

“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE UN PROTOTIPO DE VEHICULO HÍBRIDO”

Jorge Enrique Alcívar García¹, Julián Asinc², Francisco Novillo³, Jorge Aragundi⁴

¹Ingeniero en Electrónica Industrial 2005

²Ingeniero en Electricidad Especialización Electrónica 2002

³Ingeniero en Electricidad Especialización Electrónica 2001

⁴Director de tesis, Ingeniero Electrónico de potencia, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1995, Postgrado EEUU, Universidad Missouri-Rolla, 1998. Profesor de ESPOL desde 1998.

RESUMEN

El sistema diseñado se basa en un modelo de vehículo híbrido que posee tanto un motor eléctrico, como un motor de combustión interna. Este tipo de vehículo híbrido es llamado configuración en paralelo porque funciona con una doble transmisión, una para el motor de combustión interna y otra para el motor eléctrico, el motor de combustión interna asegura la velocidad máxima, buena aceleración y un radio de acción amplio. El motor eléctrico se puede utilizar en ciudad, alcanzando velocidades normalmente de 50 Km/h. teniendo un radio de acción limitado, consumiendo la energía de las baterías

Frente a los vehículos tradicionales tienen la ventaja de contaminar menos, al disminuir la emisión de gases al medio ambiente y la contaminación acústica. Al trabajar el motor eléctrico, este se alimenta por medio de un banco de baterías, la cual es recargado al final del día a un tomacorriente casero de 110 v.

SUMMARY

The designed system is based on a model of hybrid vehicle that possesses an electric motor, as a motor of internal combustion, this type of hybrid vehicle is called configuration in parallel because it works with a double transmission, one for the motor of internal combustion and another for the electric motor, the motor of internal combustion assures the speed maximum, good acceleration and a wide action radius. The electric motor one can it uses in city, usually reaching speeds of 50 Km/h. having a limited action radius, consuming the energy of the batteries

In front of the traditional vehicles they have the advantage of contaminating less, when diminishing the emission of gases to the environment and the acoustic contamination. The electric motor feeds by means of a group of batteries, which is recharged at the end of the day connecting it to a taking of homemade energy of 110 v.

INTRODUCCIÓN

Un vehículo híbrido posee tanto un motor eléctrico, como uno de combustión interna. Frente a los vehículos tradicionales, tienen la ventaja de contaminar menos, este tipo de vehículo es extremadamente limpio, silencioso y resulta ideal para el tráfico urbano. Además como el auto se alimenta de energía eléctrica, el uso masivo de los vehículos eléctrico reduciría la demanda de petróleo.

¿Porque un vehículo Hibrido-Eléctrico?

En nuestro país aun no se ha desarrollado este tipo de vehículos. De aquí la idea de diseñar un prototipo de vehículo híbrido-eléctrico que sea económico y que tenga la facilidad de adaptarse a las necesidades particulares. Este vehículo Híbrido (VH) utiliza un motor eléctrico además de un motor convencional de explosión, y un pack de baterías. El motor eléctrico se conecta directamente a una transmisión estándar. Cada batería en el pack es similar en tamaño y forma a la que se encuentra en el mercado, pero tiene muchas más potencia. El pedal acelerador del vehículo está conectado mediante un enlace a un controlador eléctrico. Presionando el acelerador ligeramente, enviaremos energía al motor eléctrico en proporción a la presión que ejerzamos sobre el pedal.

1. CARACTERÍSTICA DEL AUTOMÓVIL HÍBRIDO

Un vehículo híbrido es aquel que usa para su propulsión dos motores, un motor de combustión interna y un motor eléctrico y se caracteriza por ser un vehículo no contaminante pues, durante la utilización del vehículo en tráfico urbano, que es cuando interesa evitar la emisión de gases, y ruidos, se utiliza la tracción eléctrica. Su consumo es menor que el de un automóvil convencional, pues su motor de combustión solo podría ser usado cuando se encuentran en las afueras de la ciudad, en donde las velocidades son constante.

El vehículo híbrido Propuesto para esta tesis, esta basado en la configuración paralelo con tracción independiente como se muestra en la figura 1 Este vehículo comprende dos tracciones, la delantera comandada por el motor de combustión interna y una tracción trasera comandada por el motor eléctrico.

