillo, bajo ruido, vibración, tamaño y peso. Aunque tienen un alto coste, junto con los motores asíncronos, son los más extendidos dentro de los VE e híbridos. Lo montan Nissan, BMW, VW, Kia, BYD, Smart, el Outlander PHEV y el iMiEV (y sus «mellizos» Peugeot iON y Citroën C-Zero) de Mitsubishi o los híbridos de Chevrolet, Opel, Toyota y Lexus. [1]

c) Motor síncrono de reluctancia conmutada o variable. (AC)

La corriente es conmutada entre las bobinas de cada fase del estátor hasta crear un campo magnético que gira. El rotor, que está hecho con un material magnético con polos salientes, son influenciados por el campo magnético, atrayéndose y creando un par que mantiene el rotor moviéndose a velocidad síncrona. Estos motores no necesitan imanes permanentes ni escobillas, y tienen a favor su elevado par, robustez y bajo coste, mientras que en contra tiene su baja potencia y la complejidad de su diseño. Renault y su departamento «Electric Powertrain» desarrollaron el modelo 5A, un modelo de motor síncrono más eficiente que los de imanes permanentes. [1]

d) Motor sin escobillas de imanes permanentes (DC)

Conocidos con «brushless», estos motores poseen imanes permanentes situados en el rotor que funcionan mediante la alimentación secuencial de cada una de las fases del estátor. Pueden ser «inrunner», mayor velocidad de giro y menor par, o «outrunner» menor velocidad y mayor par. Aunque son usados mayormente en vehículos híbridos, los motores «brushless» ofrecen algunas ventajas para

su uso en VE, su bajo ruido y rozamiento, robustez y ausencia de mantenimiento. Por ahora son motores poco experimentados, que tienen un precio elevado y poca potencia. Lo ha montado Honda en algunos de sus pre-series o prototipos eléctricos. [1]

Motor eléctrico versus motor de combustión: par, potencia y eficiencia

*Par motor: Es la fuerza con la que gira el eje del motor, se mide en Newton/metro (Nm)

*Régimen de giro: Es el nº de vueltas que da el eje motor por unidad de tiempo, se mide en revoluciones por minuto (rpm).

*Potencia motor: Es la cantidad de trabajo realizada por unidad de tiempo y se obtiene de multiplicar el par por las revoluciones. Se mide en caballos de vapor (CV o HP) o en Kilovatios (kW): $1 \text{ kW} = 1,36 \text{ CV}$ [5]

No es fácil explicar la diferencia entre par y potencia; un ejemplo clásico es el de la bicicleta vamos en bici a velocidad mantenida gracias a la potencia (W) de pedaleo las revoluciones son las vueltas completas del pedal y el par es la fuerza ejercida sobre los pedales, supongamos ahora que cambiamos a piñón pequeño manteniendo la velocidad: el desarrollo se alarga, las rpm disminuyen y el pedaleo se hace más duro, necesitaremos más par.

Los gráficos de potencia, par y revoluciones definen las relaciones entre estos parámetros para cada motor y como luego veremos los motores eléctricos presentan ventajas importantes frente a los térmicos es esta área.

También reseñar que para mover cargas pesadas (locomotoras, camiones, tractores...) se utilizan motores elásticos (buenos valores de par desde bajas vueltas) y de par muy elevado, mientras que para cargas ligeras o competición se utilizan motores muy revolucionados en los que el par a bajas vueltas no es tan importante.

Un ejemplo: cualquier motor turbodiesel actual de 2 litros tiene un par motor similar o superior a un motor de F1 pero mientras que él 1º lo alcanza a menos de 2000 rpm, el otro lo alcanza a más de 15.000 rpm con lo que las diferencias finales de potencia son abismales.

