

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERIA

**EFICIENCIA Y TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA:
MODIFICACIÓN DE UNA MOTOCICLETA DE COMBUSTIÓN
INTERNA A ENERGÍA ELÉCTRICA**

Luis Neptali Borja Martínez

Roque Raúl Navas Gallegos

Gonzalo Tayupanta, M.Sc., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Licenciado en
Electromecánica Automotriz

Quito, mayo de 2013

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias e Ingeniería**

HOJA DE APROBACION DE TESIS

**EFICIENCIA Y TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA:
MODIFICACIÓN DE UNA MOTOCICLETA DE COMBUSTIÓN
INTERNA A ENERGÍA ELÉCTRICA**

**Luis Borja Martínez
Roque Navas Gallegos**

Gonzalo Tayupanta Noroña M.Sc.
Director de la Tesis

Ximena Córdova PhD.
Decana del Colegio de Ciencias e Ingeniería

Omar Fiallos Ing.
Miembro del Comité de Tesis

Quito, 15 de mayo de 2013

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certificamos que hemos leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estamos de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Así mismo, autorizamos a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Luis Borja Martínez

C. I.: 172176332-2

Firma:

Nombre: Roque Navas Gallegos

C. I.: 172054437-6

Fecha: Quito, mayo de 2013

Resumen

En la época actual es una tendencia global buscar una verdadera autonomía y vehículos más eficientes con emisiones que se acerquen o lleguen a cero, en los últimos años los vehículos eléctricos se han presentado como una gran solución para las demandas de bajas emisiones y buena autonomía. El propósito de este proyecto final es el de llevar a cabo la adaptación de un motor eléctrico en una motocicleta propulsada por un motor de ciclo Otto, por medio de este cambio se busca realizar un análisis de eficiencia energética y autonomía en un prototipo de una motocicleta eléctrica. Dentro del proceso que se llevó a cabo para la modificación de la motocicleta se tomó en cuenta factores importantes como potencia del motor, voltaje, consumo, junto con el desarrollo de un sistema de recarga para aumentar la autonomía del vehículo. Como parte final del proyecto se realizaron pruebas con el motor eléctrico para poder realizar una comparación, fundamentada con datos, en la que se determinará si en verdad los vehículos eléctricos presentan una mejora en eficiencia y autonomía energética en relación a los motores movilizadas por combustibles fósiles, así como que tan factible es la realización de un vehículo eléctrico autónomo sin emisiones contaminantes.

Abstract

In our days a global trend has appeared, the search of more efficient, more autonomous vehicles with less emissions, approaching zero. In the last few years, electric vehicles have appeared as a great solutions to the low emission and great autonomy as the more important demands of the costumers and companies worldwide have develop their own prototypes. The propose of this final project is to successfully adapt an electric motor into a gas motorcycle with an Otto cycle engine, the goal of the engine change is to analyze the energy efficiency and autonomy of a fully functional prototype electric vehicle. As a part of the modification process many factors have to been studied, for example engine power, voltage, and consumption in order to develop a recharge system that is able to increase the autonomy of the vehicle without increasing the emissions. As final part of the project, a series of test with the electric engine will take place in order to collect enough data to make a comparison which will reveal if electric vehicles actually have a better autonomy and electric efficiency than a gasoline propelled engine and how feasible is the building of a fully autonomous electric vehicle without emissions.

Tabla de contenido

1	OBJETIVO GENERAL:	1
2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	1
3	INTRODUCCIÓN:	2
4	CAPÍTULO I: MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	3
4.1	Tipos de Motores de Combustión Interna	3
4.1.1	Motores cíclicos Otto.....	3
4.1.2	Motores de dos tiempos.....	4
4.1.3	Motor rotatorio.....	5
4.1.4	Partes del motor.....	6
4.1.5	Funcionamiento.....	7
4.2	Termodinámica	9
4.2.1	Principios de la Termodinámica.....	10
4.3	Eficiencia de un motor de Combustión Interna	11
5	CAPÍTULO II: MOTORES ELÉCTRICOS	13
5.1	Introducción	13
5.2	Tipos de Motores Eléctricos	13
5.2.1	Motores de Corriente Continua.....	14
5.3	Motores de Corriente Alterna	19
5.3.1	Tipos de Motores de corriente alterna.....	20
5.4	El generador o alternador	21
5.4.1	Funcionamiento.....	21
5.5	Eficiencia y pérdidas de un motor eléctrico	26
5.5.1	Pérdidas.....	26
6	CAPÍTULO III: BATERÍAS Y SISTEMA START STOP	29

6.1	Baterías.....	29
6.1.1	Definición	29
6.1.2	Tipos	29
6.1.3	Cuadro comparativo de distintos tipos de baterías.....	33
6.2	Electromagnetismo.....	33
6.2.1	Leyes del Electromagnetismo	34
6.3	Campo magnético.....	34
6.4	Freno Regenerativo	34
6.5	Sistema Start-stop	39
7	CAPÍTULO IV: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA MOTOCICLETA	41
8	CAPÍTULO V: MODIFICACIONES.....	43
8.1	Elección de nuevos componentes.....	44
8.1.1	Motor eléctrico de corriente continua	44
8.1.2	Baterías	44
8.2	Materiales Utilizados.....	45
8.2.1	Motocicleta tipo Scooter marca Jialing	45
8.2.2	Motor eléctrico marca Yale.....	46
8.2.3	Alternador marca Valeo	46
8.2.4	Baterías marca Bosch (Tipo Plomo - Acido)	47
8.2.5	Cargador de Baterías marca Black & Decker	48
8.3	Proceso de Modificación	49
9	CAPÍTULO V: PRUEBAS DE RENDIMIENTO	57
9.1	Estudio Económico.....	57
9.2	Estudio Ambiental.....	59
10	CÁLCULOS.....	62
10.1.1	Cálculo de Consumo de combustible.....	62
10.1.2	Cálculo de conversión de potencia del motor eléctrico	62
10.1.3	Cálculo de Potencia	63

10.1.4	Consumo.....	63
10.1.5	Velocidad máxima teórica	63
11	CONCLUSIONES.....	65
12	RECOMENDACIONES.....	66
13	ANEXOS	67
14	GLOSARIO.....	70
15	INDICE.....	79
16	BIBLIOGRAFÍA	80

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Tiempos de Ciclo Otto.....	4
Ilustración 2	Partes del motor.....	7
Ilustración 3	Comparación de eficiencia de motor de combustión y eléctrica.....	12
Ilustración 4	Esquema de motor eléctrico	14
Ilustración 5	Estator.....	15
Ilustración 6	Componentes del Rotor	15
Ilustración 7	Diagrama eléctrico de un motor Shunt.....	17
Ilustración 8	Diagrama eléctrico de un motor en serie.....	18
Ilustración 9	Diagrama eléctrico de un motor Compound	19
Ilustración 10	Componentes principales de un motor de corriente alterna	19
Ilustración 11	Motor Síncrono.....	20
Ilustración 12	Partes principales de un Alternador.....	21

Ilustración 13 Fase ON/ Motor apagado.....	24
Ilustración 14 Fase ON / batería descargada	25
Ilustración 15 Curva de eficiencia de un motor eléctrico.....	26
Ilustración 16 Porcentaje de pérdidas de un motor eléctrico.....	27
Ilustración 17 Generadores eléctricos.....	37
Ilustración 18 Diagrama de funcionamiento del freno regenerativo	37
Ilustración 19 Componentes sistema Start/Stop	39
Ilustración 20 Scooter Jialing	45
Ilustración 21 Motor Yale.....	46
Ilustración 22(izq.) Esquema alternador Valeo	46
Ilustración 23 (der) Numero de parte y especificaciones técnicas	46
Ilustración 24 Batería Bosch.....	47
Ilustración 25 Cargador de baterías	48
Ilustración 26 Esquema de disposición de elementos adaptados	49
Ilustración 27 Tanque de combustible.....	50
Ilustración 28 Desmontaje caja de cambios y motor de arranque	50
Ilustración 29 Desmontaje motor de combustión interna.....	50
Ilustración 30 Instalación de soportes para baterías	51
Ilustración 31 Instalación de soporte para motor eléctrico.....	51
Ilustración 32 Montaje de motor eléctrico en la motocicleta	51
Ilustración 33 Montaje de cadena hacia piñón trasero	52
Ilustración 34 Montaje de banda del alternador	52
Ilustración 35 Montaje de baterías.....	52
Ilustración 36 Conexión en serie de baterías de 12V	53
Ilustración 37 Montaje de cargador de baterías.....	53

Ilustración 38 Disposición del cargador en la motocicleta.....	53
Ilustración 39 Acoplamiento de interruptor de arranque.....	54
Ilustración 40 Montaje diagrama del sistema de luce	54
Ilustración 41 Montaje del pito.....	55
Ilustración 42 Montaje del sistema de frenos	55
Ilustración 43 Montaje de molduras internas	55
Ilustración 44 Montaje de molduras externas.....	56
Ilustración 45 Montaje del asiento.....	56
Ilustración 46 Gráfica de principales contaminantes.....	59
TABLA DE TABLAS	
Tabla 1 Baterías de Plomo.....	30
Tabla 2 Baterías de Níquel y Cadmio.....	31
Tabla 3 Baterías Níquel – Metal Hidruro	31
Tabla 4 Comparativa de distintos tipos de baterías	33
Tabla 5 Características de la motocicleta.....	45
Tabla 8 Costo de kilovatio/hora en el país	57
Tabla 6 Normativa internacional	60
Tabla 7 Normativa motores eléctricos eficientes	61

1 Objetivo General:

- Modificar una motocicleta propulsada por un motor de combustión interna a una motocicleta eléctrica que se regenere constantemente con su propio movimiento en la desaceleración.

2 Objetivos Específicos:

- Mejorar la eficiencia de una motocicleta a gasolina de 125 centímetros cúbicos al transformarla a eléctrica.
- Diseñar y construir una forma de transporte autónomo, en el que no sea necesario la inclusión de combustibles fósiles como la gasolina o el diesel.
- Recuperar la energía de la desaceleración y frenado, para posteriormente usarla al convertirla en movimiento.
- Disminuir la cantidad de emanaciones nocivas para el medio ambiente.
- Crear nuevos mecanismos de movilidad ciudadana, para contribuir a la disminución del tráfico en la ciudad.

3 Introducción:

La concepción del automóvil eléctrico no es nada nueva ya que se la ha venido desarrollando desde 1850, pero después del descubrimiento de los combustibles fósiles, la investigación y desarrollo de formas sustentables de movilización quedaron a la deriva.

Uno de los principales propósitos de este proyecto es contribuir con la principal problemática ecológica actual, que es la destrucción de la capa de ozono por contaminación debido a distintos tipos, la transportación es la principal causa contaminante con el 46,2% del total (Ver anexo 1)

Lo que buscamos a través de esta tesis, es una manera de desarrollar un vehículo autónomo, que no deba depender de una fuente energética extraída a partir de combustibles fósiles, para ello comenzaremos desde lo más básico, una motocicleta de combustión interna, en la que se introducirá el sistema eléctrico compuesto por: motor, alternador, transformador y baterías, para después poder aplicar la misma idea en otras formas de movilización más avanzadas.

Además se creará regeneración energética a través del propio movimiento de la motocicleta en la fase de desaceleración y frenado. En forma de diseño la idea es efectiva, pero en la vida real para poder obtener los resultados esperados se debería tener un equilibrio perfecto entre gasto y generación, es decir, que la misma cantidad energética gastada en la aceleración sea regenerada y guardada en las baterías en la fase de desaceleración y frenado.

Por condiciones de terreno esto es teóricamente imposible, así que será introducido en el sistema un cargador de baterías para que dependiendo de las condiciones de la superficie, sea conectado a cualquier toma de voltaje de 110 voltios de corriente alterna.

4 Capítulo I: Motores de combustión Interna

Se trata de cualquier tipo de máquina que obtenga energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión, la parte principal de un motor. Se utilizan motores de combustión interna de cuatro tipos: en el motor cíclico Otto, el motor diésel, el motor rotatorio y la turbina de combustión.

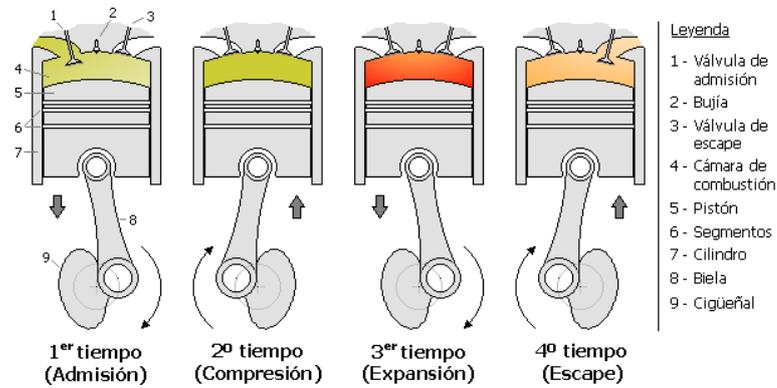
Los motores de combustión interna más comunes son: el motor Otto, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo inventó, Nikolaus August Otto, es el motor convencional de gasolina que se emplea en automoción y aeronáutica. Y el motor diésel, llamado así en honor del ingeniero alemán Rudolf Diesel, funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo. Se emplea en instalaciones generadoras de electricidad, en sistemas de propulsión naval, en camiones, autobuses y algunos automóviles. Tanto los motores Otto como los diésel se fabrican en modelos de dos y cuatro tiempos.

4.1 Tipos de Motores de Combustión Interna

4.1.1 Motores cíclicos Otto

El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos, es decir, que el ciclo completo del pistón tiene cuatro fases, dos hacia la parte alta del cilindro y dos hacia abajo. Durante la primera fase del ciclo el pistón se mueve hacia abajo mientras se abre la válvula de admisión. El movimiento del pistón durante esta fase aspira hacia dentro de la cámara la cantidad necesaria de la mezcla de combustible y aire. Durante la siguiente fase, el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro y comprime la mezcla de combustible contenida en la cámara. Cuando el pistón llega hasta el final de esta fase y el volumen de la cámara de combustión es mínimo, en la bujía se produce una chispa y la mezcla arde, expandiéndose y creando dentro del cilindro la presión que hace que el pistón se aleje; ésta es la tercera

fase. En la fase final, se abre la válvula de escape y el pistón se mueve hacia la cabeza del cilindro para expulsar los gases, quedando preparado para empezar un nuevo ciclo.



(Mecánica Virtual, 2013)

Ilustración 1 Tiempos de Ciclo Otto

*En esta ilustración, podemos observar los ciclos de funcionamiento de un motor Otto de 4 tiempos.

La eficiencia de los motores Otto modernos se ve limitada por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración. En general, la eficiencia de un motor de este tipo depende del grado de compresión, la proporción entre los volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión. Esta proporción suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano.

4.1.2 Motores de dos tiempos

Con un diseño adecuado puede conseguirse que un motor Otto o diésel funcione a dos tiempos, con un tiempo de potencia cada dos fases en lugar de cada cuatro fases.

La eficiencia de este tipo de motores es menor que la de los motores de cuatro tiempos, lo que implica que la potencia que producen es menor que la mitad de la que produce un motor de cuatro tiempos de tamaño similar.

El principio general del motor de dos tiempos es la reducción de la duración de los periodos de absorción de combustible y de expulsión de gases a una parte mínima de uno de los tiempos, en lugar de que cada operación requiera un tiempo completo.

El diseño más simple de motor de dos tiempos utiliza, en lugar de válvulas de cabezal, las válvulas deslizantes u orificios (que quedan expuestos al desplazarse el pistón hacia abajo).

En los motores de dos tiempos la mezcla de combustible y aire entra en el cilindro a través del orificio de aspiración cuando el pistón está en la posición más alejada del cabezal del cilindro.

La primera fase es la compresión, en la que se enciende la carga de mezcla cuando el pistón llega al final de la fase. A continuación, el pistón se desplaza hacia abajo en la fase de explosión, abriendo el orificio de expulsión y permitiendo que los gases salgan de la cámara.