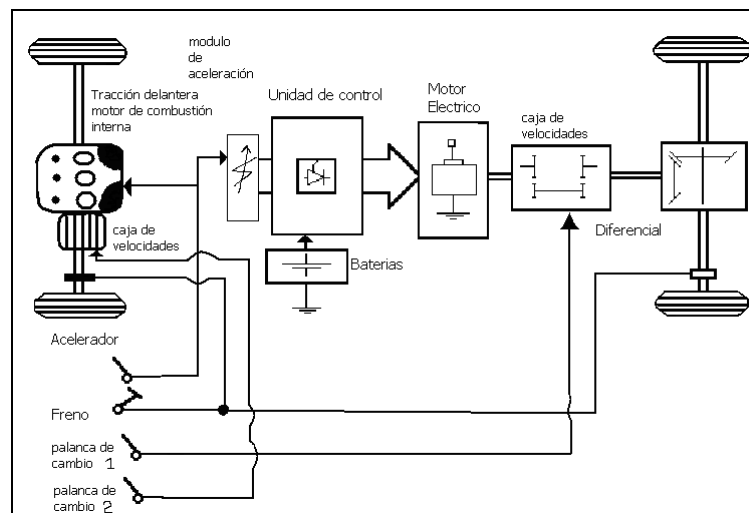


Figura 1 Esquema simplificado del automóvil híbrido

Esta configuración implementada se llama configuración paralelo, porque ambos motores contribuye a la tracción del vehículo. Esto es mediante dispositivos mecánicos donde cada motor contribuye a la tracción del vehículo sin existir conexión mecánicas entre ellas.

La etapa eléctrica del vehículo híbrido, esta formado por la unidad de control cuya función es entregar energía al motor eléctrico de manera dosificada, modulo de aceleración que ordena a la unidad de control cuanta energía entregar al motor, un banco de baterías encargada de almacenar energía y alimentar al motor eléctrico por medio de la unidad de

control, además lleva una caja de cambio y un diferencial encargada de transmitir el movimiento del motor eléctrico a las ruedas. En la figura 2 se muestra un esquema donde se describe las partes del vehículo híbrido.

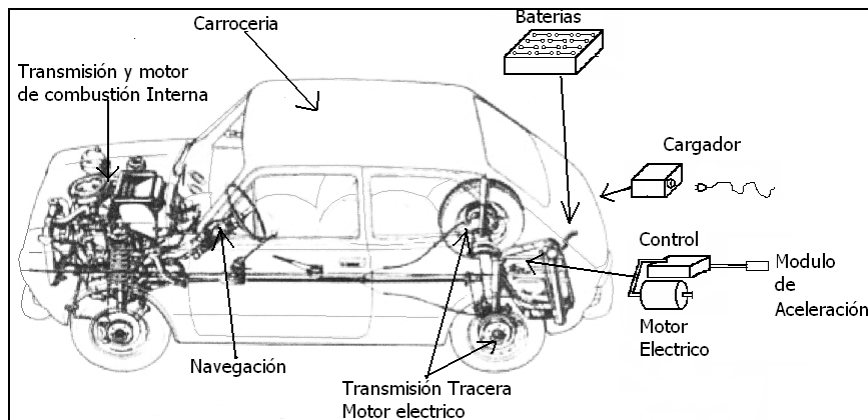


Figura 2 Descripción de los diferentes componentes en un vehículo híbrido

2. ANALISIS Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL VEHICULO HIBRIDO

Definido el tipo de configuración a implementar, se procedió a la cotización y análisis de los componentes a utilizar. En función del presupuesto, se decidió utilizar un vehículo de tracción delantera marca FIAT 127. Después de un análisis general y cálculos de dimensionamiento energético del vehículo, se decidió usar para la tracción eléctrica, un motor de corriente continua tipo serie, un troceador para este tipo de motor, módulo de aceleración, dispositivos de fuerza y control, tales como solenoides, contactores, cables etc. Y como fuente de almacenamiento de energía, un grupo de baterías de ácido plomo de gran capacidad y un cargador de baterías. Para la transmisión, se decidió usar una caja de cambio de Suzuki Forsa, por ser liviana, económica y sobre todo por sus características.

2.1. Vehículo de combustión interna

El Vehículo de combustión interna que hemos elegido para el desarrollo del proyecto, es un FIAT 127, versión 4 puertas debido a las siguientes características:

- Carrocería liviana y de material resistente capaz de soportar modificaciones.
- Vehículo de tracción delantera comandada por el motor de combustión interna, ideal para nuestro propósito.
- Espacio trasero suficiente, ideal para colocar la nueva tracción para el motor eléctrico, colocar el conjunto de baterías y los componentes del circuito de fuerza y control.