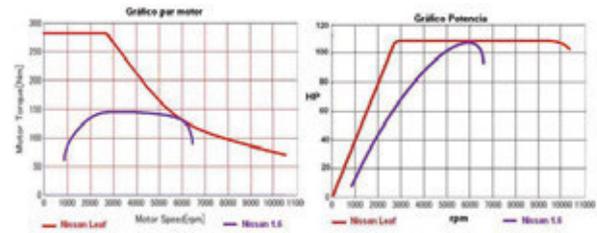


Figura 1. curvas par motor

En la Figura 1 podemos ver las curvas típicas de un motor eléctrico y de un motor de gasolina de 1600 cm³ comparado con dos motores de Nissan de 109 CV de potencia.

La potencia máxima es la misma, pero en realidad el motor eléctrico es más potente es casi todas las circunstancias: hasta 1000 rpm ofrece más del triple de potencia, hasta 2000 rpm más del doble aunque las curvas se van acercando hacia las 6.000 rpm, la gasolina corta a 6.500 rpm y el del Leaf aún ofrece su potencia máxima hasta 9800 rpm y gira hasta las 10.400 rpm, cuando la gente prueba un coche eléctrico por primera vez se sorprende por la sensación de potencia a velocidades bajas o medias es una sensación más potente que un vehículo térmico equivalente en esas condiciones.

Otro factor diferenciador importante es que el motor térmico es incapaz de girar por debajo del régimen de ralentí (unas 700 rpm): el giro se vuelve inestable y se cala, en cambio el eléctrico es capaz de girar igual de equilibrado y con la misma fuerza (par) a 20 rpm que a 2000 rpm y desde 0 rpm dispone ya del par máximo el motor eléctrico no necesita girar cuando el vehículo está parado ni un embrague para iniciar la marcha y como para el inicio de la marcha lo importante es el par y no la potencia si le acoplamos una caja de 5 marchas sería capaz de arrancar con toda suavidad con cualquiera de ellas, aunque lógicamente en las marchas largas las aceleraciones serían menos brillantes. [5]

Un dato adicional del Leaf, su reductora tiene un desarrollo final similar al de una 2ª típica de un coche térmico (14,3 km/h por 1000 rpm), por lo que alcanza su régimen máximo de giro a 150 km/h, limitando de esta forma su velocidad máxima.

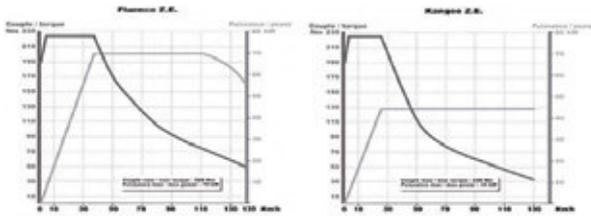


Figura 2. par de motores eléctricos

En la Figura 2 se muestra el par de motores eléctricos: Fluence 95 CV y Kangoo 60 CV. En realidad, estamos ante el mismo motor, como demuestra el hecho de que el par máximo sea idéntico. Cambian las especificaciones, de manera que el motor del Fluence es capaz de mantener el par a más revoluciones. Llama la atención unas curvas de par atípicas, con un trazo ascendente en las primeras rpm. Renault anunció hace tiempo una limitación electrónica del par a pocas vueltas para conseguir más suavidad y progresividad en las arrancadas. Quizás la causa hay que buscarla en los desarrollos de transmisión escogidos, aún más cortos que en el Leaf: 11 km/h a 1.000 rpm (Kangoo) y de 12 km/h a 1000 rpm (Fluence). Esto significa que en la Kangoo, el motor gira a 12.000 rpm a 130 km/h y en el Fluence gira a más de 11.000 rpm a 135 km/h. [5]

Las ventajas de los coches eléctricos

Se dice que los motores eléctricos ofrecen menos potencia que los de combustión interna, que la autonomía es mínima y que los tiempos de carga pasan de las 24 horas es posible que ello haya sido así hace muchos años la realidad hoy es que los coches eléctricos ofrecen múltiples ventajas veamos:

Mayor eficiencia del motor: los vehículos eléctricos utilizan entre 0.1 y 0.23 kW/h por kilómetro. Es un indicador muy bajo, pero será aún menor en poco tiempo, ya que un poco más de la mitad de este consumo se deriva de la ineficiencia en el proceso de carga de las baterías.