4.1.3 Motor rotatorio

En la década de 1950, el ingeniero alemán Félix Wankel inventó un motor de combustión interna con un diseño revolucionario, que utilizaba un rotor triangular que gira dentro de una cámara ovalada, en lugar de un pistón y un cilindro. La mezcla de aire-combustible es absorbida a través de un orificio de aspiración y queda atrapada entre una de las caras del rotor y la pared de la cámara. La rotación del rotor comprime la mezcla,

que se enciende con una bujía. Los gases se expulsan a través de un orificio de expulsión con el movimiento del rotor.

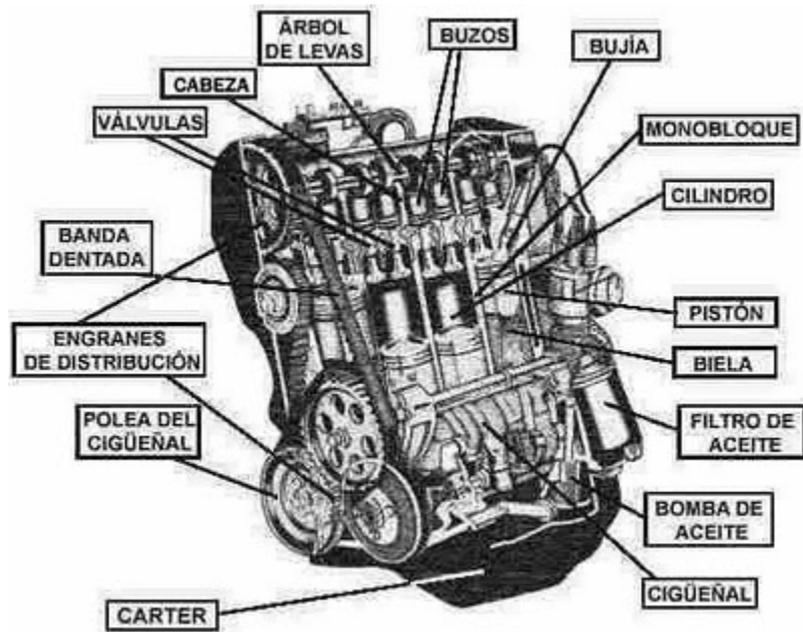
El ciclo tiene lugar una vez en cada una de las caras del rotor, produciendo tres fases de potencia en cada giro.

El motor de rotatorio es compacto y ligero en comparación con los motores de pistones, por lo que ganó importancia durante la crisis del petróleo en las décadas de 1970 y 1980. Además, funciona casi sin vibraciones y su sencillez mecánica permite una fabricación barata.

No requiere mucha refrigeración, y su centro de gravedad bajo aumenta la seguridad en la conducción.

4.1.4 Partes del motor

Los motores Otto y los diesel tienen los mismos elementos principales. La cámara de combustión es un cilindro, por lo general fijo, cerrado en un extremo y dentro del cual se desliza un pistón muy ajustado al interior. La posición hacia dentro y hacia fuera del pistón modifica el volumen que existe entre la cara interior del pistón y las paredes de la cámara. La cara exterior del pistón está acoplada por un eje al cigüeñal, que convierte en movimiento rotatorio el movimiento lineal del pistón. En los motores de varios cilindros el cigüeñal tiene una posición de partida, llamada espiga de cigüeñal y conectada a cada eje, con lo que la energía producida por cada cilindro se aplica al cigüeñal en un punto determinado de la rotación. Los cigüeñales cuentan con pesados volantes y contrapesos cuya inercia reduce la irregularidad del movimiento del eje. Un motor puede tener de 1 a 28 cilindros dependiendo de su uso.



(Giliardi, 1985)

Ilustración 2 Partes del motor

*En esta ilustración, podemos observar la ubicación de los componentes principales componentes de un motor Otto

4.1.5 Funcionamiento

El funcionamiento inicia en el sistema de bombeo de combustible, que consta de un depósito, una bomba de combustible y un dispositivo que vaporiza o atomiza el combustible líquido. Se llama carburador al mecanismo utilizado con este fin en los motores Otto. En los motores de varios cilindros el combustible vaporizado se conduce a los cilindros a través de un tubo ramificado llamado múltiple de admisión. Además, cuentan con un colector o múltiple de escape o de expulsión, que transporta los gases producidos en la combustión hacia el exterior. Cada cilindro toma el combustible y expulsa los gases a través de válvulas de cabezal o válvulas deslizantes. Un muelle mantiene

cerradas las válvulas hasta que se abren en el momento adecuado, al actuar las levas de un árbol de levas rotatorio movido por el cigüeñal.

En la década de 1980, este sistema de alimentación de una mezcla de aire y combustible fue desplazado por otros sistemas de inyección más elaborados ya utilizados en los motores diésel. En la actualidad, estos sistemas son controlados por computadora, y se consigue un aumento de ahorro de combustible y una gran reducción a la emisión de gases tóxicos.

Existen distintas formas de iniciar la ignición del combustible dentro del cilindro, el más usado es el sistema de ignición llamado bobina de encendido, es una fuente de corriente eléctrica continua, de bajo voltaje conectada al primario de un transformador. La corriente se corta muchas veces por segundo con un temporizador. Las fluctuaciones de la corriente del primario inducen en el secundario una corriente de alto voltaje, que se conduce a cada cilindro a través de un interruptor rotatorio llamado distribuidor. El dispositivo que produce la ignición es la bujía, un conductor fijado a la pared superior de cada cilindro. La bujía contiene dos hilos separados entre los que la corriente de alto voltaje produce un arco eléctrico que genera la chispa que enciende el combustible dentro del cilindro. (Hernández, 2008)

Dado que la combustión produce calor, todos los motores deben disponer de algún tipo de sistema de refrigeración. La forma más utilizada de refrigeración es a través de un radiador que contiene refrigerante, el mismo que atrapa y disipa el calor, pero en algunos motores estacionarios de automóviles, aviones y de motores fuera de borda se refrigeran con aire, los cilindros de los motores que utilizan este sistema cuentan en el exterior con un conjunto de láminas de metal que emiten el calor producido dentro del cilindro.

4.2 Termodinámica

Proviene de los vocablos *thermos* “caliente”, el sustantivo *dinamos* que es equivalente a “fuerza” o a “poder”, y el sufijo *-ico* que significa “relativo a”. (RAE, 2013)

Se define como la rama de la física que hace foco en el estudio de los vínculos existentes entre el calor y las demás variedades de energía. Analiza por lo tanto, los efectos que poseen a nivel macroscópico las modificaciones de temperatura, presión, densidad, masa y volumen en cada sistema.

(Cengel, 1966)

El desarrollo de la termodinámica comenzó en la época de la revolución industrial, fue entonces cuando la invención de la máquina de vapor inicio un cambio monumental en nuestra civilización. Las primeras máquinas de vapor eran dispositivos primitivos que operaban con poca eficiencia, así que los científicos de la época fueron convocados para examinar las leyes físicas que regían a estas máquinas.

Este llamado fue lo que impulso las primeras actividades en el campo de la termodinámica y los resultados de estas investigaciones tuvieron consecuencias perdurables que aun influyen en las ciencias físicas y biológicas.

Una máquina de vapor es un ejemplo de una máquina térmica definida como cualquier dispositivo que convierte la energía térmica en energía mecánica. La máquina de vapor se ajusta a esta descripción, lo mismo que el motor de gasolina, que emplea la energía térmica generada por la combustión de la gasolina. Otras máquinas más exóticas, que emplean el calor del sol o de reactores nucleares también son máquinas de calor.

4.2.1 Principios de la Termodinámica

Los principios de la termodinámica tienen una categoría fundamental para todas las ramas de la ciencia, en especial para nuestro análisis es indispensable conocer acerca del porque la ineficiencia de los motores de combustión interna.

Principio Cero de la Termodinámica

Cuando dos sistemas están en equilibrio mutuo, comparten una determinada propiedad, esta propiedad puede medirse y se le puede asignar un valor numérico definido.

El principio cero afirma que si dos sistemas distintos están en equilibrio termodinámico con un tercero, también tienen que estar en equilibrio entre sí. Esta propiedad compartida en el equilibrio es la temperatura.

Si uno de estos sistemas se pone en contacto con un entorno infinito situado a una determinada temperatura, el sistema acabará alcanzando el equilibrio termodinámico con su entorno, es decir, llegará a tener la misma temperatura que éste.

4.2.1.1 Primer principio de la termodinámica

Cuando un sistema se pone en contacto con otro más frío que él, tiene lugar un proceso de igualación de las temperaturas de ambos, el primer principio de la termodinámica identifica el calórico, o calor, como una forma de energía. Puede convertirse en trabajo mecánico y almacenarse, pero no es una sustancia material. Experimentalmente Cengel demostró que el calor, que originalmente se medía en unidades llamadas calorías, y el trabajo o energía, medidos en julios, eran completamente equivalentes. (Cengel, 1966)

El primer principio es una ley de conservación de la energía. Afirma que, como la energía no puede crearse ni destruirse; la cantidad de energía transferida a un sistema en

forma de calor, más la cantidad de energía transferida en forma de trabajo sobre el sistema debe ser igual al aumento de la energía interna del sistema. El calor y el trabajo son dispositivos por los que los sistemas intercambian energía entre sí.

4.2.1.2 Segundo principio de la termodinámica

La segunda ley afirma que la entropía, o sea, el desorden, de un sistema aislado nunca puede decrecer. Por tanto, cuando un sistema aislado alcanza una configuración de máxima entropía, ya no puede experimentar cambios: ha alcanzado el equilibrio. La naturaleza parece pues preferir el desorden y el caos. Puede demostrarse que el segundo principio implica que, si no se realiza trabajo, es imposible transferir calor desde una región de temperatura más baja a una región de temperatura más alta.

4.2.1.3 Tercer principio de la termodinámica

Afirma que el cero absoluto no puede alcanzarse por ningún procedimiento que conste de un número finito de pasos. Es posible acercarse indefinidamente al cero absoluto, pero nunca se puede llegar a él. (Moran, 2004)

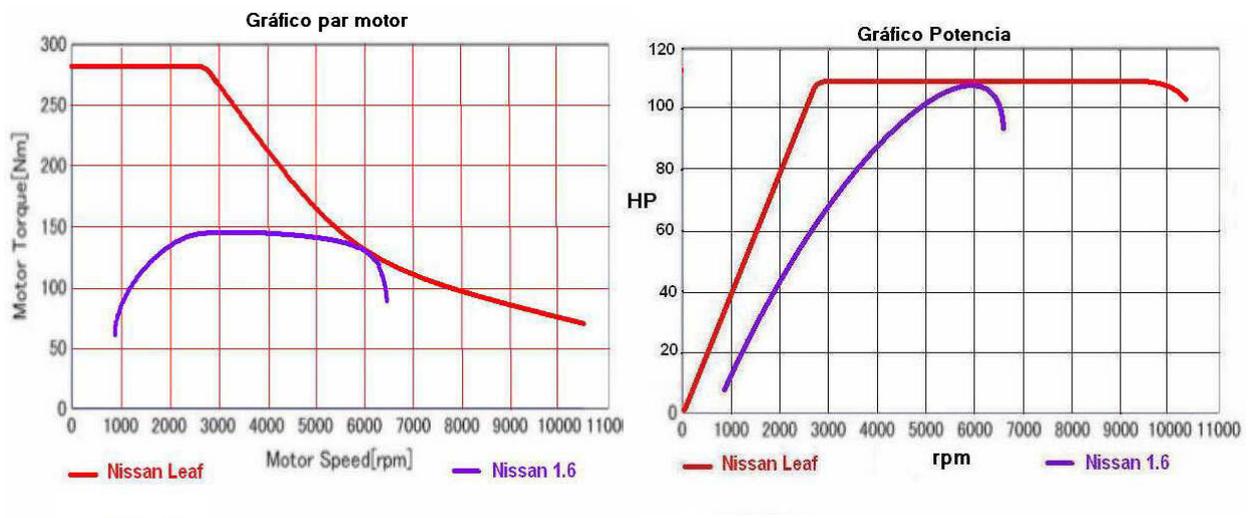
4.3 Eficiencia de un motor de Combustión Interna

“Un motor térmico de eficiencia perfecta realizaría un ciclo ideal en el que todo el calor se convertiría en trabajo mecánico.”

El científico francés del siglo XIX Sadi Carnot, que concibió un ciclo termodinámico que constituye el ciclo básico de todos los motores térmicos, demostró que no puede existir ese motor perfecto. Cualquier motor térmico pierde parte del calor suministrado.

La eficiencia de los motores Otto modernos se ve limitada por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción, refrigeración y forma de manejo. En general, la eficiencia de un motor de este tipo depende de la relación de compresión, la proporción entre los volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión.

La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a un 25%: sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica y las principales pérdidas se dan en fricción y refrigeración.



(Nissan Company, 2013)

Ilustración 3 Comparación de eficiencia de motor de combustión y eléctrica

*En esta grafica podemos observar las curvas de torque y potencia, en la cual en color rojo podemos constatar que existe mayor eficiencia en un motor eléctrico que en uno de combustión interna. (Ver anexo 3)

5 Capítulo II: Motores Eléctricos

Un motor eléctrico es un dispositivo que funciona con corriente alterna o directa y se encarga de convertir la energía eléctrica en movimiento o energía mecánica, desde su invención, los motores eléctricos han pasado a ser herramientas muy útiles que sirven para realizar múltiples trabajos.

Se les encuentra en aplicaciones diversas, tales como: ventiladores, bombas, equipos electrodomésticos, automóviles, etc.

5.1 Introducción

Todo motor se basa en la idea de que el magnetismo produce una fuerza física que mueve los objetos. En dependencia de como se encuentren alineados los polos de un imán, así podrá atraer o rechazar otro imán.

En los motores se utiliza la electricidad para crear campos magnéticos que se opongan entre sí, de tal modo que hagan moverse su parte giratoria, llamado rotor.

En el rotor se encuentra un cableado, llamado bobina, cuyo campo magnético es opuesto al de la parte estática del motor, este campo magnético lo generan imanes permanentes, precisamente la acción repelente a dichos polos opuestos es la que hace que el rotor comience a girar dentro del estator.

Si el mecanismo terminara allí, cuando los polos se alinearan el motor se detendría. Por ello, para que el rotor continúe moviéndose es necesario invertir la polaridad del electroimán.

5.2 Tipos de Motores Eléctricos

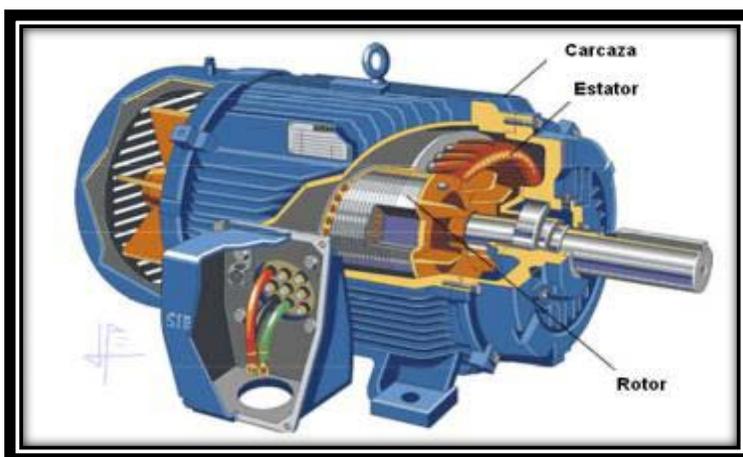
Se diferencian principalmente por la forma en la que se realiza el cambio de polaridad del electroimán.