Este vehículo será reconstruido y transformado de tal manera que en la parte trasera irá la nueva tracción eléctrica y en el maletero se colocará las baterías y los circuitos de fuerza y control para el motor eléctrico. En la figura 3 se muestra un esquema del vehículo

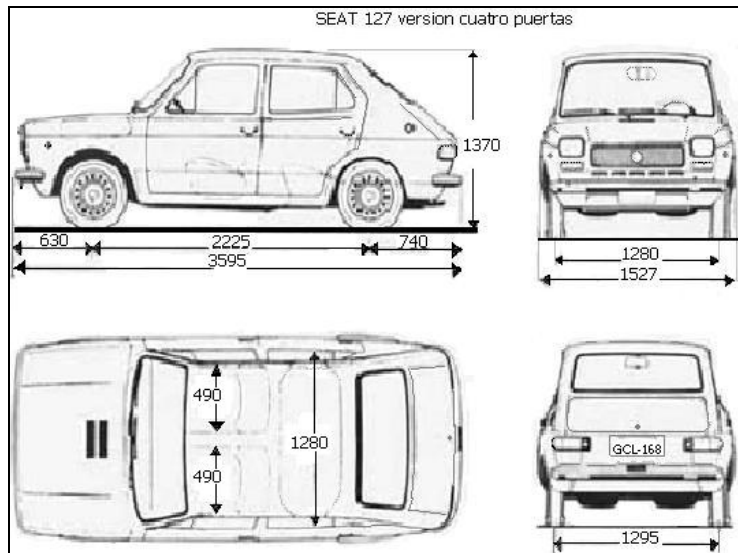


Figura 3 Característica física y dimensión del SEAT 4 Puertas

2.2. Motor de corriente continua tipo serie

Una vez hecho un estudio sobre los diferentes tipos de motores eléctricos y basados a la potencia requerida para mover al vehículo, seleccionamos un motor de corriente continua tipo serie con una potencia de 10 hp, 36 Voltios de alimentación y de 1400 r.p.m, debido a lo fácil y económico que resulta su unidad de control de velocidad y al gran par de arranque que ofrece. Este motor tiene la característica de acoplarse a cualquier sistema de diferencial. En la figura 4 se muestra un esquema de las características del motor eléctrico.

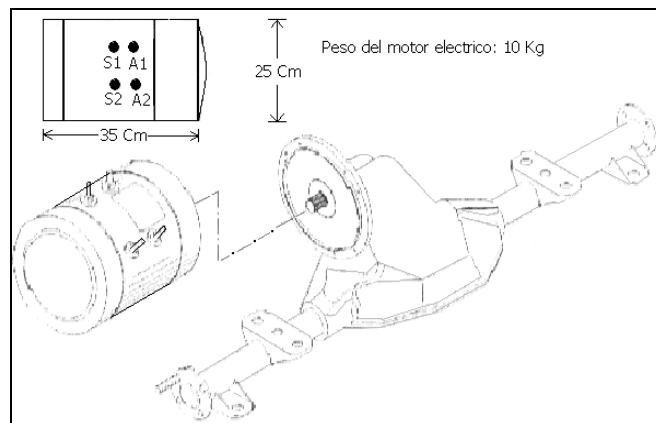


Figura 4 esquema de un motor serie acoplado en un diferencial de vehículo

2.3. Sistema de control de velocidad del motor de corriente continua

Una vez elegido el motor eléctrico, se procedió al análisis de las diferentes formas de controlar la velocidad del motor. Para esto se decidió diseñar un circuito troceador de conmutación forzada. Pero como este dispositivo se encuentra en el mercado a un precio muy económico, se decidió adquirir un control de velocidad marca Curtís PMC Modelo 1204-001 de 24 – 36 V – 275 Amperios con su respectivo modulo de aceleración, la cual cumple con todas las características para el funcionamiento del motor.

La función de este control de velocidad es suministrar la energía necesaria al motor por medio de las baterías y regular su funcionamiento, en velocidad, potencia y torque según

las circunstancias lo requiera. Este troceador permite variar la velocidad disminuyendo o aumentando la tensión del campo de excitación, la cual es proporcional a la velocidad de giro. En la figura 5 se muestra un esquema del controlador curtís.