Cero emisiones: el vehículo eléctrico es la única solución que logra obtener cero emisiones de residuos, de gases efecto invernadero y de emisiones de contaminantes.

Silencio total: los vehículos eléctricos ofrecen una experiencia de conducción, que se caracteriza por el desplazamiento suave y silencioso. Esto se logra gracias a la ausencia de piezas móviles en el motor, por la ausencia de explosiones en el proceso de

combustión, pero también gracias a poder prescindir de un sistema de escape, que suele ser la principal fuente de ruido en un automóvil convencional.

Costes de la energía: el coste de la energía utilizada en vehículos eléctricos equivale a un tercio del valor del combustible utilizado en los vehículos con motor de combustión interna.

Menores costes de mantenimiento: los coches eléctricos tienen menos costes de mantenimiento ya que no requieren cambios de aceite frecuente y otras operaciones de mantenimiento, en la medida en que sus motores no cuentan con piezas móviles o que tengan roce entre sí el desgaste es mucho menor.

Frenado regenerativo: un motor eléctrico funciona como un generador, durante el frenado del coche la salida de energía producida después de convertida se utiliza para recargar las baterías esto significa que el vehículo devuelve energía al sistema.

Comodidad y confort: la conducción de los coches eléctricos es agradable y suave se evita tener que presionar el pedal del embrague y se prescinde de la caja de cambios.

El par, en los motores eléctricos es constante a cualquier rotación, proporcionando así prestaciones interesantes. [6]

Desventajas de los vehículos eléctricos

Peso de las baterías: una de las principales desventajas de estos coches, es el peso de sus baterías. Aunque ha habido avances tecnológicos, para obtener menor peso y mayor autonomía, las baterías de un Tesla Roadster, por ejemplo, pesan 450 kilogramos.

Vida útil de las baterías: un conjunto de baterías para un coche eléctrico puede tener una vida útil que oscila entre los 160.000 y los 200.000 kilómetros, lo que, sumado a su alto coste, representa una gran desventaja.

Rendimiento en bajas temperaturas: las baterías de automóviles eléctricos aún presentan serios problemas cuando son exigidas en condiciones de temperaturas muy bajas, presentando una notoria pérdida de eficiencia.

Autonomía: este es un tema relacionado directamente con las baterías, su tamaño y la tecnología utilizada la autonomía de los coches eléctricos es aún

limitada en comparación con un motor de combustión interna, aunque ya se cuenta con coches que ofrecen hasta 600 kilómetros de autonomía –lo cual resulta ideal–, se trata de vehículos de alta gama.

Los coches de segmento medio apenas ofrecen autonomía que va desde los 100 hasta los 200 kilómetros en promedio.

Tiempo de carga: Las baterías de iones de litio, cuando se cargan en estaciones dispuestas para tal fin, pueden obtener el 80 % de su capacidad en lapsos de tiempo relativamente cortos, que van desde los 15 hasta los 20 minutos. Por supuesto, esto no se compara con los 3 o 4 minutos que tardas en llenar el depósito de combustible de un auto convencional.

Cuando la carga se realiza en casa, en una toma normal de 220V, tarda 6 a 8 horas.

Coste de adquisición: A pesar de que estos coches tienen menores costes de operación y mantenimiento, los vehículos eléctricos tienen un coste de adquisición mucho más alto que el de un coche a gasolina. Además, el coste de las baterías, sigue siendo un factor que pesa en contra.