5.2.1 Motores de Corriente Continua

El principio de funcionamiento de los motores eléctricos de corriente directa o continua se basa en la repulsión que ejercen los polos magnéticos de un imán permanente cuando, interactúan con los polos magnéticos de un electroimán que se encuentra montado en un eje. Éste electroimán se denomina “rotor” y su eje le permite girar libremente entre los polos magnéticos norte y sur del imán permanente situado dentro de la carcasa o cuerpo del motor.

Cuando la corriente eléctrica circula por la bobina de este electroimán giratorio, el campo electromagnético que se genera interactúa con el campo magnético del imán permanente. Si los polos del imán permanente y del electroimán giratorio coinciden, se produce un rechazo y un torque magnético o par de fuerza que provoca que el rotor rompa la inercia y comience a girar sobre su eje en el mismo sentido de las manecillas del reloj en unos casos, o en sentido contrario, de acuerdo con la forma que se encuentre conectada al circuito la pila o la batería.

Componentes:

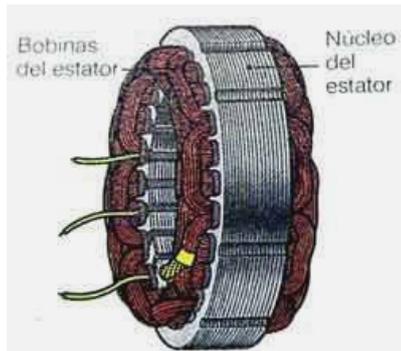


(Lobosco, 1989)

Ilustración 4 Esquema de motor eléctrico

*Partes principales de un motor eléctrico

Estator: Es el que crea el campo magnético fijo, al que le llamamos excitación. En los motores pequeños se consigue con imanes permanentes. Cada vez se construyen imanes más potentes, y como consecuencia aparecen en el mercado motores de excitación permanente, mayores.

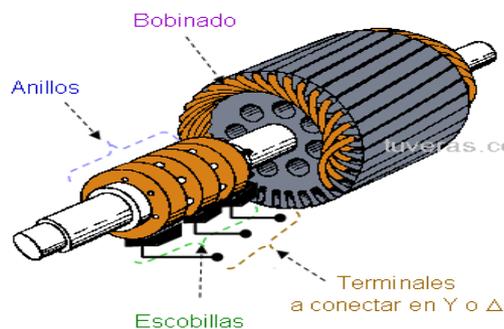


(Kosow, 1993)

Ilustración 5 Estator

*En esta imagen podemos identificar los dos principales componentes del estator: el núcleo y las bobinas del estator

Rotor: También llamado armadura, lleva las bobinas cuyo campo crea, junto al del estator, el par de fuerzas que le hace girar. Inducido de corriente continua.



(Motores electricos, 2013)

Ilustración 6 Componentes del Rotor

*En esta imagen podemos identificar los componentes principales del Rotor

Escobillas: Normalmente son dos tacos de grafito que hacen contacto con las bobinas del rotor. A medida que éste gira, la conexión se conmuta entre unas y otras bobinas, debido a ello se producen chispas que generan calor. Las escobillas se fabrican normalmente de grafito y su nombre se debe a que los primeros motores llevaban en su lugar unos paquetes hechos con alambres de cobre dispuestos de manera que al girar el rotor "barrían", como pequeñas escobas, la superficie sobre la que tenían que hacer contacto.

Colector: Se denomina a los contactos entre escobillas y bobinas del rotor se llevan a cabo intercalando una corona de cobre partida en sectores.

5.2.1.1 Tipos de motores de Corriente Continua

Se clasifican de acuerdo al tipo de bobinado del campo como motores Serie, Shunt y Compuesto (Compound). Sin embargo algunos de ellos pueden ser auto excitados o de excitación separada o pueden tener campos de imán permanente.

Ellos muestran curvas muy diferentes de torque-velocidad y se conectan en diferentes configuraciones para diferentes aplicaciones. (Lobosco, 1989)

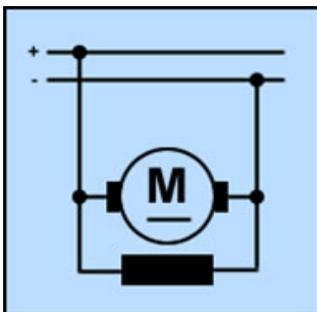
Algunos motores de corriente continua utilizan imán permanente como campo principal, especialmente los de potencia (HP) fraccionada (1/4,1/2,3/4) y baja potencia.

Los motores de imán permanente tienen la ventaja de no requerir una fuente de potencia para el campo, pero tienen la desventaja de ser susceptibles a la desmagnetización por cargas de choque eléctricas o mecánicas. Los campos de imán permanente no se pueden ajustar para entonar el motor para ajustarse a la aplicación, como pueden los de campo bobinado.

5.2.1.2 Motor Shunt

Su principal característica es que su bobinado inductor principal está conectado en paralelo con el circuito formado por los bobinados inducido e inductor auxiliar.

Al igual que en los dinamos shunt, las bobinas principales están constituidas por muchas espiras y con hilo de poca sección, por lo que la resistencia del bobinado inductor principal es muy grande. En el instante del arranque, el par motor que se desarrolla es menor que el motor serie. Al disminuir la intensidad absorbida, el régimen de giro apenas sufre variación. En este tipo de motor la velocidad no disminuye más que ligeramente cuando el par aumenta. Los motores de corriente continua en derivación o shunt son adecuados para aplicaciones en donde se necesita velocidad constante a cualquier ajuste del control o en los casos en que es necesario un rango apreciable de velocidades



(Lobosco, 1989)

Ilustración 7 Diagrama eléctrico de un motor Shunt

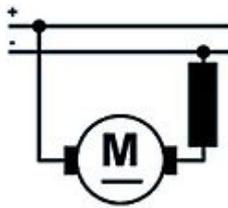
5.2.1.3 Motor en Serie

Su principal característica es que el inducido y el devanado inductor o de excitación van conectados en serie, por lo tanto, la corriente de excitación o del inductor es también la corriente del inducido absorbida por el motor.

Las principales características de este motor son:

- La potencia es casi constante a cualquier velocidad.
- Continúa en movimiento cuando funciona en vacío, debido a que la velocidad de un motor de corriente continua aumenta al disminuir el flujo inductor y, en el motor serie, este disminuye al aumentar la velocidad, puesto que la intensidad en el inductor es la misma que en el inducido.
- Le afectan poco las variaciones bruscas de la tensión de alimentación, ya que un aumento de esta provoca un aumento de la intensidad, por lo tanto del flujo de la fuerza electromotriz, estabilizándose la intensidad absorbida.

(Wildi, 2007)



(Lobosco, 1989)

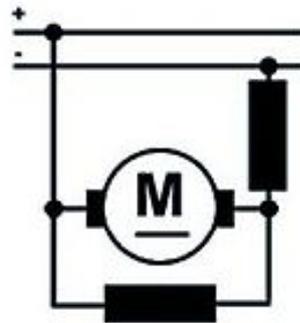
Ilustración 8 Diagrama eléctrico de un motor en serie

5.2.1.4 Motor Compuesto (Compound)

En este tipo de motores la excitación es originada por dos bobinados inductores independientes: uno dispuesto en serie con el bobinado inducido y otro conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados: inducido, inductor serie e inductor auxiliar.

El campo serie se conecta de manera tal que su flujo se añade al flujo del campo principal shunt. Los motores compound se conectan normalmente de esta manera y se denominan como compound acumulativo. Esto provee una característica de velocidad que no es tan “dura” o plana como la del motor shunt, ni tan “suave” como la de un motor serie. Un

motor compound tiene un limitado rango de debilitamiento de campo; la debilitación del campo puede resultar en exceder la máxima velocidad segura del motor sin carga.

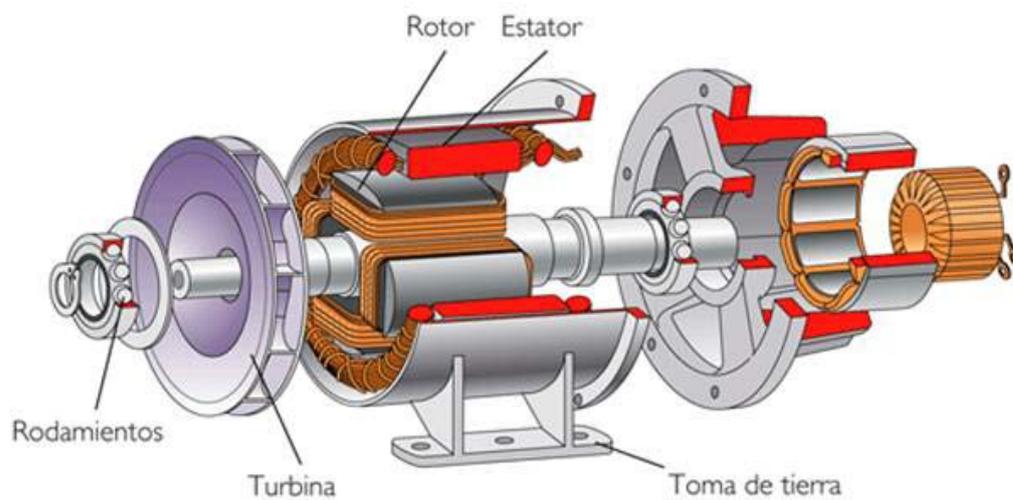


(Lobosco, 1989)

Ilustración 9 Diagrama eléctrico de un motor Compound

5.3 Motores de Corriente Alterna

Como su nombre ya lo indica, son motores eléctricos que funcionan con corriente alterna (A.C) en la actualidad, el motor de corriente alterna es el que más se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones, debido fundamentalmente a que consiguen un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez en su construcción.



(Mecanica popular, 2013)

Ilustración 10 Componentes principales de un motor de corriente alterna

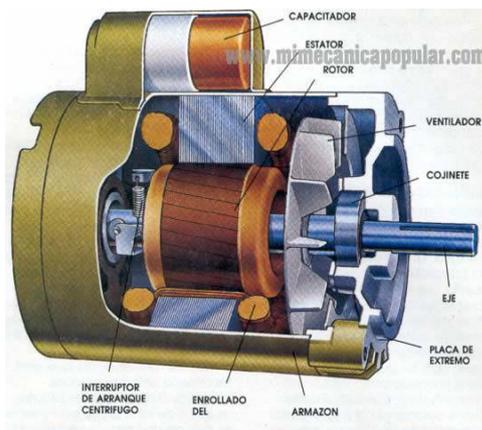
5.3.1 Tipos de Motores de corriente alterna

5.3.1.1 El motor síncrono:

En este motor, los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante la corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo lo que hace que el campo gire a una velocidad constante, que se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente alterna.

5.3.1.2 El motor de inducción:

Es un motor que se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas y es similar a la del motor síncrono. El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluye una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del árbol y paralelos a él.



(Mecánica popular, 2013)

Ilustración 11 Motor Síncrono

*En la imagen podemos ver los componentes de un motor síncrono (izq.) y el esquema de un motor de inducción (der.)

5.4 El generador o alternador

Es el encargado de transformar energía mecánica en eléctrica, por lo tanto, se encarga de abastecer el auto de la energía necesaria para que funcione; el nombre viene de la corriente alterna generada por esta transformación.

Al mismo tiempo que realiza este proceso de energía, se preocupa de almacenarla en la batería, de modo que el vehículo cuente con la energía necesaria para que funcione el sistema eléctrico mientras el auto se encuentre apagado.



(Bosch, 2013)

Ilustración 12 Partes principales de un Alternador

*En esta imagen podemos ver que el alternador tiene los mismos componentes de un motor eléctrico

5.4.1 Funcionamiento

El funcionamiento de los alternadores tiene su fundamento en un principio físico en el que un conductor es sometido a un campo magnético. Esto provoca una tensión eléctrica inducida, en la que su polaridad depende del sentido del campo y el flujo que lo cruza.

El alternador realiza el proceso de transformación de energía a partir de ciertos fenómenos de inducción, a través de corriente alterna. Para cumplir con esta función, el alternador posee dos partes, un Inductor, que crea un campo magnético y un inducido. Este último es el conductor a través del cual atraviesan las líneas de fuerza del campo magnético producido por el inductor.

. Un elemento fundamental del alternador, los diodos correctores. Como consecuencia del funcionamiento del alternador se genera corriente alterna, de allí su nombre, la cual es imposible de guardar en una batería y al mismo tiempo no es apta para alimentar elementos eléctricos como los montados en los automóviles, o en este caso en la motocicleta. Los diodos correctores se puede conectar ya sea como estrella o triangulo, de esta forma se logra transformar la corriente alterna en corriente continua.

Durante los primeros momentos de encendido el alternador es incapaz de generar suficiente corriente para generar una autoexcitación, es decir, generar la suficiente corriente como para excitar los campos magnéticos en el rotor y aumentar el campo en el estator, por lo que se hace necesaria una ayuda externa de la batería. Por medio de esta ayuda externa se llega a la corriente que se necesita. Una vez alcanzada las revoluciones necesarias el alternador es capaz de generar suficiente corriente como para recargar la batería, el consumo de los implementos del auto y la autoexcitación que se requiere.

Además de las estructuras recién mencionadas, el alternador debe contar un elemento básico, que corresponde a un regulador de voltaje. Su presencia se explica gracias a las revoluciones del motor. Éstas tienden a cambiar en forma constante, subiendo y bajando incesantemente a lo largo del viaje. Entonces, se podría decir que en la medida en que haya más revoluciones en el motor, más corriente generará el alternador, y a menos revoluciones, menos corriente generada. Debido a lo anterior es comprensible la necesidad

de algún sistema que regule la cantidad de corriente generada a partir de las revoluciones, y este sistema corresponde al regulador de voltaje.

OPERACION DEL SISTEMA DE CARGA

El alternador genera electricidad mediante los siguientes pasos:

1. El giro de la polea del cigüeñal transmite movimiento al alternador mediante la correa de hule.
2. El rotor dentro del alternador gira dentro de los embobinados del estator.
3. El movimiento giratorio del rotor genera electricidad en forma de corriente alterna.
4. Los diodos rectificadores convierten esta corriente alterna (AC) a corriente directa (DC).

Fases de funcionamiento Alternador

- Llave de encendido en ON - motor apagado.
- Llave de encendido en ON - motor funcionando y salida del alternador por debajo del voltaje deseado.
- Llave de encendido en ON - motor funcionando y salida del alternador por encima del voltaje deseado.

LLAVE DE ENCENDIDO EN POSICION ON - MOTOR APAGADO

- Tan pronto como la llave de encendido es girada a la posición ON, el regulador de voltaje permite que una pequeña corriente eléctrica de 0.2 amperes circule por el embobinado del rotor.

- El regulador de voltaje ilumina a la luz indicadora de carga en el tablero de instrumentos.
- No hay corriente alterna de salida del estator debido a que el rotor no está girando.

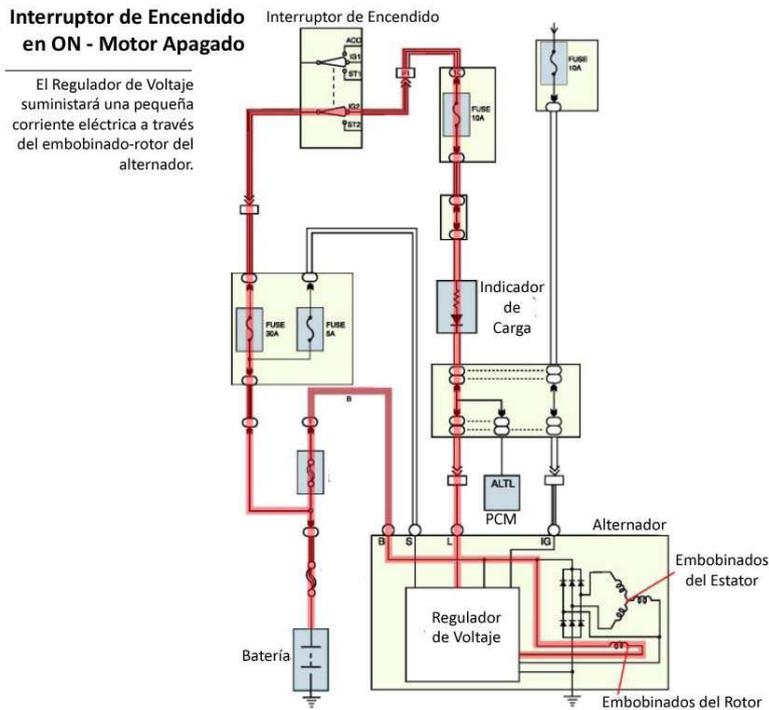


Ilustración 13 Fase ON/ Motor apagado

*En el diagrama eléctrico anterior puedes ver resaltado en rojo el camino que sigue el flujo de corriente para que tengas una visión clara de lo que sucede en el sistema de carga cuando la llave de encendido la giramos a ON o RUN sin que encendamos el motor.