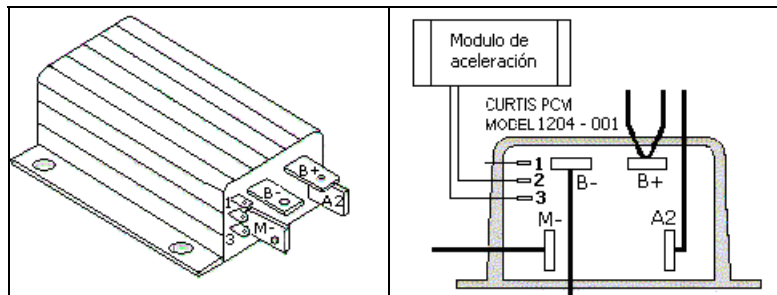


Figura 5 controlador curtís PMC1204-001

El modulo de aceleración consiste en un dispositivo que controla al circuito de disparo de los tiristores del controlador curtís, este dispositivo esta formado por un potenciómetro, cuya resistencia varia entre (480Ω - 5300Ω) donde con la menor resistencia tendremos aceleración cero y con la mayor resistencia tendremos la máxima aceleración para el motor eléctrico. En la figura 6 se muestra un esquema del modulo de aceleración

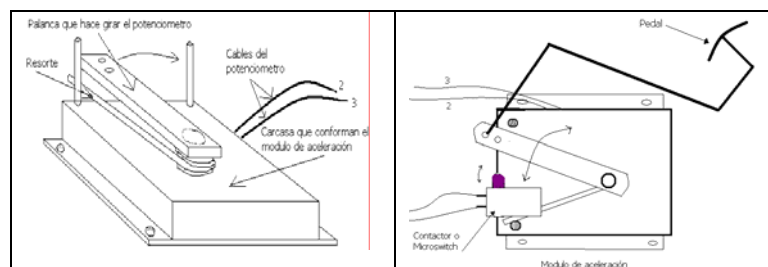


Figura 6 Esquema del modulo de aceleración a utilizar

2.4. Baterías

Basado en cálculos hecho para la autonomía del vehiculo hibrido y tomando como referencia el voltaje de alimentación del motor eléctrico, la durabilidad, capacidad y costos, se decidió usar 6 baterías de acido-plomo de 220 amperios – horas y de 6 voltios cada una. Estas baterías tiene como dimensiones; 20 Cm de ancho, 25 Cm de largo y 30 Cm de alto, con un peso aproximado se de 7 Kg. Cada una. En la figura 7 se muestra un esquema de conexión de las baterías.

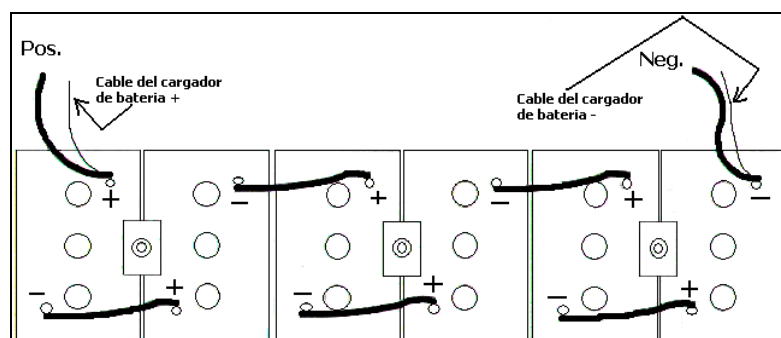


Figura 7 Esquema de conexión de las baterías en el vehiculo hibrido.

2.5. Cargador de batería

El cargador de batería seleccionado es marca LESTER ELECTRICAL, Modelo 13480, de 110 voltios, 60Hz y 11 amperios de corriente alterna como entrada y 36-42 voltios y 25 amperios de corriente continua como salida, con indicador de carga de batería y apagado automático. Con este dispositivo nuestro vehículo, podrá conectarse a un tomacorriente casero de 110v después de un día de labor. La función del cargador es rectificar la corriente alterna y convertirla en corriente continua. En la figura 8 se muestra un esquema de las partes de cargador