El futuro de la automoción se dirige hacia coches que sean más amables con el medio ambiente. Mientras se generalizan estas alternativas, la compra de un coche en una etapa de transición como la actual, podría no ser una opción inteligente, según el uso que hagas del mismo. [6]

Se utiliza el método ordinal corregido de criterios ponderados que nos permite realizar en las diferentes etapas del proceso de diseño, un despliegue de alternativas corresponde hacer una evaluación de estas que sirva de base para la posterior toma de decisiones. [7]

Estas evaluaciones en general no se centran sobre un determinado elemento, sino que se deben ponderar distintos aspectos del sistema en base a criterios que a menudo implican juicios de valor. Para tomar una decisión siempre deben estar presentes los dos elementos siguientes.

- a) Alternativas Como mínimo debe de disponerse de dos alternativas (lo más adecuado es entre 3 y 6) cuyas características deben ser diferentes.
- b) Criterios Hay que establecer los criterios en base a los cuales las alternativas deberán ser

evaluadas, así como también la ponderación relativa entre ellas [8]

Dado que en todas las soluciones de ingeniería intervienen múltiples aspectos que hay que considerar de forma global, en todos los métodos de evaluación aparece el problema de la ponderación de criterios. Existen numerosos métodos de evaluación que pueden agruparse en:

1. Métodos ordinales El evaluador clasifica por orden las diferentes soluciones alternativas para cada criterio. El inconveniente de estos métodos consiste en la dificultad de integrar los resultados de los distintos criterios en una evaluación global, ya que no es sensible a las ponderaciones de los criterios.
2. Métodos cardinales. El evaluador debe cuantificar sus juicios en relación con la efectividad de las alternativas y a la importancia de los criterios. Estos métodos facilitan la integración de las evaluaciones parciales en un resultado global, pero a menudo la cuantificación puede resultar arbitraria, especialmente en las etapas iniciales de diseño. [9]

Método ordinal corregido de criterios ponderados

La mayor parte de las veces, para decidir entre diversas soluciones (especialmente en la etapa de diseño conceptual) basta conocer el orden de preferencia de la evaluación global. Es por ello que se recomienda el método ordinal corregido de criterios ponderados que, sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos. Se basa en unas tablas donde cada criterio (o solución, para un determinado criterio) se confronta con los restantes criterios (o soluciones) y se asignan los valores siguientes: [10]

1 si el criterio (o solución) de las filas es superior (o mejor; >) que el de las columnas

0,5 Si el criterio (o solución) de las filas es equivalente (=) al de las columnas.

0 si el criterio (o solución) de las filas es inferior (o peor; <) que el de las columnas

Luego, para cada criterio (o solución), se suman los

valores asignados en relación a los restantes criterios (o soluciones) al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio (o solución). Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio. [11]

Alternativas:

Alternativa 1. Motor Motenergy ME-1003 Fuente

Tabla 1. Características motor Motenergy

Eficiencia	90%
Voltaje	48-72V
Peso 1	8Kg
Corriente continua máxima	400 A/1min
Torque máximo	240 lb-in o 16 Nm a 48V
Rotación Máxima	5000 rpm a 72V y 2600 rpm a 48 V
Diámetro	28 cm
Máxima temperatura de funcionamiento	155 °C
Dirección de rotación	Bi-direccional
Capacidad de carga	600 kg máx
Potencia 6	-9,5 KW

Alternativa 2. HEPU POWER TECHNOLOGY CO., LTDA.

Tabla 2. Características motor Hepu

El modelo	HPQ15-96V
La tensión nominal (CC)	96
La potencia nominal (kW)	15
Pico de potencia (kW)	120
La velocidad nominal (rpm).	3000r/min.
Pico de velocidad (RPM).	6500R/min.
Amperios (A)	170
Frecuencia (Hz)	102
Marca	HEPU

Alternativa 3. EMRAX 228

Tabla 3. Características motor EMRAX

Peso del motor eléctrico	11,5 kg
Controlador DC/AC	SAC-40
Potencia máxima del motor	40kW - 68 HP
Tensión nominal	200 V DC
Par continuo/pico	130 Nm / 250 Nm
Velocidad del motor	1900 rpm
Capacidad de energía 8	kW

Costo: Este parámetro permite evaluar los costos originados, de tipo monetario, representado en la adquisición de los productos.