LLAVE DE ENCENDIDO EN ON - MOTOR FUNCIONANDO, SALIDA DEL ALTERNADOR DEBAJO DEL VOLTAJE DESEADO

- Los embobinados del estator generan voltaje en cualquier momento en que el rotor tenga corriente eléctrica circulando dentro de él y que además esté girando.
- El voltaje generado en el estator se aplica al regulador de voltaje.

- Si el voltaje de salida del alternador está por debajo de 14.5 volts, el regulador de voltaje responde incrementando el flujo de corriente a través del embobinado del rotor.
- El rotor provoca que el voltaje se incremente.
- La corriente eléctrica se envía a la batería para recargarla.

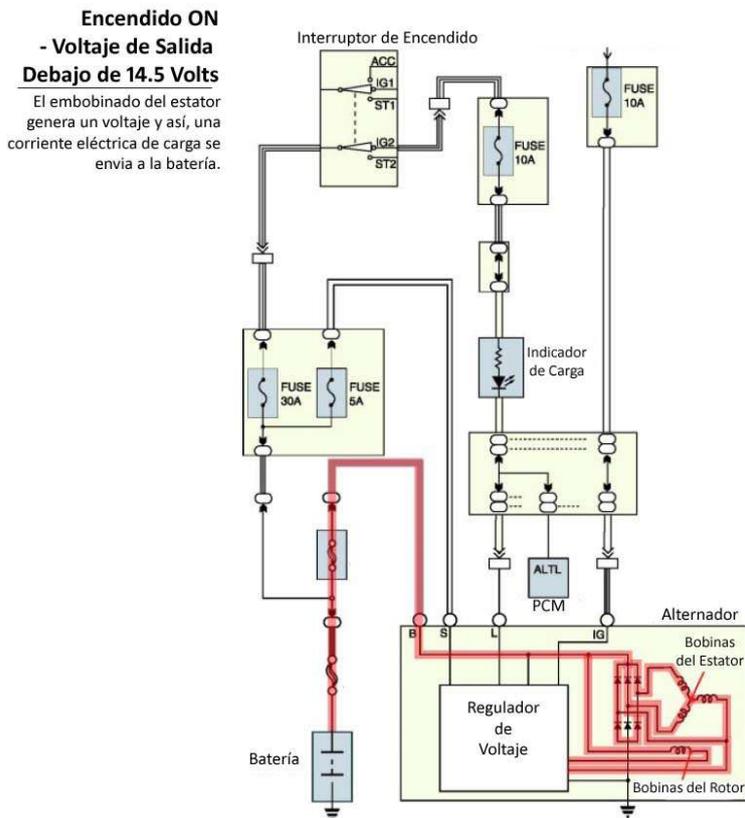


Ilustración 14 Fase ON / batería descargada

*En este diagrama eléctrico de un sistema de carga identificarás estas condiciones resaltadas en rojo.

LLAVE DE ENCENDIDO EN POSICION ON - MOTOR FUNCIONANDO Y SALIDA DEL ALTERNADOR POR ENCIMA DEL VOLTAJE DESEADO

Cuando el regulador de voltaje detecta que la salida del alternador está por encima de 14.5 volts:

- Reduce el flujo de corriente a través del embobinado del rotor.
- Esto reduce el voltaje de salida del alternador.
- No hay corriente eléctrica disponible para cargar a la batería.

(Booster, 2008)

5.5 Eficiencia y pérdidas de un motor eléctrico

Un motor eléctrico en comparación de un motor de combustión interna es más eficiente, ya que tiene menos pérdidas caloríficas. Además, aprovecha y torque y potencia por un mayor rango de revoluciones. (Lobosco, 1989)

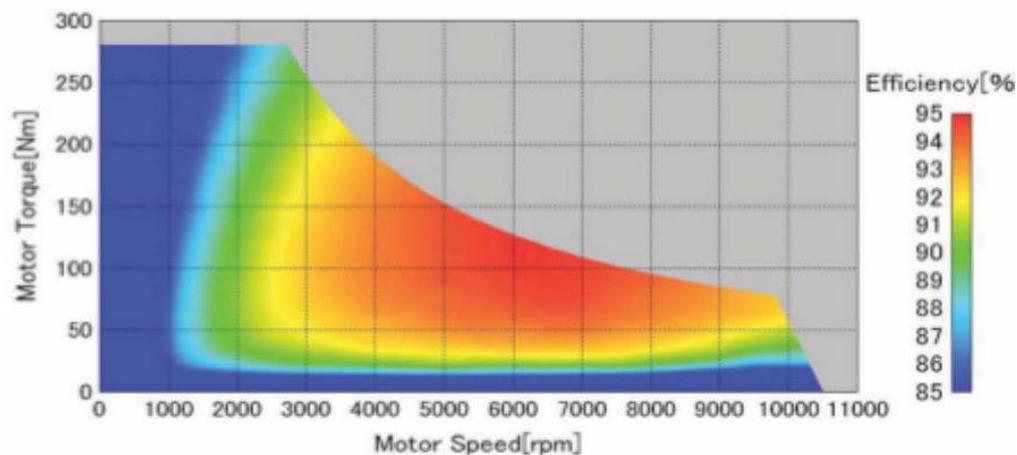


Ilustración 15 Curva de eficiencia de un motor eléctrico

(Nissan Company, 2013)

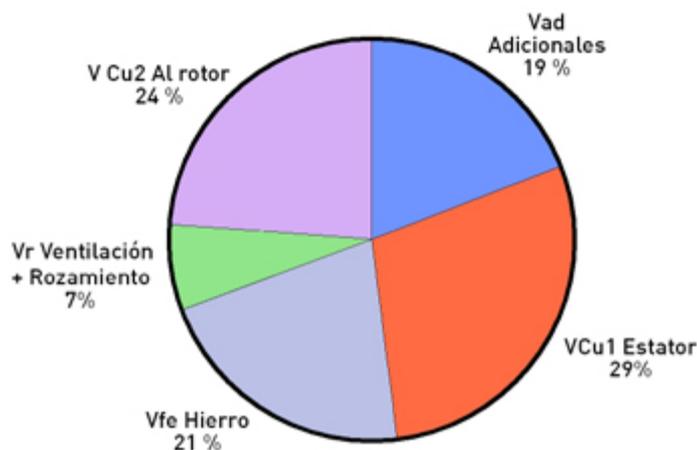
*Podemos observar en la gráfica la eficiencia de un motor eléctrico dado en función del número de revoluciones, como vemos alcanza su mayor eficiencia (rojo) a las 6000 rpm.

5.5.1 Pérdidas

El motor eléctrico, no es totalmente eficiente, cabe mencionar que no existe mecanismo que no genere pérdidas energéticas.

Las pérdidas de un motor pueden dividirse en:

- Pérdidas por efecto Joule en el estator: Son las pérdidas originadas por la circulación de corrientes por los devanados estáticos
- Pérdidas por efecto Joule en el rotor: Las pérdidas en el circuito de inducido están originadas por el paso de las corrientes por los devanados del inducido y por los elementos conectados en serie con el devanado de inducido
- Perdidas Mecánicas
 - Pérdidas por ventilación (V_r ventilación)
 - Pérdidas por rozamiento (V_r rozamiento)
 - Pérdidas constantes o de vacío.
 - Pérdidas que dependen de la carga de la máquina.



(Fenosa, 2013)

Ilustración 16 Porcentaje de pérdidas de un motor eléctrico

*Como vemos en la gráfica, la mayor cantidad de pérdidas energéticas se producen en el Estator 29%, seguido del Rotor 24 %.

Mejoras para disminuir las pérdidas en un motor eléctrico

Pérdidas por efecto Joule en el estator:

- Aumentar la cantidad de cobre.
- Mayor tamaño de ranura.
- Disminuir la Cabeza de bobina.

Pérdidas magnéticas:

- Mejorar la calidad de la chapa.
- Disminuir el grosor de las chapas.
- Mejorar los procesos de fabricación.
- Aumento del entrehierro.
- Mejorar el factor de bobinado.

Pérdidas por efecto Joule en el rotor:

- Aumentar la inducción en el entrehierro.
- Aumentar el tamaño de las barras.

Pérdidas por ventilación:

- Ventiladores más eficientes.

Pérdidas por rozamiento:

- Rozamientos de bajo nivel de pérdidas.

Pérdidas adicionales:

- Corrientes transversales.
- Corrientes circulares estator. (Wildi, 2007)

6 Capítulo III: Baterías y Sistema Start Stop

6.1 Baterías

6.1.1 Definición

Las baterías (o acumuladores) son sistemas electroquímicos cuyo objetivo es almacenar energía. Podemos distinguir dos tipos de baterías:

Las baterías de arranque: Se usan en los vehículos convencionales (de motor de combustión interna), deben aportar mucha energía de golpe durante una corta duración (el arranque).

Las baterías de tracción: Deben soportar ciclos de descargas importantes y constantes, se usan en los vehículos eléctricos.

6.1.2 Tipos

- Plomo
- Nickel Cadmio
- Nickel Metal Hidruro
- Nickel Zinc
- Zebra (cloruro de sodio)
- Litio Ion
- Litio Polímero

6.1.2.1 Las Baterías de Plomo

Esta tecnología sigue siendo la más extendida equipando a numerosos ciclomotores, bicicletas y vehículos eléctricos particulares y utilitarios. Existen distintos tipos de baterías de plomo:

- Plomo-Acido: utilizadas sobre todo en los automóviles convencionales como baterías de arranque.
- Plomo-Gel: Sin necesidad de mantenimiento, se utilizan mucho en los vehículos eléctricos.
- Plomo-Silicona: Comienzan a hacer su aparición en el mercado, ofrecen más resistencia que las baterías tradicionales.

Tabla 1 Baterías de Plomo

Baterías de Plomo	
Ventajas	Inconvenientes
Bajo costo	Peso demasiado elevado
	Duración de vida y autonomía limitada

*Este tipo de baterías tienen como principal ventaja su bajo costo, pero sus inconvenientes son: su elevado peso y poca duración.

6.1.2.2 Las baterías de Ni-Cd (Nickel Cadmio)

No son muy populares en el campo automotriz, solamente se usaron por el lapso de un año en marcas de origen francés como Peugeot y Citroën.

Sin embargo la comercialización de estas baterías se prohibió a partir de febrero de 2008 en Madrid, por la Organización mundial de la Salud, a causa de la nocividad del cadmio para el medio ambiente. (OMS, 2008)

Tabla 2 Baterías de Níquel y Cadmio

Baterías Níquel y Cadmio	
Ventajas	Inconvenientes
Duración de vida importante (1000 ciclos)	Contaminación

La característica más importante es su gran duración, que se ve contrastada con la alta contaminación generada en su proceso de elaboración

6.1.2.3 Las baterías de Ni-Mh (Nickel Metal-Hidruro)

Se comercializaron a partir de 1990. Tienen una duración de aproximadamente 500 ciclos, estas baterías se usan mucho en las bicicletas eléctricas de alta gama. También se usan en distintos vehículos híbridos.

Tabla 3 Baterías Níquel – Metal Hidruro

Baterías Níquel – Metal Hidruro	
Ventajas	Inconvenientes
No tiene efecto memoria	Capacidad de auto-descarga importante

* Su ventaja es que no tiene efecto memoria, es decir, no se producen cristales en su interior producto de cargas incompletas.

6.1.2.4 Las baterías Ni-Zn (Nickel Metal-Zinc)

Sus características no contaminantes hacen de la batería Nickel-Zinc un potencial competidor de las clásicas baterías de plomo e incluso las de Nickel Cadmio.

Son dos veces más caras que las baterías de plomo pero también ofrece una densidad energética doble comparada a la batería de plomo, actualmente algunas motos están probando éstas baterías, pero su costo es aun elevado.

6.1.2.5 Las baterías Zebra (cloruro de sodio)

Su temperatura interna de funcionamiento va desde los 270°C hasta 350°C haciendo de la batería Zebra una batería caliente. Pero no tiene efecto memoria y ofrece una capacidad energética de 120 Wh/kg.

Se compone de materiales "renovables", sal (NaCl), nickel (cuando la batería esta descargada) y hierro mantenidos al vacío en un contenedor sellado.

Tiene la gran ventaja de ser 100 % reciclable.

6.1.2.6 Las baterías Litio-Ion

Su utilización se extendió con el uso de los ordenadores portátiles y los móviles. Ahora esta tecnología se está empezando a usar en los vehículos eléctricos.

Su descarga es muy limitada en el tiempo y no tiene efecto memoria. Ofrece una densidad energética importante, del orden de 110 a 160 Wh/kg pero su precio es aún muy alto.

6.1.2.7 Las baterías Li-Po (Litio-Polímero)

Utilizadas en numerosos prototipos, ésta tecnología se instalará en los vehículos del mañana.

Su densidad energética es del orden de 100-110 Wh/kg y su durabilidad puede superar con facilidad los 1000 ciclos.

Desgraciadamente ésta tecnología es todavía muy cara.

6.1.3 Cuadro comparativo de distintos tipos de baterías

Tabla 4 Comparativa de distintos tipos de baterías

	Plomo	Ni-Cd	Ni-Mh	Ni-Zn	Zebra	Litio-Ion	Li-Po
Densidad energética (Wh/kg)	30 - 50	45 - 80	60 - 120	60 - 85	100 - 140	110 - 160	100 - 130
Nº de ciclos de vida	400 - 1200	2000	1500	1000	> 1000	500 - 1000	N/A
Tº de funcionamiento (°C)	-20º a 60º	-40º a 60º	-20º a 60º	-20º a 60º	270º - 350º	-20º a 60º	0º a 60º
Aplicación	Bicicletas eléctricas, cochecitos, automoviles	Peugeot 106, Partner, Kangoo...	Vehículos híbridos	Cámaras, bicis y vehículos eléctricos ligeros	Vehículos eléctricos e híbridos	Teléfonos Móviles, ordenadores portátiles...	Prototipos

(Ramírez, 1981)

*Como vemos en esta tabla, pese a ser la batería de plomo la de menor rendimiento, es la más común en el mercado automotriz, debido a su bajo costo. Además, vale destacar la gran investigación y desarrollo de la batería de Polímero de litio que actualmente se la usa en prototipos

6.2 Electromagnetismo

Históricamente, el magnetismo y la electricidad habían sido tratados como fenómenos distintos y eran estudiados por ciencias diferentes.

Sin embargo, los descubrimientos de Oersted y luego de Ampère, al observar que la aguja de una brújula tomaba una posición perpendicular al transitar corriente a través de un conductor próximo a ella. Así mismo los estudios de Faraday en el mismo campo, sugerían que la electricidad y el magnetismo eran manifestaciones de un mismo fenómeno.

La idea anterior fue materializada por el físico James Clerk Maxwell (1831 - 1879), quien luego de estudiar los fenómenos eléctricos y magnéticos concluyó que son producto de una misma interacción, denominada interacción electromagnética

6.2.1 Leyes del Electromagnetismo

- Existen portadores de cargas eléctricas, y las líneas del campo eléctrico parten desde las cargas positivas y terminan en las cargas negativas.
- No existen portadores de carga magnética; por lo tanto, el número de líneas del campo magnético que salen desde un volumen dado, debe ser igual al número de líneas que entran a dicho volumen.
- Un imán en movimiento, dicho de otra forma, un campo magnético variable, genera una corriente eléctrica llamada corriente inducida.
- Cargas eléctricas en movimiento generan campos magnéticos.