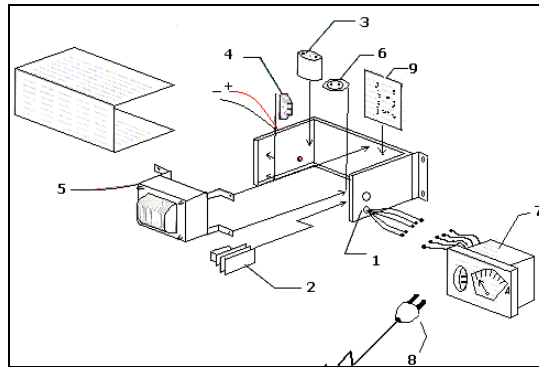


Figura 8 Partes que conforman el cargador de batería

Donde tenemos que:

- 1 Cables
- 2 Contador
- 3 Capacitor
- 4 Diodo.
- 5 Transformador de 110 volt a 42 volt.
- 6 Fusible de 25 mA.
- 7 Indicador de carga de las baterías con alimentación de 110v
- 8 Cable tomacorriente
- 9 Circuito electrónico

2.6. Sistema de tracción y suspensión para el motor eléctrico

El vehículo híbrido cuenta con dos modo de operación es decir cuando el vehículo funcione en modo Mecánico (motor de combustión interna), el motor eléctrico debe estar desconectado de la tracción, y para conseguir esto, decidimos usar una caja de cambios, por poseer neutro, lo mismo ocurrirá si se encuentra trabajado el motor eléctrico. Otra ventaja de usar una caja de cambios es, al usar la velocidad de primera, podemos incrementar el torque de forma mecánica, consiguiéndose así disminuir el par de arranque del motor eléctrico, dando como resultado un menor consumo de energía. Para el sistema de tracción se requiere de un diferencial para compensar la diferencia de velocidad lineal de las ruedas en las curvas. Basado en estas características, se decidió usar una caja de cambio de Suzuki Forsa, porque tiene incorporado un sistema de diferencial y ser liviana.

Como elemento de tracción usamos ejes propulsores, punta de ejes, rotulas, terminales, amortiguadores, espirales, tricestas, guardapolvos, puente para la caja, templadores y sistema de freno de disco. En la figura 9 se muestra un esquema donde se muestra la forma de acople de todos estos componentes

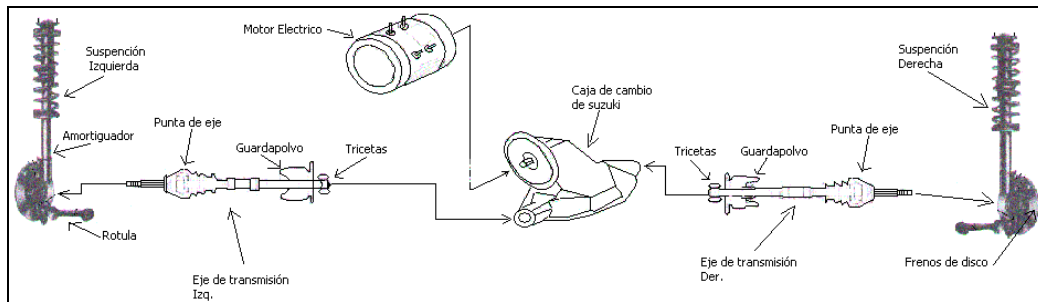


Figura 9 Esquema del acople de los componentes de tracción

3. DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL HIBRIDO

Una vez definido los componentes a usar, se procedió a la construcción del chasis para la tracción eléctrica, acople del motor eléctrico a la caja de cambio, adaptaciones y acople de los componentes mecánico, diseño de fuerza y control para el circuito eléctrico y electrónico, montaje de los componentes eléctrico y puesta a punto del vehículo.

3.1. Diseño y construcción del chasis para el motor eléctrico en el vehículo.

Como este vehículo es un compacto, es decir no posee estructura de rieles metálica llamado chasis, tuvimos que diseñar y construir esta estructura. La razón de construir este chasis, es porque en ella ira acoplado la tracción del motor eléctrico, la cual soportara el peso de las baterías y además será diseñado para colocar un nuevo sistema de suspensión. Es decir esta estructura de rieles nos sirve para reforzar al vehículo para su nuevo trabajo.

Para la construcción del chasis usamos tubos de acero y para el piso una plancha de acero corrugada. En la figura 10 se muestra un esquema del chasis a construir en el vehículo.