Eficiencia: Es la capacidad que se da para cumplir y trabajar al máximo rendimiento en una función adecuada.

Adaptabilidad: Es la calidad de ajuste y acoplamiento, que se da, de un elemento en otro.

Facilidad de mantenimiento: Es el mantenimiento que se debe dar a un producto delimitado.

Voltaje Pico: Es la máxima capacidad física que se da en un circuito eléctrico, de un determinado elemento o producto.

En primer lugar, se realiza un recuento de las constantes y variables de cálculo de este diseño.

Una vez definido todos los criterios se procede a jerarquizar en el siguiente orden:

1. Costo
2. Eficiencia
3. Voltaje Pico
4. Facilidad de mantenimiento
5. Adaptabilidad

Los criterios de valoración que se consideraron son:

- a) Al adquirir tecnología de punta para el desarrollo del proyecto los costos son elevados y es una fuerte limitante para alcanzar los resultados esperados.

- b) Alta eficiencia considera los aspectos que permitan la obtención de la autonomía requerida.
- c) Voltaje pico adecuado que garantice el funcionamiento del sistema.
- d) Procesos de mantenimiento que procuren la fiabilidad del automotor.
- e) El objetivo del proyecto es la adaptabilidad del motor eléctrico al vehículo modificado.

Tabla 4. Valoraciones

Costo > Eficiencia > Voltaje Pico > Facilidad de mantenimiento = Adaptabilidad						
Criterio	Eficiencia	Voltaje Pico	Facilidad de mantenimiento	Adaptabilidad	Σ +	Ponderado
Costo	1	1	1	1	5	0.333
Eficiencia	0	1	1	1	4	0.267
Voltaje Pico	0	0	1	1	3	0.200
Facilidad de mantenimiento	0	0	0	0.5	1.5	0.100
Adaptabilidad	0	0	0	0.5	1.5	0.100
Total					15	1

Según la evaluación del criterio de costo, la alternativa 2, tiene una ponderación mayor que la alternativa 1 y que la 3, concluyendo que el motor de Marca HEPU POWER TECHNOLOGY CO., LTDA. es más accesible que el de tipo Monternigy Drive y que el EMRAX 228.

Tabla 5. Evaluación del criterio de costo

Alternativa 2 > Alternativa 1 = Alternativa 3					
Costo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Σ +	Ponderado
Alternativa 1		0	0,5	1,5	0,25
Alternativa 2	1		1	3	0,5
Alternativa 3	0	0,5		1,5	0,25
Total				6	1

En la evaluación planteada referente al criterio de Eficiencia, se concluye que las 3 alternativas tienen características similares

Tabla 6. Evaluación del criterio de Eficiencia

Alternativa 1 = Alternativa 2 = Alternativa 3					
Eficiencia	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Σ +1	Ponderado
Alternativa 1		0.5	0.5	2	0.333
Alternativa 2	0.5		0.5	2	0.333
Alternativa 3	0.5	0.5		2	0.333
Total				6	1.000

El análisis del voltaje pico determina que la alternativa 2 y 3 tienen un voltaje pico similar, en tanto que la alternativa 1 es menor.

Tabla 7. Evaluación del criterio del voltaje pico

Alternativa 2 = Alternativa 3 > Alternativa 1					
Voltaje Pico	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+$	Ponderado
Alternativa 1		0	0	1	0,166
Alternativa 2	1		0,5	2,5	0,417
Alternativa 3	1	0,5		2,5	0,417
Total				6	1,000

La evaluación de mantenimiento considero rotación de repuestos, procesos de mantenimiento y aspectos técnicos del motor con lo cual la alternativa 1 y 2 tienen iguales valores, la opción 3 se encuentra muy por debajo.