6.3 Campo magnético

El campo eléctrico, es un punto del espacio que se ha definido como la fuerza por unidad de carga que actúa sobre una carga de prueba colocada en ese punto. Similarmente, el campo gravitacional g en un punto dado del espacio es la fuerza de gravedad por unidad de masa que actúa sobre una masa de prueba. (Sebastián & Peña, 2006)

6.4 Freno Regenerativo

En los últimos tiempos se ha dado una creciente preocupación por la eficiencia energética y la industria automotriz no se ha visto ajena a este interés, es por esto que se comenzó a desarrollar una serie de mecanismos adicionales que sirvan al vehículo para poder aprovechar energía que antes se desperdiciaba en forma de calor. Una de los sistemas que más acogida ha obtenido dentro de la industria automotriz, tanto en vehículos de calle como de competencia, es el sistema de frenado regenerativo también llamado KERS (Sistema de recuperación de la energía cinética), por sus siglas en inglés. Este

sistema ha servido como un gran impulsor para el desarrollo de los vehículos híbridos, eléctricos y start-stop (también llamado micro híbrido). Por medio de este sistema se da una captura de energía que antes era disipada en forma de calor por medio del rozamiento del elemento de frenado con el disco, de esta forma en un sistema básico del automóvil podemos encontrar un fuente de energía limpia y gratuita.

El desarrollo del freno regenerativo comenzó como un movimiento de la Federación Internacional de Automovilismo (FIA), para presentar una cara más verde a las personas, hace su aparición en el 2009 pero hasta la fecha su uso se ha mantenido de forma opcional, según lo que quiera y opine cada equipo. Fruto de estos experimentos en la fórmula 1 muchas empresas empezaron a utilizarlo en sus vehículos comerciales, principalmente BMW en sus vehículos start-stop y Toyota en sus vehículos híbridos Prius, como parte fundamental de la tecnología verde.

El objetivo de este sistema es el de prolongar la autonomía del vehículo sin sacrificar el confort y las prestaciones de rendimiento, el segundo objetivo es el de aprovechar la energía antes disipada como calor transformándola en energía eléctrica para su almacenamiento y uso posterior. En los vehículos eléctricos e híbridos este incremento a la autonomía se da por medio del aprovechamiento energético en la recarga de las baterías mientras que, en los vehículos conocidos como start-stop se da por medio de la utilización de esta energía en el accionamiento del motor de arranque cada vez que este se apaga cada vez que el vehículo se detiene.

Para entender el funcionamiento básico del freno regenerativo se tiene que realizar una comparación con el freno habitual presente en un auto estándar. Dentro del funcionamiento del vehículo cuando nosotros dejamos de acelerar el vehículo continua moviéndose hasta que al fricción causada por el movimiento produce que la velocidad final

sea 0, sin embargo cuando necesitamos que la desaceleración del vehículo se haga de forma más rápida se debe aplicar una fuerza opuesta, en el caso del vehículo se hace de forma hidráulica, por medio de un elemento de frenado que fricciona con el disco o tambor y de esta forma esta energía que movilizaba al auto se transforma en energía calorífica que es disipada al ambiente.

En el sistema de freno regenerativo el calor es aprovechado y almacenado de tres formas diferentes:

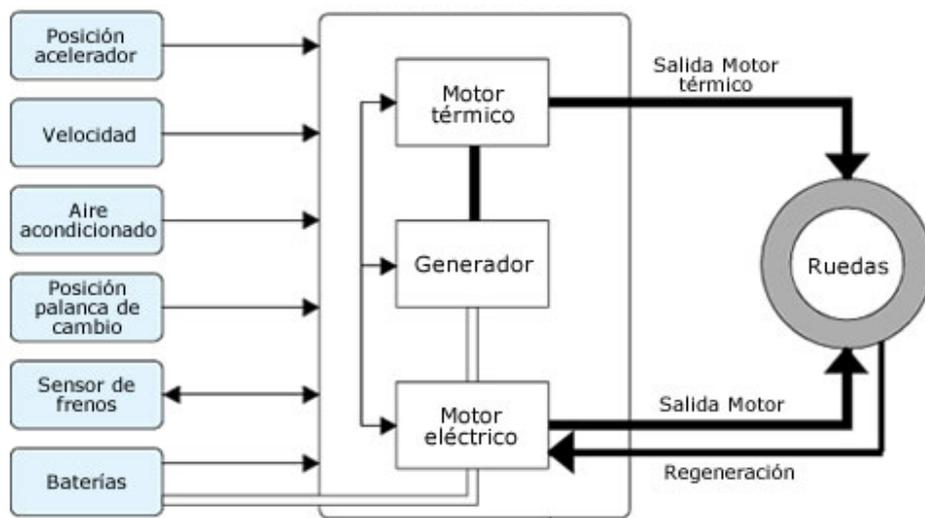
- La forma más inusual es de forma hidráulica, se utiliza la fuerza para mover a un compresor conectado a un depósito, y el momento de liberar la energía este fluido mueve una turbina que colabora con el movimiento del eje cardan, su principal problema es el espacio que ocupa el depósito y el compresor.
- La segunda forma, principalmente usada en la fórmula 1, es de forma mecánica en un volante de inercia que permanece en movimiento aprovechando la inercia y el momento de ser necesario es conectado al eje cardan por medio de una caja de transmisión variable (CVT) y libera su energía, esta forma de freno regenerativo es la más prometedora tanto en la competición como en los vehículos de fábrica, al igual que el sistema hidráulico su principal problema es el espacio que ocupa los engranajes y el volante.
- El tercer sistema es el más utilizado dentro y fuera de la pista, se lo realiza de forma eléctrica y con baterías, precisamente es el que usamos para la elaboración de nuestro proyecto, debido a que mucha de la tecnología necesaria ya se utiliza.



(Wildi, 2007)

Ilustración 17 Generadores eléctricos

*Dentro del sistema de freno regenerativo en lugar de utilizar un elemento de rozamiento para frenar al auto se usa un generador eléctrico para transformar la energía cinética del vehículo y transformarla en energía eléctrica.



(Toyota, 2013)

Ilustración 18 Diagrama de funcionamiento del freno regenerativo

*En este diagrama podemos observar el funcionamiento del sistema de freno regenerativo, el cual se indica como por el movimiento de las ruedas a través de un alternador se recargan las baterías, energía que después será utilizada para el desplazamiento del vehículo cuando lo requiera.

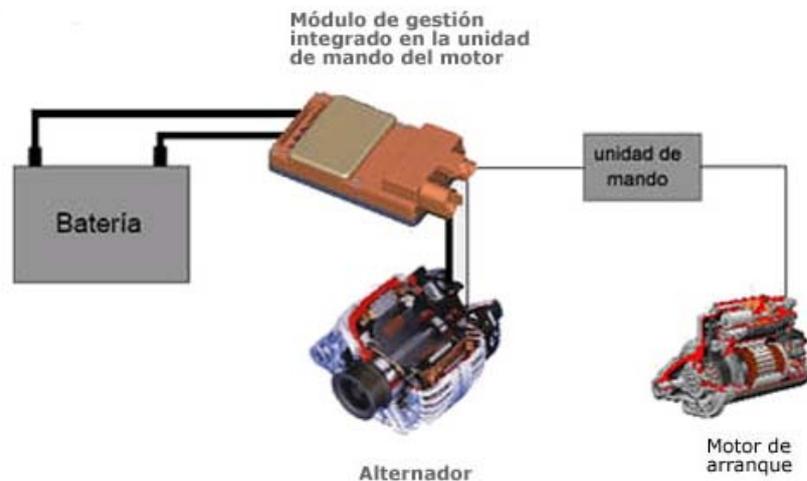
Sin embargo este sistema presenta tres principales límites:

- El primero es un límite físico en el aprovechamiento de la energía, la capacidad de las baterías.
- El segundo es que en momentos en que la velocidad es demasiado baja la resistencia del conjunto generador no llega a ser la suficiente para frenar al vehículo.
- Por último, es imposible transformar energía de las ruedas no motrices, a menos que se los dote con generadores propios. Por estas razones todos los vehículos que poseen freno regenerativo cuentan, además, con un sistema de frenos convencionales que debido a la menor demanda presentan un desgaste considerablemente menor y rendimiento mucho mayor al visto en vehículos normales.

6.5 Sistema Start-stop

El sistema Start/Stop es un sistema desarrollado por Bosch en el año 2007 con el objetivo de buscar una mayor eficacia de combustible y una reducción emisiones de CO₂, este sistema consigue cero emisiones y cero ruido. Con este sistema se apaga el motor cuando está en ralentí o se está moviendo en velocidades menores de 3 km/h.

En un circuito de conducción urbana de 7 kilómetros se dan en promedio 12 paradas de 15 segundos de duración. En un tráfico urbano las paradas y su duración aumentan, lo que ofrece un mayor potencial de ahorro. Tomando en cuenta esta información se da que este sistema da un ahorro de combustible y una reducción de emisiones de hasta un 8%. (Garcia, 2010)



(Wolf, 2005)

Ilustración 19 Componentes sistema Start/Stop

*Podemos identificar la ubicación de los distintos componentes del sistema Start – Stop, teniendo en cuenta que los distintos componentes aparentemente comunes en la mayoría de vehículos tienen una mayor eficiencia y resistencia.

Para que este sistema se pueda hacerse factible, se ha tenido que realizar una serie de modificaciones principalmente en el motor de arranque y en el alternador, junto con la adición de una serie de sensores de monitoreo. La primera modificación se da en el motor de arranque ya que está sujeto a un mayor esfuerzo además de una actividad mucho mayor frecuente que en un auto carente de este sistema. El alternador, debido a la mayor demanda de energía, es otra de las piezas que ha subido modificaciones buscando un aumento de eficacia en un 77% y mayor capacidad de generar electricidad a bajas velocidades.

Por último, se han agregado un módulo de control que es el encargado de controlar el arranque y la combustión. El estado de la batería es constantemente monitoreado para controlar que se pueda dar el arranque y no se pierda el confort.

Este sistema actualmente está presente en una serie de autos, principalmente de alta gama, de diferentes segmentos garantizando que se un ahorro de combustible en toda oportunidad, buscando una movilidad más eficiente.

7 Capítulo IV: Características Técnicas de la motocicleta

La motocicleta que se utilizó para la elaboración de este proyecto es una motocicleta de marca Jialing, de procedencia china, esta marca posee otras compañías en el país como Traxx, UM y Koshin; es considerada como la primera y más grande empresa china de fabricación de motocicletas, con ensambladoras en Brasil y Colombia.

La motocicleta utilizada como base fue ensamblada en Colombia y dentro de sus principales atributos podemos encontrar su bajo consumo de combustible y bajas emisiones.

Dentro de características técnicas nos encontramos con un motor OHC de 108 cm³. Es decir que tenemos un motor de 4 tiempos de un solo cilindro, por lo tanto una sola bujía, con una capacidad volumétrica de 108 cm³, con un solo árbol de levas que se encuentra sobre el block y la relación de compresión es de 9:1. Posee una potencia de 7.5 HP a 7500 rpm (revoluciones por minuto). En pruebas realizadas por el fabricante la velocidad máxima en alturas similares Quito la velocidad máxima fue de 90 Km/h, pero a nivel del mar llegó a marcar 100 km/h.

El motor es refrigerado por aire, por lo que el bloque es de aluminio. La alimentación de combustibles es por medio de inyección y el tanque de combustible tiene una capacidad de 4 litros. El sistema de arranque funciona a través de un sistema eléctrico de encendido por descarga de capacitor (C.D.I), con un sistema complementario de arranque mecánico de patada, en caso de que se presente algún fallo con el sistema principal.

La transmisión es semiautomática carente de leva de embrague y selección de marchas secuencial y con caja rotativa, es decir que al llegar a la cuarta marcha si se

vuelve a seleccionar marcha superior va a neutro y se reinicia el ciclo. La caja se encuentra acoplada al bloque del motor formando un solo elemento.

Los frenos constan, en la parte delantera de un disco de 220 mm., de mordaza móvil de dos pistones; en la parte trasera es un freno de tambor de bandas de expansión interna, la bomba de frenado es una bomba limitante, lo que asemeja el frenado a un sistema de antibloqueo de frenado (ABS).

Por parte del sistema de suspensión, consta de llantas de rin 17, en la parte delantera, posee suspensión telescópica hidráulica y en la parte posterior es un doble amortiguador simple que soporta una carga de hasta 150 kg., aparte de los 100 kg de peso neto por parte de la motocicleta.

El sistema eléctrico funciona con 12v de corriente continua, lo que facilitó la adaptación de las baterías a la motocicleta.

8 Capítulo V: Modificaciones

Antes de proceder a realizar las modificaciones deberíamos comprender, porqué el vehículo eléctrico tiene mayores ventajas que uno de combustión interna, apoyados en un estudio realizado por la Asociación Española para la promoción de vehículos eléctricos en el año 2006, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

- Contaminación atmosférica
 - No emite ni humo, ni partículas, ni emisión de CO₂, HC o NOX
- Contaminación acústica
 - El vehículo es totalmente silencioso.
- Independencia energética
 - La posibilidad que ofrece la electricidad de ser generada a través de fuentes de energías renovables, permite una mayor independencia energética de los usuarios, factor totalmente aprovechable en países como Ecuador por sus altos recursos hídricos.
- Ahorro energético
 - No consume en las fases de ralentí.
 - Las baterías se recargan en las fases de desaceleración y de frenado.
- Fiabilidad
 - Tiene menos componentes que el vehículo de combustión interna.
 - Los gastos de mantenimiento se reducen por el menor número de componentes
 - Las averías son más escasas.

(Asociación Española para la promoción de vehículos eléctricos, 2006)

8.1 Elección de nuevos componentes

8.1.1 Motor eléctrico de corriente continua

Para la elección del motor eléctrico tuvimos que tomar en cuenta factores como:

Potencia

La potencia debía ser igual a la del motor de combustión interna, es decir 7,5 hp (ver tabla 5), para lo cual después de realizar el respectivo calculo, dedujimos que necesitábamos un motor de 5, 6 KW (ver sección cálculos)

Peso

El peso del motor eléctrico no debía superar el peso del motor de combustión interna porque necesitábamos obtener la misma relación de peso/potencia después de las respectivas modificaciones.

8.1.2 Baterías

A pesar de que no es la mejor opción técnica, elegimos las baterías de plomo, por su principal ventaja que es su bajo costo y fácil obtención. Actualmente en el mercado nacional no existen más opciones.

8.2 Materiales Utilizados

Para la realización del proyecto físico, se usó los siguientes elementos:

8.2.1 Motocicleta tipo Scooter marca Jialing



(Navas, 2013)

Ilustración 20 Scooter Jialing

Características:

Motor	4 tiempos mono cilíndrico
Cilindrada	108 c.c.
Transmisión	4 vel. Semiautomática
Relación de compresión	9,0:1
Potencia	7,5 H.P. – 7500 rpm
Freno delantero	Disco de 220 mm.
Freno trasero	Bandas de Expansión Interna
Cap. tanque de combustible	4 Litros
Peso	100 Kg
Suspensión	Telescópica Hidráulica
Arranque	Eléctrico y Pedal
Sistema eléctrico	12 voltios

Tabla 5 Características de la motocicleta

(www.jialing.com, 2013)

8.2.2 Motor eléctrico marca Yale



(Navas, 2013)

Ilustración 21 Motor Yale

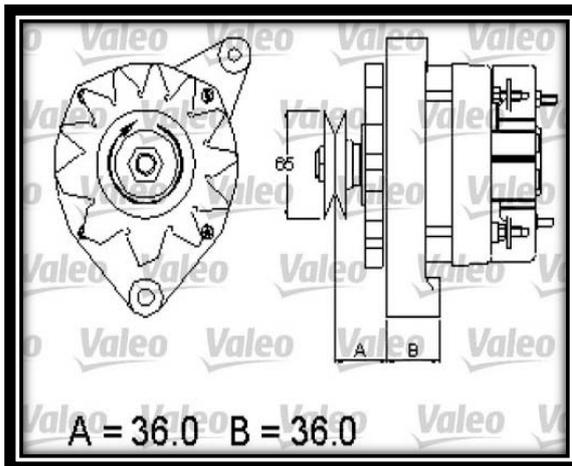
Características:

Potencia: 4.3 – 5.8 kW (7.5 hp)

Peso: 24 kg.