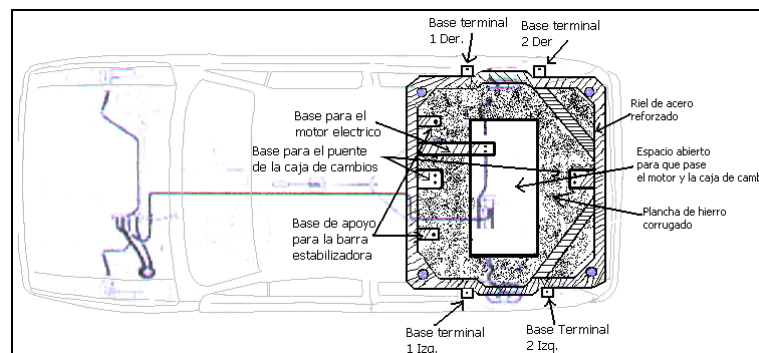


Figura 10 Esquema de construcción del chasis

3.2. Acople del sistema de amortiguación y tracción.

Una vez listo el Chasis, se procedió a montar el motor eléctrico, caja de cambio y todos sus componentes con el objeto de corregir posibles fallas en la ubicación de las bases. Para esto primeramente se acoplo la caja de cambio al el motor eléctrico y luego se la monto al chasis como se muestra en la figura 11.

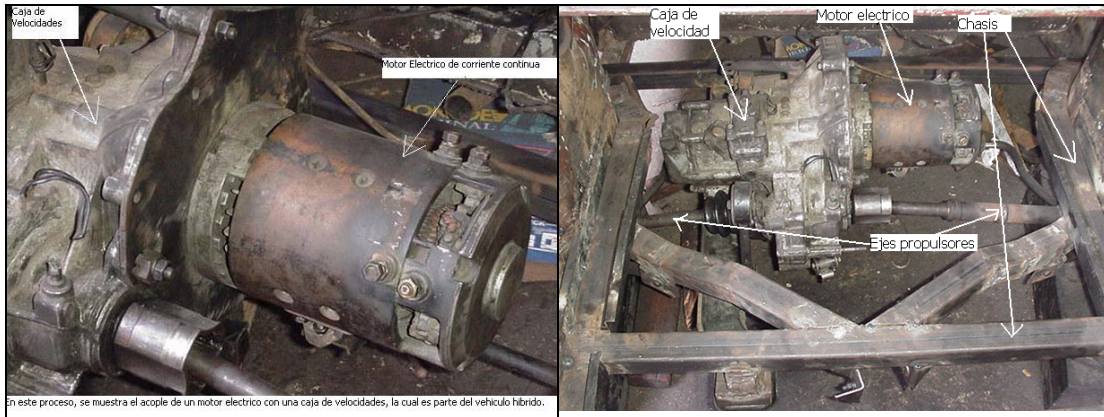


Figura 11 Foto del motor y caja de velocidad acoplado

Una vez acoplado el motor eléctrico y los amortiguadores en el vehículo, procedimos a ensamblar el sistema de tracción. Para esto usamos las rotulas, terminales, barra estabilizadora, frenos de disco y ejes propulsores. En la figura 12 se muestra los componentes de tracción en el vehículo.

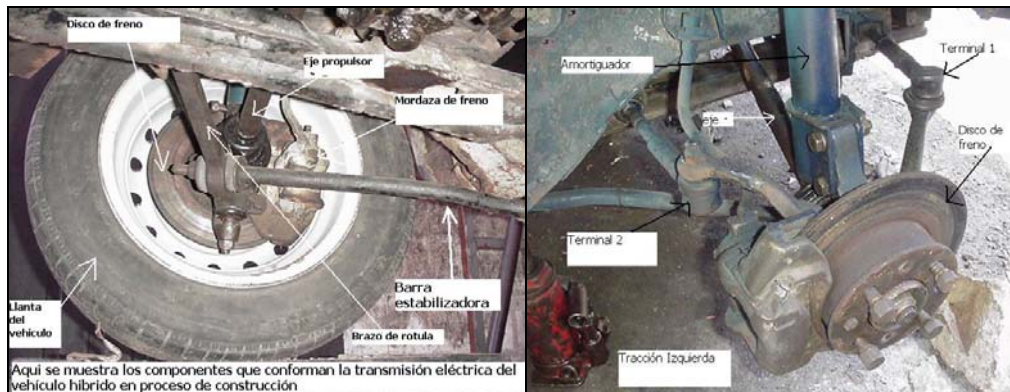


Figura 12 Partes del sistema de tracción del vehículo

3.3. Diseño y construcción de un dispositivo electromecánico controlado electrónicamente para la caja de velocidad.

Para el control de la caja de velocidad se lo hace de manera electrónica, es decir para la sincronización de las velocidades no se usa palancas de cambios. Mediante un panel con botoneras que se ubicara en el tablero del vehículo enumeradas del 1 al 5 más la R de retro y N de neutro. La cual mediante este control un dispositivo mecánico hecho a partir de palancas y electroimanes se encargara de sincronizar las velocidades. En la figura 13 se muestra un esquema del dispositivo.