Tabla 8. Evaluación del criterio de mantenimiento

Alternativa 1 = Alternativa 2 > Alternativa 3					
Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+$	Ponderado
Alternativa 1		0,5	1	2,5	0,417
Alternativa 2	0,5		1	2,5	0,417
Alternativa 3	0	0		1	0,166
Total				6	1,000

Según la propuesta planteada referente al criterio de Adaptabilidad, se concluye que las opciones tienen similares cualidades ya que estos motores son exclusivamente para la implementación en vehículos que se quieren convertir a eléctricos.

Tabla 9. Evaluación del criterio de adaptabilidad

Alternativa 1 = Alternativa 2 = Alternativa 3					
Adaptabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+$	Ponderado
Alternativa 1		0,5	0,5	2	0,333
Alternativa 2	0,5		0,5	2	0,333
Alternativa 3	0,5	0,5		2	0,333
Total				6	1,000

De los resultados obtenidos considerando los criterios de análisis se toma como prioridad la alternativa 2 - Hepu Power Technology Co., Ltda.

Tabla 10: Tabla de conclusiones

Conclusiones	Costo	Eficiencia	Volaje Pico	Mantenimiento	Adaptabilidad	$\Sigma+$	Ponderado
Alternativa 1	0.08325	0.08891	0.0332	0.0417	0.0333	1.28036	0.32
Alternativa 2	0.1665	0.08891	0.0834	0.0417	0.0333	1.41381	0.35
Alternativa 3	0.08325	0.08891	0.0834	0.0166	0.0333	1.30546	0.33
Total						4	1,000

Los datos técnicos del motor seleccionado establecen 15Kw de potencia para lo cual se va a justificar que el valor dado cumple con los requerimientos del sistema de la siguiente manera.

$$P_{\text{máx}} = 1050 \text{ Kg} \cdot g \cdot \text{pesaje}$$

Dónde:

Potencia Máxima = P_{máx}.

F_{máx}. = 1050 Kg dato originado del pesaje del auto después de las respectivas modificaciones

V_{máx}. = Velocidad máxima en las zonas urbanas es de 50 km/h = 13.889 m/seg. (ANT, 2019)

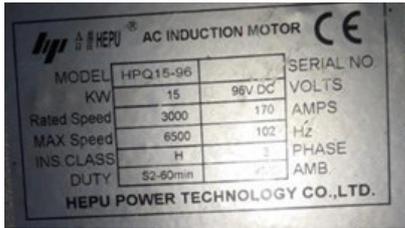


Figura 3-. Placa del motor eléctrico [12]

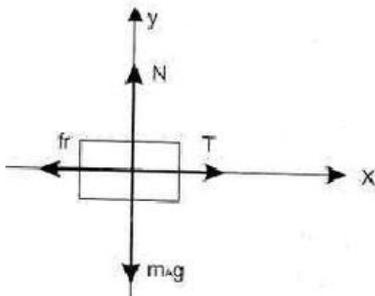


Figura 4. Diagrama de cuerpo libre

Tabla 11. Valores promedio del coeficiente de fricción longitudinal

Superficie de Rodamiento	Valor máximo de μ	Valor de deslizamiento de μ
Asfalto Seco	0,8 - 0,9	0,75
Hormigón Seco	0,8 - 0,9	0,76
Asfalto húmedo	0,5 - 0,7	0,45 - 0,6
Hormigón húmedo	0,8	0,7
Grava	0,6	0,55
Nieve	0,2	0,15
Hielo	0,1	0,07

$$\sum \square\square = \square$$

$$N - m \cdot g = 0$$

$$N = m \cdot g$$

$$N = 1050 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$N = 10290 \text{ N}$$

$$\sum \square\square = \square$$

$$T - Fr = 0$$

$$T = Fr$$

$$T = \mu N$$

$$T = 0.9 \cdot 10290 \text{ N}$$

$$T = 9261 \text{ N} = 944.4 \text{ kgf}$$

$$\square\square \dot{\square} = 944.4 \text{ Kg} \times 13.889 \text{ m/seg}$$

$$= 13116.77 \text{ W} = 13.116 \text{ KW}$$

Número de baterías.