Consumo: 40/ah

8.2.3 Alternador marca Valeo



(Navas, 2013)

(Valeo Company, 2013)

Ilustración 22(izq.) Esquema alternador Valeo

Ilustración 23 (der) Numero de parte y especificaciones técnicas

Características del Alternador:

- Tensión: 12 V
- Corriente de carga del alternador: 90 A
- Tipo de sujeción: Brazo oscilante doble
- Posición/Grado: R 90 °
- Sentido de giro: Sentido de giro a la derecha (horario)
- Número de nervaduras: 6
- Conexión / terminal/borne: sin conexión para cuenta revoluciones

(Valeo Company, 2013)

8.2.4 Baterías marca Bosch (Tipo Plomo - Acido)

Características:

Voltaje: 12 V

Número de Placas: 12

Amperaje: 60 Amperios

Tiempo de Recarga: 90 minutos



(Navas, 2013)

Ilustración 24 Batería Bosch

8.2.5 Cargador de Baterías marca Black & Decker

Características:

Capacidad de carga: 40 Amperios hora

Conexión: 110 voltios corriente alterna (A.C.)



(Navas, 2013)

Ilustración 25 Cargador de baterías

*Se adquirió este cargador de baterías por su reducido tamaño, ya que al ser una motocicleta no dispone de gran espacio para la ubicación de componentes.

8.3 Proceso de Modificación

1. Se diseñó la ubicación de cada nuevo componente

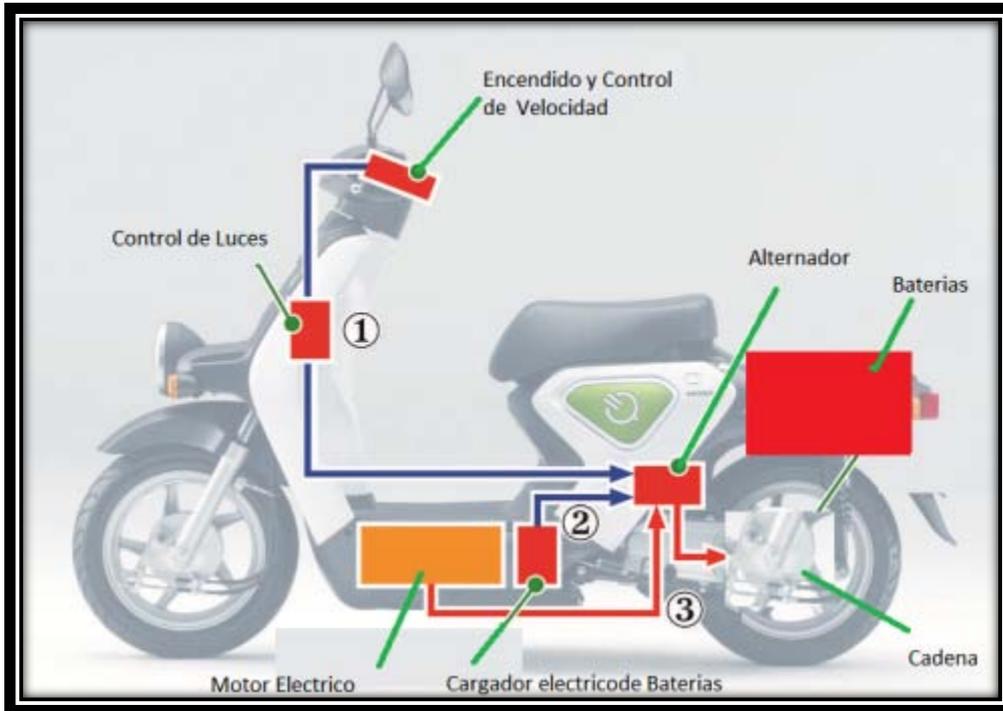


Ilustración 26 Esquema de disposición de elementos adaptados

Antes de iniciar el proceso de modificación, debíamos realizar un diseño en el que todos los componentes se encuentren ubicados en el lugar correcto, tomando en cuenta que el peso de los componentes extraídos era menor que el de los nuevos mecanismos.

Para lo cual por cuestiones de estabilidad debíamos tratar de introducir el componente de mayor peso en el centro de gravedad, ya que el motor eléctrico era el más pesado, se colocó en este punto.

Otro componente que era grande y pesado eran las dos baterías, que fueron colocadas en la parte posterior para que tenga la motocicleta se encuentre equilibrada.

2. Se procedió a desmontar el motor de combustión interna, salida de escape, molduras plásticas, batería, alternador, motor de arranque, tanque de combustible.



(Navas, 2013)

Ilustración 27 Tanque de combustible



(Navas, 2013)

Ilustración 28 Desmontaje caja de cambios y motor de arranque



(Navas, 2013)

Ilustración 29 Desmontaje motor de combustión interna

3. Se fabricó los soportes para sujecion de los nuevos componentes



(Navas, 2013)

Ilustración 30 Instalación de soportes para baterías



(Navas, 2013)

Ilustración 31 Instalación de soporte para motor eléctrico

4. Se procedió a colocar el motor electrico



(Navas, 2013)

Ilustración 32 Montaje de motor eléctrico en la motocicleta

5. Se colocó la cadena desde el motor hacia el eje trasero



(Navas, 2013)

Ilustración 33 Montaje de cadena hacia piñón trasero

6. Se procedió a colocar la banda desde el alternador hacia el motor



(Navas, 2013)

Ilustración 34 Montaje de banda del alternador

7. Se colocó las 2 baterías de 12 V



(Navas, 2013)

Ilustración 35 Montaje de baterías

8. Se realizó la conexión en serie entre baterías para aumentar el voltaje de las mismas ya que el motor puede funcionar con distintos tipos de voltaje



(Navas, 2013)

Ilustración 36 Conexión en serie de baterías de 12V

9. Se acopló el cargador de baterías a la estructura de la motocicleta



(Navas, 2013)

Ilustración 37 Montaje de cargador de baterías



(Navas, 2013)

Ilustración 38 Disposición del cargador en la motocicleta

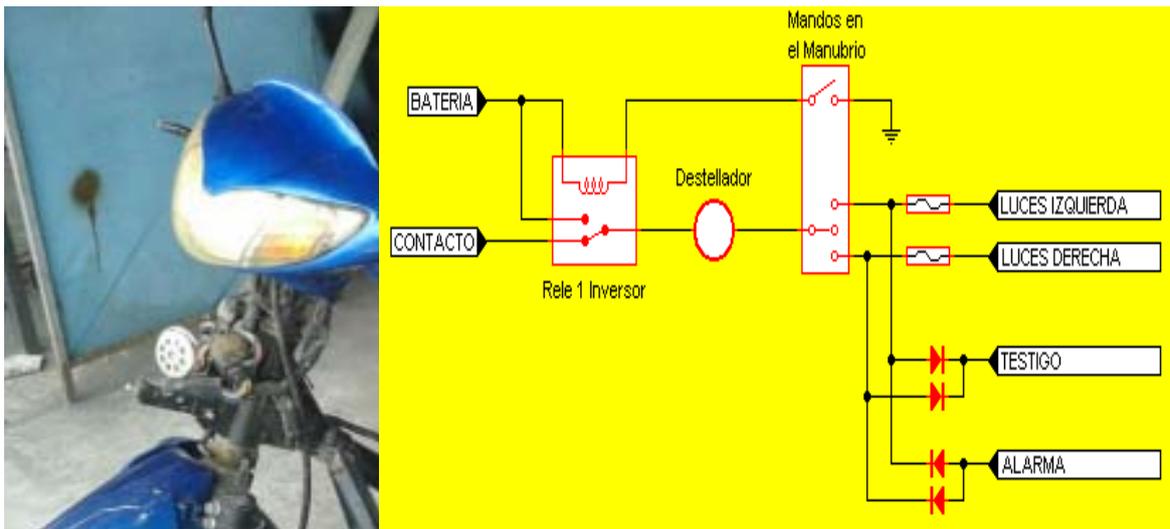
10. Se conectó el interruptor de encendido



(Navas, 2013)

Ilustración 39 Acoplamiento de interruptor de arranque

11. Se realizó la conexión de luces y pito.



(Navas, 2013)

Ilustración 40 Montaje diagrama del sistema de luce

*Como vemos en el diagrama la conexión de las luces se las hizo con paso por relé, desde la batería a los mando en el manubrio hacia los distintos focos. (luces de carretera y direccionales)



(Navas, 2013)

Ilustración 41 Montaje del pito

12. Se volvió a montar los frenos delanteros y posteriores.



(Navas, 2013)

Ilustración 42 Montaje del sistema de frenos

13. Se colocó los plasticos extraídos anteriormente



(Navas, 2013)

Ilustración 43 Montaje de molduras internas



(Navas, 2013)

Ilustración 44 Montaje de molduras externas

14. Se colocó el asiento de la motocicleta



(Navas, 2013)

Ilustración 45 Montaje del asiento

9 Capítulo V: Pruebas de Rendimiento

9.1 Estudio Económico

El costo del kilovatio en nuestro país es 10 centavos (como precio promedio referencial según el CONELEC) por lo que se lo puede considerar como bajo, en relación a los costos mundiales, además se prevee un crecimiento en el sector eléctrico en los próximos años, con lo cual se mantendrá o bajará el costo de la energía eléctrica.

Tabla 6 Costo de kilovatio/hora en el país

Rango de consumo	Costo kW/h mes actual (kwh) en centavos de USD	Nueva tarifa
0 - 50	6,8	6,8
51 - 100	7,1	7,1
101 - 150	7,3	7,3
151- 200	8	8
201 - 250	8,6	8,6
251 - 300	9,3	9,3
301 - 350	9,3	9,3
351 - 500	9,3	9,3
501 - 750	9,3	11,85
751 - 1000	9,3	16,05
1001 - 1500	9,3	26,48
1501 - 2 000	9,3	42,56
2 000 y más	9,3	67,12

(CONELEC, 2012)

Para tener una carga total de la baterías se requieren de alrededor de 3 horas es decir en el mes consumirá la cantidad de 53 kWh, por lo que la suma es 5,3 dólares mensuales, suponiendo que se la use todos los días por una distancia de 15 kilómetros (Ver cálculo de consumo eléctrico)

En los hogares ecuatorianos se destinan de sus ingresos alrededor de un 11 – 15 % para los rubros de transportación, por lo que estamos hablando que el presupuesto que se destina va desde 45 a 300 dólares mensuales (INEC, 2013), con lo que muchas familias no tienen un amplio presupuesto para costos de movilización, al tener una forma de transporte por alrededor de 5 dólares mensuales (Ver cálculo de Costo eléctrico) se convierte en una

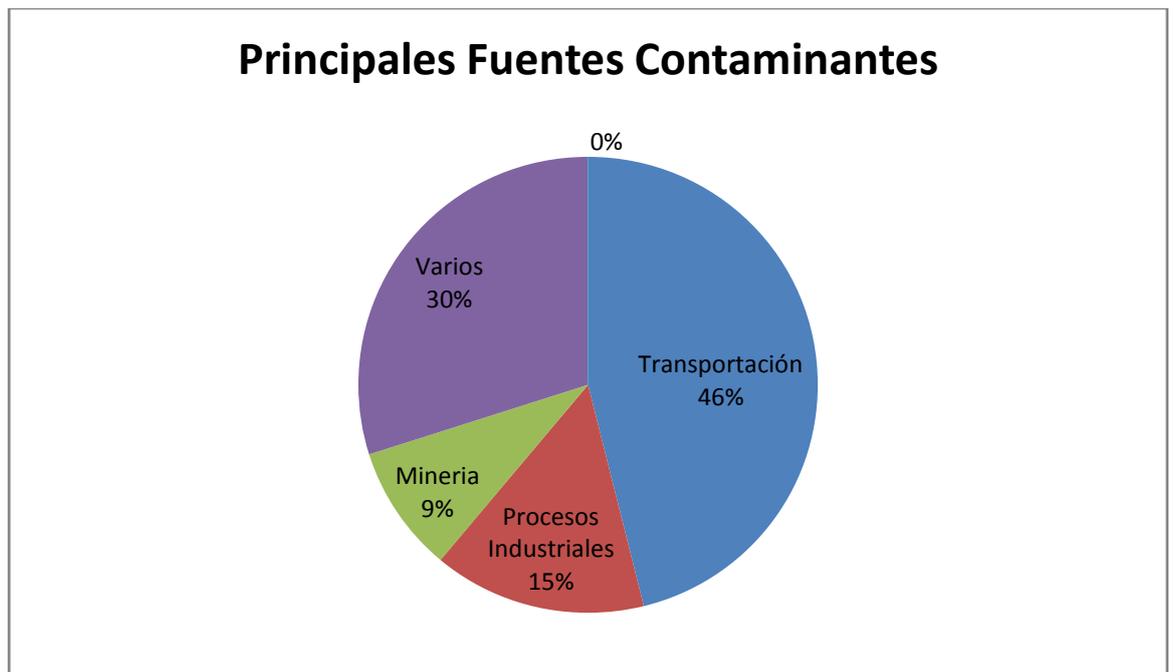
muy buena posibilidad para toda persona que tenga la necesidad y no los recursos económicos.

Además comparada con una motocicleta de combustión interna que en promedio consume 3,67 centavos por kilómetro recorrido junto a 1,1 centavos del prototipo actual, es un ahorro significativo de cerca del 300% por kilómetro recorrido. (Ver anexo 4)

Además al no poseer tantos elementos comparada con su predecesora, la motocicleta se convierte en un significativo ahorro en costos de mantenimiento, el único desgaste que se presenta sería el gasto de neumáticos y el de baterías que como ya se señaló en la sección de baterías la duración promedio es de 18 meses.

9.2 Estudio Ambiental

La transportación ocupa el primer lugar con el 46,2% del total de contaminantes a nivel mundial, por lo que encontrar un nuevo sistema de movilidad mundial, que no produzca emanaciones nocivas para el medio ambiente se ha convertido en un gran reto global, en especial en el área automotriz.



(Marshall, 2003)

Ilustración 46 Gráfica de principales contaminantes

*Como observamos en la gráfica, podemos identificar que la transportación es la principal fuente contaminante a nivel mundial con el 46,2%

A nivel mundial existen diferentes tipos de normas aplicables a los motores, que dependen del país donde se comercialicen.

Por medio de estas regulaciones podemos ver que se busca una mayor eficiencia energética en toda actividad humana. En el caso de nuestro proyecto se realizó una prueba de emisiones en una simulación de trayecto de 100 km.

El resultado fue una baja cantidad de emisiones, en relación a otros medios de transporte, pero si sumamos esa cantidad de contaminantes nos da como resultado un porcentaje sumamente alto.

Después de realizar la modificación a energía eléctrica las emisiones directas fueron cero, y tomando en cuenta que la mayor cantidad de energía eléctrica en nuestro país, procede de fuentes hidráulicas, podríamos decir que no existe contaminación alguna.