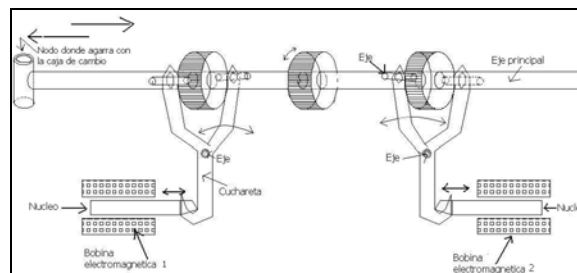


Figura 13 Partes del dispositivo electromecánico

Una vez implementado, este dispositivo, se procedió hacer pruebas en la caja de cambio e implementar el circuito electrónico de control. En la figura 14 se muestra el dispositivo en el vehículo.

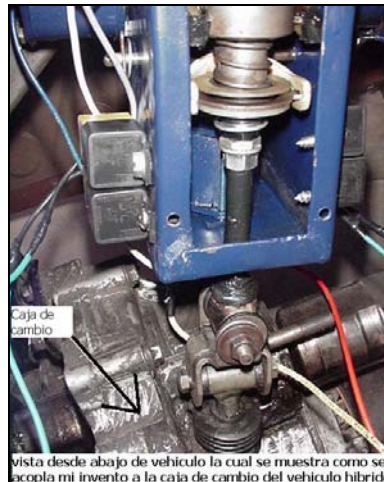


Figura 14: Proceso de pruebas del dispositivo

3.4. Diseño e implementación del circuito de fuerza y control para el motor eléctrico.

Una vez definido el modo de operación del motor eléctrico en el vehículo, se procedió hacer el siguiente circuito de fuerza y control como se muestra en la figura 15. Las líneas remarcadas representan el circuito de fuerza y la línea delgada representa la parte de control.

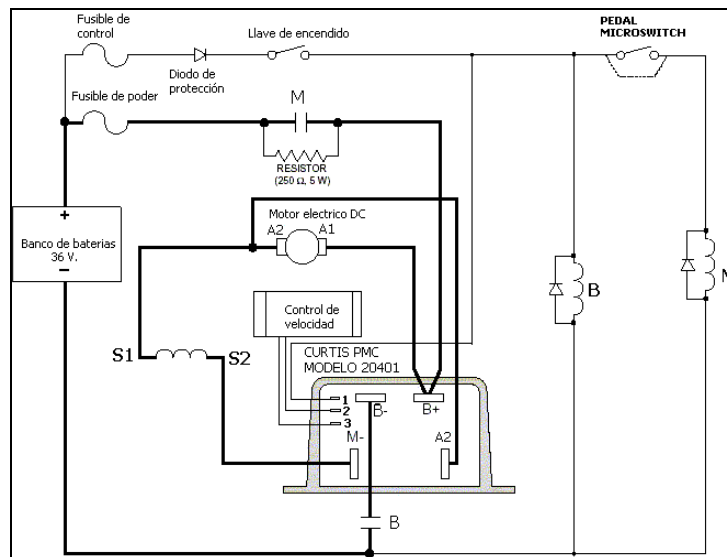


Figura 15 Esquemático del Circuito de fuerza y control para el motor eléctrico.

El circuito conecta al motor de corriente continua de 10 hp y 36v. al trocador marca CURTIS de 275 amperios y al módulo de aceleración. Este circuito posee una llave de encendido la cual energiza el circuito eléctrico de forma parcial. El circuito se cierra completamente al presionar el microswitch ubicado en el pedal del acelerador. La energía entregada al motor es proporcional a la presión ejercida en el pedal del acelerador.

3.5. MONTAJE Y CABLEADO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO EN EL VEHICULO.

Una vez hecho el diseño eléctrico de fuerza y control, se procedió a enderezar y pintar el vehículo. En la figura 16, se muestra el resultado de este proceso.



Figura 16. Vehículo híbrido antes y después de pintar.