Se selecciona la batería con la relación del voltaje del motor y voltaje de la batería.

V = voltaje del motor = 96 Voltios.

v = voltaje de cada batería = 12 Voltios

N = Número de baterías

Obteniendo un total de ocho baterías

Autonomía del Vehículo

La autonomía se determina de la siguiente manera:

- $V_{\text{máx.}}$ = Velocidad máxima en las zonas urbanas es de 50 km/h = 13.889 m/seg. Valor referencial tomado de la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador
- C : Corriente de cada batería (A): 37.5 A
- Capacidad Nominal de la Batería: 150 Ah
- T : Tiempo de Autonomía (s)
- d : Distancia de Autonomía (m)

Como no se tiene el tiempo de autonomía se procede a determinar de la siguiente manera, tal y como lo muestra la Figura 5.

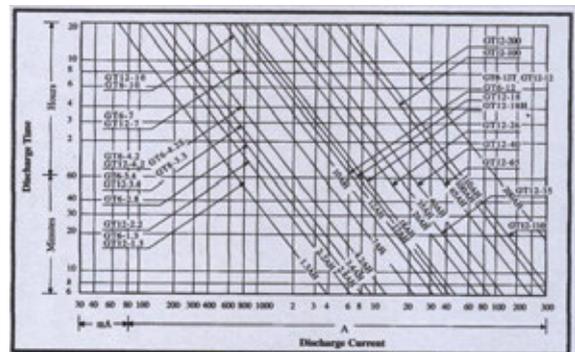


Figura 5. Corriente vs tiempo de descarga para motores

En base a la corriente de descarga que es de 37.5 Amperios y la Capacidad Nominal de la

Batería: 150 Ah, se determina que el Tiempo de Descarga de la Batería es de 3 Horas.

Una vez determinado el Tiempo de Autonomía nominal de 3 horas, se procede a determinar

la Distancia de ideal de recorrido de la siguiente manera:

$$\square = \square \square \square$$

$$\square = 3 \text{ horas}$$

$$\square = 50 \text{ Km/h}$$

2. Conclusiones

Basados en los criterios de selección costo, eficiencia, adaptabilidad, mantenimiento y voltaje pico, determinamos que la fuente con mayor poder para el vehículo Volksrod es el motor marca Hepu Power Techonology Co., Ltda.

Se consideró distintos tipos de escenarios en las pruebas de ruta, obteniendo que en 21 Km de recorrido las baterías evidenciaron un 25% de desgaste, permitiendo determinar que el vehículo en terreno plano podrá llegar a los 84 Km antes de una descarga total de las baterías y en tramos sinuosos en un recorrido de 26 Km un desgaste del 40%, por lo que a los 65 Km de recorrido las baterías requieren carga.

Las 8 baterías permitirán alcanzar distancias cortas como Ambato - Baños, dentro de los márgenes establecidos de velocidad en un rango promedio de 50 km/h, con una potencia máxima de 15 KW y durabilidad de 3 horas, para lo cual se tiene tres opciones de abastecimiento de energía , la primera con una toma directa con un tiempo de carga de 2 horas, la segunda con una toma a 220v con un tiempo de carga de 4 horas y la tercera con una toma de 110v con el tiempo de carga de 6 horas.

3. Referencias

- [1] Electromovilidad., «<http://electromovilidad.net/>,» 2020. [En línea]. Available: <http://electromovilidad.net/tipos-de-motores-electricos/>. [Último acceso: 02 2020].
- [2] S. SIMON, «simon,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.simonelectric.com/blog/el-vehiculo-electrico-elementos-principales-y-funcionamiento>. [Último acceso: 2019].
- [3] M. Daniel, «Los motores son también clave en el desarrollo del coche eléctrico; no todo es cuestión de baterías,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.motorpasion.com/tecnologia/los-motores-son-tambien-clave-en-el-desarrollo-del-coche-electrico-no-todo-es-cuestion-de-baterias>. [Último acceso: 12 12 2019].
- [4] A. Ramos y F. Soto, «Propuesta del prototipode un vehículo eléctrico sustentable,» de Propuesta del prototipode un vehículo eléctrico sustentable,

México, Autor-Editor, 2013.