Tabla 7 Normativa internacional

Normativa sobre motores eléctricos aplicables en cada país			
Normas	Entidad	País	Denominación
NEMA	National Electrical Manufacturers Association	EE.UU.	<ul style="list-style-type: none"> • NEMA MG1 Seguridad • NEMA MG1 Eficiencia energética, valores mínimos
CSA Standards	Canadian Standards Association	Canadá	<ul style="list-style-type: none"> • C22.2 N° 100-M1985 Seguridad • C390-93 Eficiencia energética + ensayo, valores mínimos
UL Standards	Underwriters Laboratories Inc.	EE.UU.	<ul style="list-style-type: none"> • UL 1004 Seguridad
IEEE Standards	Institute of Electrical	Internacional	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE112 B Método de ensayo

IEC Standards	International Electrotechnical Commission	Internacional	<ul style="list-style-type: none"> • IEC 60034-1 General • IEC 60034-2 Método de ensayo
CENELEC	European Committee for Electrotechnical	Unión Europea	<ul style="list-style-type: none"> • EN 60034-1 General • EN 60034-2 Método de ensayo

Tabla 8 Normativa motores eléctricos eficientes

Políticas energéticas sobre motores eléctricos eficientes				
Título	Denominación	País	Fijación valores mínimos	Norma ensayo
Epact	Energy Policy Act	EE.UU.	Ley	NEMA MG1
EEAct	Energy Efficiency Act Energy Efficiency Regulations	Canadá	Ley	C390-93
EU Agreement	Acuerdo de los fabricantes europeos y la Dirección General de la Energía DG XVII	Unión Europea	Acuerdo voluntario	EN 60034-2 IEC-2

(Marshall, 2003)

*Los organismos de control ambiental son los encargados de autorizar o negar las diferentes iniciativas, lo que se busca en todos los casos es la disminución de gases nocivos para la salud y el medio ambiente.

10 Cálculos

10.1.1 Cálculo de Consumo de combustible

1. Llenamos el tanque de Combustible
2. Recorrimos 16 kilómetros combinados, (Tumbaco – Puembo)
3. Regresamos a la gasolinera y llenamos nuevamente el tanque de combustible
4. Ingreso la cantidad de 60 centavos

Datos:

Costo Combustible: 1 galón = 2 dólares

Distancia recorrida: 16 kilómetros

Es decir: $\frac{1 \text{ galón}}{X} = \frac{2 \text{ dólares}}{0.6 \text{ dólares}}$

$$X = \frac{1 \text{ galon} * 0,6 \text{ dólares}}{2 \text{ dólares}}$$

$$X = 0.3 \text{ galones}$$

Para obtener el consumo en Kilómetros / galón

$$\frac{16 \text{ kilómetros}}{X \text{ kilómetro}} = \frac{0.3 \text{ galones}}{1 \text{ galón}}$$

53,33 kilómetros/ galón

10.1.2 Cálculo de conversión de potencia del motor eléctrico

Datos:

$$1 \text{ kw} = 1,341 \text{ hp}$$

Potencia del motor eléctrico = 5,6 kW

$$\text{Potencia (hp)} = 5,6 \text{ kW} * 1,341$$

$$\text{Potencia (hp)} = 7,5 \text{ hp}$$

10.1.3 Cálculo de Potencia

Baterías = 12 v.

$V_{total} = 24$ v

1 kW = 1,341 hp

El motor produce 5,6 kW con 48 v. de corriente (dato del fabricante)

$$\frac{24v \times 5,6 \text{ kW}}{48 v} = 2,8 \text{ kW}$$

$$2,8 \text{ kW} = 3,75 \text{ hp}$$

10.1.4 Consumo

Carga 3 horas = 1,76 kW/h

1 mes = 53 kW/h

1 día = 1,76 kW/h = \$0,17

1kW/h = \$ 0,10

$$53 \frac{\text{kW}}{\text{h}} \times \$ 0,10 = \$ 5,3 \text{ mensuales}$$

\$ 0,17 = 1 día = 15 kW

$$\frac{\$ 0,17}{15 \text{ Km.}} = 0,0113 \frac{\$}{\text{Km.}}$$

El consumo es de \$0,0113 por cada kilometro

10.1.5 Velocidad máxima teórica

Dientes piñón motor = 15

Dientes catalina = 35

Diámetro llanta = 17" = 43,18 cm.

Revoluciones del motor = 3000 rpm.

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{\text{Piñon catalina}}{\text{Piñon motor}} = \frac{35}{15} = 2,33$$

$$\text{Revoluciones ruedas} = \frac{\text{Revolucion motor}}{\text{Relacion de transmision}} = \frac{3000 \text{ rpm}}{2,33} = 1287,55 \text{ rpm}$$

$$C = D\pi = 43,18\pi = 135,65 \text{ cm} = 1,36 \text{ m.}$$

$$Vf = Rr \times C = 1287,55 \times 1,36 = 1251,07 \frac{\text{m}}{\text{min.}} = 105,06 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

La velocidad final calculada es meramente teórica, por lo que se realizó una prueba de ruta en la que se llegó a una velocidad máxima de 70 km/h.

11 Conclusiones

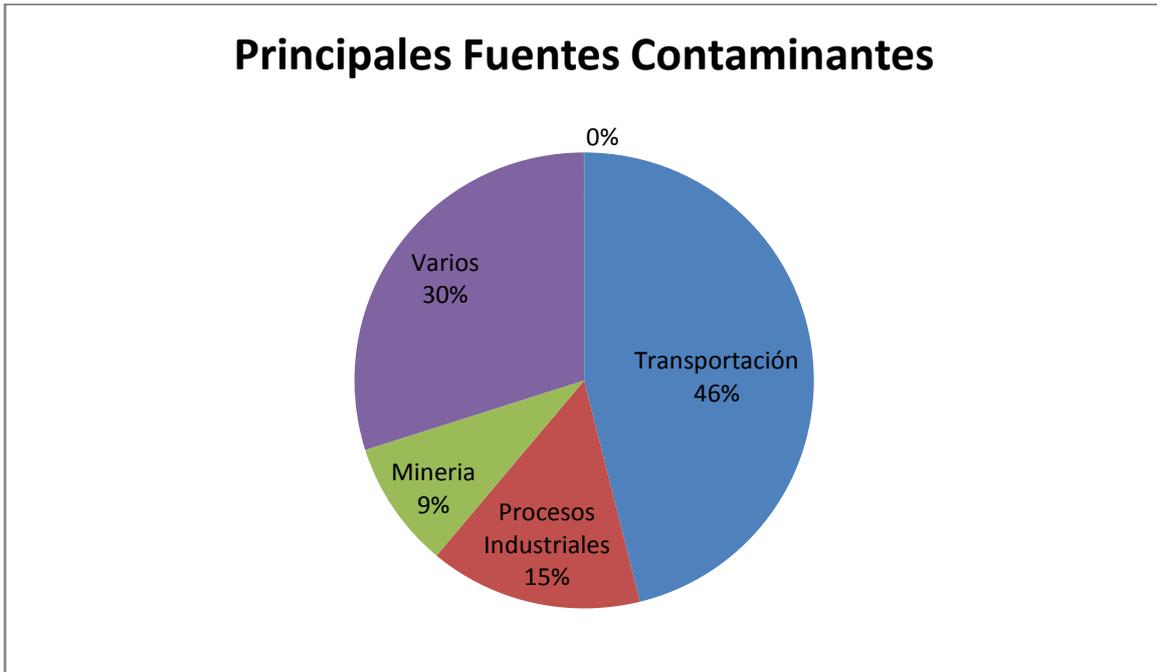
- Se aplicó los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera, para el mejoramiento energético de una motocicleta de combustión interna, a través de la implantación de un motor totalmente eléctrico.
- Se dio una posible solución a la problemática mundial, acerca del calentamiento global.
- Se obtuvo un ahorro económico al pasar de 3,75 centavos de dólar por kilómetro recorrido a 1,1 centavos de dólar por kilómetro recorrido con un motor eléctrico.
- Se redujo en costos de desplazamiento en un 70,67%.
- Se constató que es posible dejar de lado la dependencia petrolera en el campo de la transportación, al buscar posibles nuevas soluciones a una movilidad más rápida y eficiente.
- Por motivos de experimentación el costo final de modificación llegó alrededor de 2000 dólares por lo que no es tan rentable para futuras experiencias.

12 Recomendaciones

- Para una mejor organización, lo más factible es desmontar totalmente el chasis de la motocicleta y construir uno a la medida de las necesidades, específicamente la colocación de las baterías.
- Se podría colocar baterías de mayor autonomía y de otra tecnología, por motivos de costos optamos por la colocación de baterías de plomo, la mejor opción en la actualidad sería el uso de baterías de iones de litio.
- Una posible mejora sería, la adición de un controlador electrónico que controle directamente al motor de corriente eléctrica, con lo que se obtendría un control mucho más preciso de la velocidad del vehículo, así como del número de revoluciones.
- Se recomienda preferentemente el uso de un motor eléctrico de mejor tecnología, ya que ocupa menos espacio, es más potente y su consumo energético disminuye.
- Por motivos geográficos en la ciudad de Quito no es tan recomendable el uso de esta motocicleta debido a los grandes requerimientos en las cuestas, a diferencia de una ciudad costera en la cual no existan muchas dificultades geográficas.
- Se podría optar por cambiar el motor de corriente continua por un motor de corriente alterna debido a su abundante oferta y bajo costo.
- Se recomienda la instalación de una protección en la zona de poleas móviles para incrementar la seguridad del conductor.
- Para mejorar el arranque del prototipo se recomienda la instalación de un capacitor.

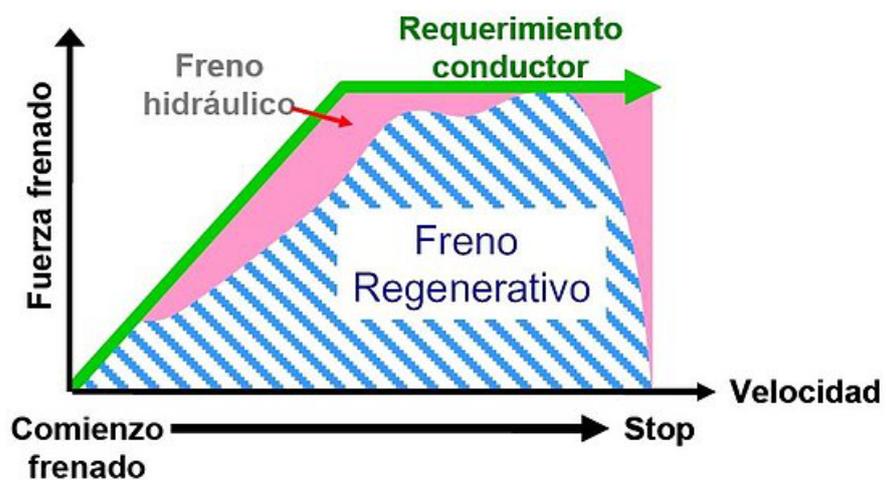
13 Anexos

Anexo 1 Principales fuentes de contaminación mundial



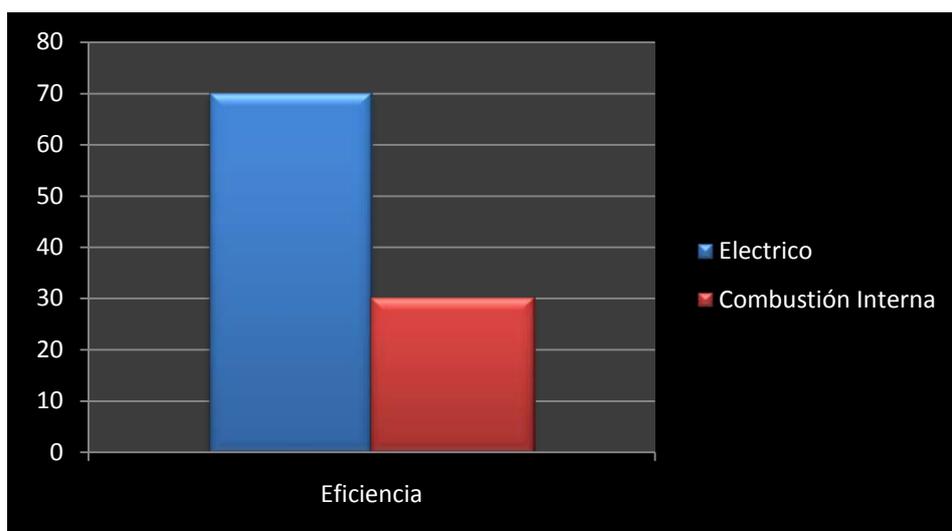
(Marshall, 2003)

Anexo 2 Funcionamiento del freno regenerativo

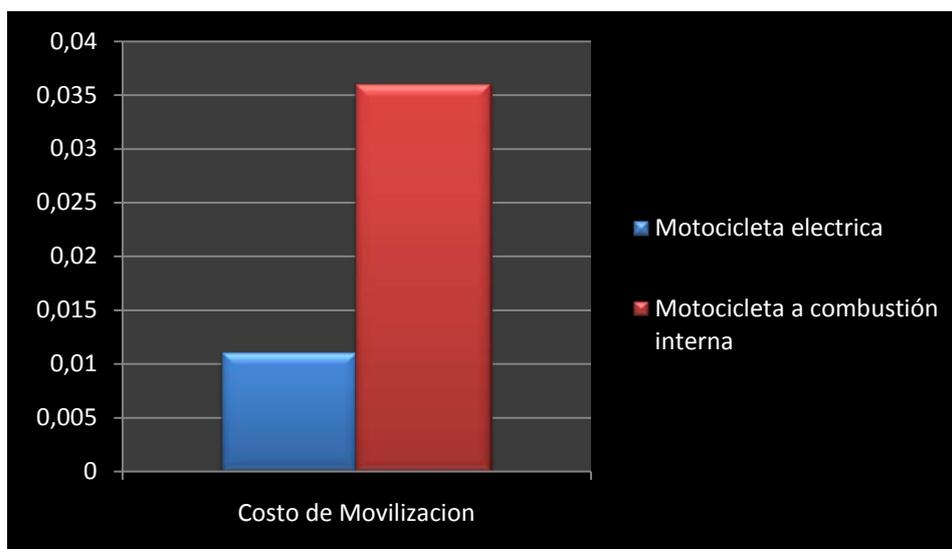


(Garcia, 2010)

Anexo 3 Eficiencia comparativa entre motores eléctricos y de combustión



Anexo 4 Costo de movilización por kilometro recorrido



14 Glosario

Aceleración: Magnitud que expresa el incremento de la velocidad en la unidad de tiempo.

Su unidad en el Sistema Internacional es el metro por segundo cada segundo (m/s^2).

Acelerador: Mecanismo que permite aumentar el régimen de revoluciones de un motor.

Alternador: Máquina eléctrica generadora de corriente alterna.

Amperaje: Cantidad de amperios que actúan en un aparato o sistema eléctrico.

Amperaje: Cantidad de amperios que actúan en un aparato o sistema eléctrico.

Ánodo: Electrodo positivo.

Autonomía: Máximo recorrido que puede efectuar un vehículo sin repostar. Tiempo máximo que puede funcionar un aparato sin repostar

Batería: Acumulador o conjunto de varios acumuladores de electricidad.

Bobina: Componente de un circuito eléctrico formado por un alambre aislado que se enrolla en forma de hélice con un paso igual al diámetro del alambre con un núcleo de hierro dulce

Caballo de fuerza: Esta unidad de medida corresponde a una unidad de potencia, que en el sistema métrico corresponde al equivalente de la fuerza que se necesita para levantar 1 libra a 550 pies de altura en 1 segundo.

Caballo de vapor: Unidad de potencia de una máquina, que representa el esfuerzo necesario para levantar, a 1 m de altura, en 1 s, 75 kg, y equivale a 745,7 W.

Calentamiento global: El calentamiento global es el incremento continuo de la temperatura promedio global: específicamente la temperatura de la atmósfera y de los mares.

Calor: Energía que pasa de un cuerpo a otro y es causa de que se equilibren sus temperaturas.

Campo magnético: Magnitud vectorial que expresa la intensidad de la fuerza magnética. Se mide en amperios/metro.

Capa de ozono: Estrato donde se concentra el ozono atmosférico, de espesor variable y situado entre 10 y 50 km de altura, que es de gran importancia biológica porque atenúa los efectos de la radiación ultravioleta.