Listo la estética del vehículo, se procedió a cablear y montar los componentes en el vehículo. Para el montaje de los equipos se necesitó construir bases y soportes para ubicar las baterías, el controlador, los solenoides y el cargador de baterías. Todos estos componentes y equipos se los ubicó en el maletero del vehículo, como se muestra en la figura 17. Una vez ubicados estos equipos, se procedió a cablear y para esto, se utilizó para la parte de control cable número 12 y para la parte de fuerza cable número 1/0.



Figura 17 Fotos del circuito implementado en el vehículo.

Una vez instalado y cableado el circuito de fuerza, se procedió a instalar el módulo de aceleración. Este dispositivo se lo conectó al pedal de aceleración por medio de un resorte. Como se ve en la figura 18.

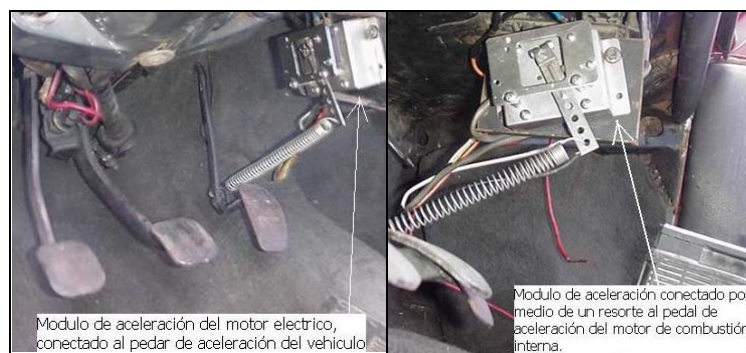


Figura 18. Fotos del modulo de aceleración en el vehículo.

CONCLUSIONES

Como parte final en el desarrollo de este proyecto, se plantean las conclusiones a partir de las experiencias obtenidas tanto en el diseño como en las pruebas hechas en el desarrollo del prototipo, así se tiene:

1. número de kilómetros realizados diariamente está directamente relacionado con el número de desplazamientos diarios y por persona, está en torno a los 80 Km.
2. la velocidad media está en torno a los 50 Km/h.
3. el número de pasajeros por trayecto está alrededor de 2
4. ocupación del maletero no llega al 70% de su capacidad total.
5. La relación entre el peso de la fuente de alimentación con respecto al peso del vehículo es muy desfavorable lo que le hace de momento muy poco apropiado para el transporte de mercancías o personas.
6. Autonomía suficiente para el uso cotidiano para dos personas en la ciudad. Pero baja comparada con los automóviles térmicos.
7. Grado de contaminación es muy bajo durante la utilización del vehículo en tráfico urbano, que es cuando interesa evitar la emisión de gases y ruidos, debido al uso de tracción eléctrica.
8. Los vehículos de combustión, interna tipo compacto son ideales para convertirlos en eléctricos o híbridos en especial los FIAT Uno, Suzuki Forza, etc. por poseer un estructura de menor peso y cumplir con las condiciones técnicas para la conversión.

Con el desarrollo de este proyecto se ha dado el primer paso en la aplicación real del mismo, las recomendaciones anteriores son planteadas con el ánimo de proporcionar las bases para continuar con esta investigación contribuyendo de esta manera a su optimización.

Además en Diciembre de 2004 este prototipo fue televisado en canal 5 y cuyo trabajo esta publicado en una página WEB con dirección: www.algajo.com.

BIBLIOGRAFÍA

- J. Alcívar, "Diseño, Implementación y Análisis de un Prototipo de Vehículo Híbrido" (Tesis, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2005)
- Croft Terrel, **Tratado de Electricidad Práctica**, 4^{ta} Edición traducida al español, México DF, 1940, pp. 124-298. Editorial Continental S.A. Biblioteca Central de Ingeniería ESPOL.
- Giacosa Dante, **Motores Endotérmicos**, 3^{ra} Edición traducida al español, Barcelona, 1970, pp. 1-20 120-128 158-162 201-230, Editorial Científico-Médica, Biblioteca Central de Ingeniería ESPOL.
- Nasar S.A. y Unnewehr L.E., **Electromecánica y Máquinas Eléctricas**, 1^{ra} Edición traducida al español, México DF, 1982, pp 143-157, Editorial Limusa Biblioteca Central de Ingeniería ESPOL.

Ing. Jorge Aragundi
Director de tesis