- [5] forococheselétricos, «forococheselétricos,» 2019. [En línea]. Available: <https://forococheselétricos.com/2011/11/motor-electrico-versus-motor-de.html>. [Último acceso: 2019].
- [6] leaseplan, «leaseplan,» 21 12 2017. [En línea]. Available: <https://www.leaseplango.es/blog/comparativa/coche-combustion-vs-coche-electrico-gana/#:~:text=En%20el%20motor%20de%20combusti%C3%B3n,se%20requieren%20bobinas%20m%C3%A1s%20grandes..> [Último acceso: 2019].
- [7] Cabrera Paredes, A. X., & Calle Pérez, C. R. (2016). Selección del motor eléctrico, controlador y batería para el vehículo Formula SAE de la Universidad Politécnica Salesiana (Bachelor's thesis).
- [8] Rocha-Hoyos, J., Tipanluisa, L. E., Reina, S. W., & Ayabaca, C. R. (2017). Evaluación del Sistema de Tracción en un Vehículo Eléctrico Biplaza de Estructura Tubular. Información tecnológica, 28(2), 29-36.
- [9] Verucchi, C., Bossio, G., García, G., & Ruschetti, C. (2007). Algunas pautas para la selección de motores de propulsión en vehículos eléctricos. XII Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, Río Gallegos, 16.
- [10] Sanmillan Blasco, M. (2020). Concepcion y desarrollo de la tracción eléctrica de un vehículo Formula Student (Doctoral dissertation).
- [11] Durán, M., & Guerrero-Ramírez, G. (2009). Determinación de los requerimientos de par, velocidad angular y potencia para el motor de un vehículo electrico. sign, 1, 0.
- [12] Cadena, J. R. A., Erazo, F. A. V., Erazo, C. M. V., & Avila, J. S. O. (2020). INSTALACIÓN DE UN MOTOR ELÉCTRICO PARA PROPULSIÓN DE UN VEHÍCULO Y ACOPLE A SU SISTEMA DE TRANSMISIÓN. TECH CARLOS CISNEROS, 1(01).

4. Biografía



¹Juan Ballesteros. – Maestría en Seguridad Industrial Mención Prevención de Riesgos y Salud Ocupacional (Universidad Nacional de Chimborazo), Diplomado Superior en Currículo por Competencias (Universidad Técnica de Ambato), Ingeniero de Ejecución en Mecánica Automotriz (Escuela Politécnica del Ejército), Docente de Mecánica Automotriz en el Instituto Superior Tecnológico Guayaquil.



²Vladimir Miranda. – Maestrante de Pedagogía con mención en Educación Técnica Tecnológica (Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ambato), Ingeniero Automotriz (Escuela Superior Politécnica del Chimborazo). Diplomado en Gestión del Mantenimiento, Formador de formadores, Docente de Mecánica Automotriz en el Instituto Superior Tecnológico Guayaquil.



³Lizbeth Bayas. - Ingeniera en Marketing y Gestión de Negocios (Universidad Técnica de Ambato), Formador de formadores, Diseño de experiencia en Servicios, Asesora de admisión por la Universidad Autónoma de Los Andes UNIANDES



⁴Diego H. Punina. – Ingeniero Automotriz (Escuela Superior Politécnica del Chimborazo). Diplomado en Gestión del Mantenimiento, Formador de formadores, Docente de Mecánica Automotriz en el Instituto Superior Tecnológico Guayaquil.

REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN

Fecha recepción 30 octubre 2020

Fecha aceptación 05 Diciembre 2020