Carga: Cantidad de electricidad acumulada en un cuerpo.

Catalina: Pieza mecánica en forma de disco que gira alrededor de un eje.

Cátodo: Electrodo negativo.

Ciclo Otto: El ciclo de Otto es un conjunto de procesos usado por los motores de combustión interna (2-tiempos o 4-tiempos)

Cobre: Elemento químico de núm. atóm. 29. Metal abundante en la corteza terrestre, se encuentra nativo o, más corrientemente, en forma de sulfuro. De color rojo pardo, brillante, maleable y excelente conductor del calor y la electricidad. Forma aleaciones como el latón o el bronce, y se usa en la industria eléctrica, así como para fabricar alambre, monedas y utensilios diversos. (Símb. Cu).

Combustión: Reacción química entre el oxígeno y un material oxidable, acompañada de desprendimiento de energía y que habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.

Consumo Eléctrico: Gasto total de energía eléctrica en un proceso determinado.

Continuidad: La continuidad refiere a ser parte de un entero completo o conectado. En usos eléctricos, cuando un circuito eléctrico es capaz de conducir la corriente, demuestra continuidad eléctrica.

Corriente Alterna: corriente eléctrica que invierte periódicamente el sentido de su movimiento con una determinada frecuencia.

Corriente continua: corriente eléctrica que fluye siempre en el mismo sentido.

Corriente eléctrica: Magnitud física que expresa la cantidad de electricidad que fluye por un conductor en la unidad de tiempo. Su unidad en el Sistema Internacional es el amperio.

Desaceleración: Es la variación negativa de la velocidad, o sea la magnitud física que expresa el paso de un cuerpo en movimiento de una velocidad a otra velocidad inferior, siguiendo siempre la misma trayectoria. Dicho término puede definirse también como aceleración negativa.

Desgaste: Quitar o consumir poco a poco por el uso o el roce parte de algo.

Devanado: Componente de un circuito eléctrico formado por un alambre aislado que se arrolla en forma de hélice con un paso igual al diámetro del alambre.

Dinamo: Una dinamo es un generador eléctrico que transforma la energía mecánica en energía eléctrica, debido a la rotación de cuerpos conductores en un campo magnético. El término “dínamo” es usado especialmente para referirse a generadores de los que se obtiene corriente continua.

Efecto invernadero: El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta, al retener parte de la energía proveniente del Sol.

Eficiencia: Capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.

Eje: Barra, varilla o pieza similar que atraviesa un cuerpo giratorio y le sirve de sostén en el movimiento.

Efecto memoria: es un fenómeno que reduce la capacidad de las baterías con cargas incompletas. Se produce cuando se carga una batería sin haber sido descargada del todo: se crean unos cristales en el interior de estas baterías, a causa de una reacción química al calentarse la batería, bien por uso o por las malas cargas.

Electricidad: Propiedad fundamental de la materia que se manifiesta por la atracción o repulsión entre sus partes, originada por la existencia de electrones, con carga negativa, o protones, con carga positiva.

Electrolisis: Descomposición de una sustancia en disolución mediante la corriente eléctrica.

Electromagnetismo: Parte de la física que estudia la interacción de los campos eléctricos y magnéticos.

Emisión: Exhalación o expulsión de algo hacia afuera.

Energía de excitación: energía de excitación es la que lleva a un átomo de su estado fundamental a su primer (o más bajo) estado excitado.

Energía eléctrica: La Energía eléctrica es causada por el movimiento de las cargas eléctricas en el interior de los materiales conductores.

Energía mecánica: La Energía mecánica es la producida por fuerzas de tipo mecánico, como la elasticidad, la gravitación, etc., y la poseen los cuerpos por el hecho de moverse o de encontrarse desplazados de su posición de equilibrio.

Energía: Capacidad para realizar un trabajo. Se mide en julios.

Esfuerzo: Empleo enérgico de la fuerza física contra algún impulso o resistencia.

Estabilizador: Mecanismo que se añade a un aeroplano, nave, etc., para aumentar su estabilidad.

Excitación: elevación en el nivel de energía de un sistema físico, por encima de un estado de energía de referencia arbitrario

Fiabilidad: En el caso de las construcciones automovilísticas, la fiabilidad del conjunto del vehículo o de parte del mismo es la probabilidad de funcionar sin inconvenientes por un determinado período en ciertas condiciones de uso.

Frecuencia es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

Fuerza electromotriz: Magnitud física que se mide por la diferencia de potencial originada entre los extremos de un circuito abierto o por la corriente que produce en un circuito cerrado.

Gases de invernadero: Gases integrantes de la atmosfera, de origen natural y antropogénico que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del

espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmosfera y las nubes.

Generador: En las máquinas, parte que produce la fuerza o energía, como en las de vapor, la caldera, y en la electricidad, una dinamo.

Hidráulica: Parte de la mecánica que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos.

Hierro dulce: El libre de impurezas, que se trabaja con facilidad.

Histéresis: Tendencia de un material a conservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado

Imán: Mineral de hierro de color negruzco, opaco, casi tan duro como el vidrio, cinco veces más pesado que el agua, y que tiene la propiedad de atraer el hierro, el acero y en grado menor algunos otros cuerpos. Es combinación de dos óxidos de hierro, a veces cristalizada.

Inducido: Circuito que gira en el campo magnético de una dinamo o de un alternador, y en el cual se desarrolla una corriente por efecto de su rotación.

Inercia: Propiedad de los cuerpos de no modificar su estado de reposo o movimiento si no es por la acción de una fuerza.

Intensidad: Magnitud física que expresa la cantidad de electricidad que atraviesa un conductor en la unidad de tiempo. Su unidad en el Sistema Internacional es el amperio.

Kilovatio: Unidad de potencia equivalente a 1000 vatios.

Kilovatio-hora: Unidad de trabajo o energía equivalente a la energía producida o consumida por una potencia de un kilovatio durante una hora.

Ley de Lorentz: Toda vez que una carga se desplaza dentro de un campo magnético, recibe una fuerza que es directamente proporcional al valor de la carga, a su velocidad, al campo magnético y al seno del ángulo formado por el vector velocidad y el vector campo magnético.

Lluvia acida: Precipitación en la atmósfera de las emisiones industriales de contaminantes ácidos, como óxidos de azufre y de nitrógeno, óxidos metálicos, etc.

Monofásico: Se dice de la corriente eléctrica alterna que circula por dos conductores, y también de los aparatos que se alimentan con esta clase de corriente.

Motor de arranque: motor eléctrico auxiliar que pone en marcha a otro, generalmente de combustión interna.

Motor eléctrico: Un motor eléctrico es un dispositivo que funciona con corriente alterna o directa y que se encarga de convertir la energía eléctrica en movimiento o energía mecánica.

Motor: Máquina destinada a producir movimiento a expensas de otra fuente de energía.

Movimiento rotatorio: movimiento de un cuerpo alrededor de un eje.

Ohmio: Unidad de resistencia eléctrica del Sistema Internacional, equivalente a la resistencia eléctrica que da paso a una corriente de un amperio cuando entre sus extremos existe una diferencia de potencial de un voltio.

Ozono: Estado alotrópico del oxígeno, producido por la electricidad, de cuya acción resulta un gas muy oxidante, de olor fuerte a marisco y de color azul cuando se liquida. Se encuentra en muy pequeñas proporciones en la atmósfera después de las tempestades.

Piñón: Rueda pequeña y dentada que engrana con otra mayor en una máquina.

Polo eléctrico: Cada uno de los terminales del circuito de una pila o de ciertas máquinas eléctricas.

Potencia: Se define potencia como la rapidez a la cual se efectúa trabajo, o bien, como la rapidez de transferencia de energía en el tiempo.

Potenciómetro: Resistencia regulable en un circuito eléctrico.

Reciclaje: Someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar.

Rectificador: Circuito empleado para convertir una señal de corriente de entrada (V_i) en corriente continua de salida (V_o)

Refrigeración: Sistema o dispositivo que se utiliza para refrigerar (hacer más fría una habitación u otra cosa).

Regeneración: Dar nuevo ser a algo que degeneró, restablecerlo o mejorarlo.

Relación peso-potencia: Relación entre el peso de un vehículo y la potencia máxima del motor instalado en el mismo. Representa un índice de la capacidad de aceleración de un automóvil, para las marchas inferiores y a velocidades bajas y medias, así como de su marcha por una cuesta.

Rendimiento: Proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados.

Rotor: Parte giratoria de una máquina eléctrica o de una turbina.

Rozamiento: Resistencia que se opone a la rotación o al deslizamiento de un cuerpo sobre otro.

Temperatura: Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el Sistema Internacional es el kelvin (K).

Torque: se llama torque o momento de una fuerza a la capacidad de dicha fuerza para producir un giro o rotación alrededor de un punto.

Transmisión: Conjunto de mecanismos que comunican el movimiento de un cuerpo a otro, alterando generalmente su velocidad, su sentido o su forma.

Trifásico: Se dice de un sistema de tres corrientes eléctricas alternas iguales, desfasadas entre sí en un tercio de período.

Vehículo eléctrico: El vehículo eléctrico, se compone de una batería que almacena la energía, un motor eléctrico y un sistema de gestión de la energía (controlador).

Velocidad: Magnitud física que expresa el espacio recorrido por un móvil en la unidad de tiempo. Su unidad en el Sistema Internacional es el metro por segundo (m/s).

Velocímetro: Aparato que en un vehículo indica su velocidad de traslación.

Vida útil: Vida normal de operación de un bien en términos de utilidad para su propietario.

Voltaje nominal: Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para los que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento. Para los sistemas trifásicos se considera como tal la tensión compuesta.

Voltaje: Cantidad de voltios que actúan en un aparato o sistema eléctrico.

Voltio: Unidad de potencial eléctrico y fuerza electromotriz del Sistema Internacional, equivalente a la diferencia de potencial que hay entre dos puntos de un conductor cuando al transportar entre ellos un coulomb se realiza el trabajo de un julio.

15 Índice

A

Ahorro, 113

automóvil eléctrico, 73

autonomía, 72

C

capa de ozono, 73

combustibles fósiles, 73

combustión interna, 73, 74, 76, 97, 113, 119, 127, 131,
136, 141

Contaminación, 99, 112

Corriente Continua, 84, 87

E

eléctrico, iv, 79, 92, 102, 104, 105, 113, 115, 126, 127,
129, 131, 132, 135, 137, 141, 143, 147

Electromagnetismo, 101, 138, 145

M

medio ambiente, 72, 98

motocicleta, iv, 72, 73, 123, 127, 131, 132, 133

Motor, 76, 84, 113, 115, 141

S

sustentables, 73

16 Bibliografía

Definicion.org. (10 de Abril de 2013). Obtenido de <http://www.definicion.org/tension-nominal>

Green Facts. (2 de Abril de 2013). Obtenido de <http://www.greenfacts.org/es/glosario/ghi/gas-efecto-invernadero.htm>

Valeo Company. (13 de marzo de 2013). Obtenido de www.valeo.com

Academic. (15 de Marzo de 2013). Obtenido de http://enciclopedia_universal.esacademic.com/114871/desgastar

Asociacion Española para la promocion de vehiculos electricos. (2006). Auto electrico.

Avele. (12 de Abril de 2013). Obtenido de http://www.avele.org/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=23

BBC. (14 de Abril de 2013). *BBC Mundo.* Obtenido de <http://www.bbc.co.uk/spanish/especiales/clima/ghousedefault.shtml>

Bosch. (13 de Abril de 2013). Obtenido de http://rb-kwin.bosch.com/ar/es/automotivetechology/overview/newsspecial/startstopp_startermotor/index.html

CONELEC. (2013). *Tarifas de electrificación.* Quito.

Consejo Nacional de Electricidad. (15 de Marzo de 2013). Obtenido de <http://www.conelec.gob.ec/documentos.php?cd=3073&l=1>

Crouse, W. (1993). *Mecánica del Automóvil*. Marcombo.

Crovat S.A. (29 de Septiembre de 2011). *OjoCientifico.com*. Obtenido de

<http://www.ojocientifico.com/2011/09/29/motor-electrico-como-funciona>

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. (s.f.). *Matemática aplicada para la técnica del automovil*. Kindler-Kynast.

Fisica-facil.com. (12 de Abril de 2013). Obtenido de <http://www.fisica-facil.com/Temario/Electromagnetismo/Teorico/Lorentz/centro.htm>

Gonzales, G. (2009). *Auto electrico*. Autolibre.

González Herrero, J. M. (2009). *Integración de los vehículos eléctricos en los sistemas eléctricos*.

Guerro, L. (14 de Abril de 2013). *About.com*. Obtenido de

<http://vidaverde.about.com/od/Vida-Verde101/a/Que-es-calentamiento-global.htm>

Hernández, N. (2008). *Energías Alternativas*. Querétaro: Seminario de la Carrera de Tecnología Ambiental de la Universidad Tecnológica de Querétaro.

INEC. (13 de Abril de 2013). Obtenido de <http://www.inec.gob.ec/estadisticas/>

Ingeniatic. (14 de Abril de 2013). Obtenido de

<http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/431-d%C3%ADnamo>

Instituto de catálisis y petroquímica. (2001). El hidrógeno: un vector energético no contaminante para automoción . En J. Fierro, L. Gómez, & M. A. Peña. Madrid, España: CSIC.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (14 de Abril de 2013). Obtenido de

<http://www.inec.gob.ec/estadisticas/>

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. (10 de

Abril de 2013). *Proyecto Newton*. Obtenido de

http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/electrica.htm

Jaramillo, O. (3 de Mayo de 2007). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido

de <http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/Termodinamica/node45.html>

JFINTERNATIONAL. (12 de Abril de 2013). Obtenido de

<http://www.jfinternational.com/mf/potencia.html>

Jovac, M. (1982). *Motores de Automoviles*. MIR.

Miravete, A. (1997). *El automóvil ante el Siglo XXI*. Reverte.

Piccardo, J. (2012). *Vehículo eléctrico de propulsión nacional*. Buenos Aires: UB

Profesor en Línea. (12 de Abril de 2013). Obtenido de

http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Fuerzas_Torque_momento.html

Real Academia de Española. (s.f.). *Real Academia Española*. Obtenido de

<http://lema.rae.es/drae/?val=apesadumbrado>

Redgiga. (13 de Abril de 2013). *Diccionario.MotorGiga.com*. Obtenido de

<http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/peso-potencia-definicion-significado/gmx-niv15-con195116.htm>

- Rivera, M. (21 de Abril de 2011). *Motorpasionfuturo*. Obtenido de <http://www.motorpasionfuturo.com/mecanica-eficiente/freno-regenerativo-recuperando-energia>
- Rivero, J. H. (22 de Febrero de 2010). Obtenido de <http://profesorriverojavierhoracio2005.blogspot.com/2010/02/motor-de-combustion-interna.html>
- Robert Bosch Argentina Industrial S.A. (14 de Abril de 2013). *Bosch Argentina*. Obtenido de <http://www.bosch.com.ar/ar/autopeças/produetos/catalogos/arranques.pdf>
- Sebastián, R., & Peña, R. (2006). Sistema híbrido eólico-diesel con almacenamiento en baterías. *Revista de Ingeniería Energética*, 60-64.
- Steele, R. (s.f.). *Un futuro eléctrico*.
- Universidad Autonoma de Guadalajara. (10 de Abril de 2013). Obtenido de <http://genesis.uag.mx/edmedia/material/fisicaII/electromagnetismo.cfm>
- Universidad del País Vasco. (12 de Abril de 2013). Obtenido de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electmagnet/movimiento/bohr/bohr.htm>
- Viñuela, S. (29 de Octubre de 2011). *Autobild.es*. Obtenido de <http://www.autobild.es/practicos/sistema-start-stop-prueba-ahorro-combustible-166409>
- WordReference.com. (10 de Abril de 2013). *WordReference.com*. Obtenido de <http://www.wordreference.com/definicion/continuidad>
- www.jialing.com. (2013).

