

# Movilidad eléctrica, nueva era de los vehículos a gasolina

POR: JAIME ORLANDO SÁNCHEZ\*

**C**orría finales el año de 2016 y en mis ratos de ocio acababa de terminar una pequeña fresadora de Control Numérico Computarizado (CNC) que construí bajo la dirección del *youtuber* Profesor García con microprocesador Arduino y pequeños motores de paso, quien me introdujo en el mundo de la electrónica, control digital y utilización de programas de *software* abierto para hacerla funcionar.

“ La selección del vehículo debía tener: *Peso máximo 1500 kg incluyendo pasajeros y carga, por esto escogí un Renault Logan del año 2008 con 96.000 km de recorrido* ”

Posteriormente, me llegó una invitación que me enseñaría a convertir un vehículo con propulsión por motor de gasolina a un vehículo con propulsión 100% eléctrico. Como no tenía experiencia en el tema de talleres automotrices distinta a la de llevar el vehículo a mantenimiento, decidí abordar el estudio del tema con dos amigos antiguos compañeros de la universidad, uno propietario de un taller automotriz y el otro, experto en fabricación y montaje de elevadores para vehículos y docente universitario en montajes mecánicos y sistemas de control de colisión vehicular.

Sabemos que el futuro de los motores de explosión interna será incierto, debido al progresivo control sobre las emisiones, que cada vez serán más difíciles de



cumplir, en especial, en los atascamientos ciudadanos donde el vehículo permanece largos periodos de tiempo en ralentí, con muy cortos periodos de aceleración.

Es en estos momentos en que el motor eléctrico es insuperable, ya que durante estos periodos el motor permanece apagado sin consumir energía y al requerir su entrada, entrega el máximo torque en la primera vuelta.

Hay fabricantes a nivel mundial que suministran *kits* completos para hacer esta conversión los cuales contienen los siguientes componentes:

- Motor trifásico asíncrono 4 polos, enfriado por aire natural, potencia \$, Torque max.: 140 Nm, 7.500 RPM, 45 Kg de peso y grado de protección IP67.
- Controlador de velocidad que recibe la energía en DC de las baterías y la transforma en AC para mover el motor entre 80-125 V por control vectorial y sistema de comunicaciones CAN.
- Pedal de Aceleración electrónico
- Bomba de vacío eléctrica para asistencia en el frenado

- Paquete de baterías de iones de litio con tensión de salida 72 (10 kWh) y 96 VDC (15 kWh) junto con su *display* para indicar el estado de las baterías. Este sistema de baterías de litio tiene un módulo BMS (*Battery Management System*) que controla la carga, descarga y temperatura del conjunto.
- Cargador de baterías para conectarlo a la red a 120 VAC (F+N+T) o 208 VAC (F+F+T).
- Convertidor DC-DC que permite bajar el voltaje DC de las baterías de litio para recargar la batería de plomo ácido del vehículo a 12 V, que se conserva para atender los servicios auxiliares tales como radio, parabrisas, luces, etc.

La selección del vehículo debía tener las siguientes características: Peso máximo 1.500 kg incluyendo pasajeros y carga, por esto escogí un *Renault Logan* del año 2008 con 96.000 km de recorrido, puesto que había tenido un vehículo de estas características y me pareció ideal para circulación dentro de la ciudad.

Como se requería que la conversión fuera hecha por un mecánico que tuviera conocimientos de mecánica automotriz y electrónica, un amigo me presentó al Técnico Carlos Casallas con su empresa Ecovehículos SAS, que también estaba en el tema y mucho más adelantado, pues estaba terminando la conversión de un *Logan* pero con baterías de plomo de descarga profunda.

Lo primero fue quitar todos los componentes del motor de combustión: motor, alternador, tanque y tuberías de combustible, silenciador y tuberías de gases de escape, radiador y mangueras del circuito de refrigeración.

A continuación fue necesario planificar la ubicación de los nuevos componentes, para que no afectaran las condiciones estructurales que el fabricante original del vehículo y que no se sobrepasaran los pesos reglamentarios por cada tren delantero y trasero, así como el peso total bruto vehicular.

El principal problema en nuestro caso fue, el tamaño de la caja de baterías que era de 1.10 m de largo, 36 cm

de ancho y 26 cm de altura, con un peso de 122 kg., que para un vehículo de 1.40 m de ancho no tenía un sitio donde albergar ese volumen.

La solución fue dividir el gabinete en dos partes, una para que fuera en el compartimiento del motor y la otra en el baúl interconectados por cables de potencia y control. Adelantamos este proceso en nuestra fábrica de tableros eléctricos, dejando un módulo con baterías y el sistema de control (BMS en un módulo de 62.6x36x26 cm) y el resto de baterías en el otro módulo de las mismas dimensiones para alojarlo en el baúl.

A continuación era necesario acoplar el motor eléctrico a la caja de cambios dejando el sistema del embrague, que aunque no es indispensable, si facilita los cambios durante la marcha del vehículo en las diferentes condiciones de uso.

Este trabajo lo hizo la empresa Industrias Ramfé Ltda, fabricante de moto-reductores y engranajes, quienes en una cuidadosa labor de medición y diseño, fabricaron la placa de montaje y tallaron el acople entre el árbol estriado del motor y el volante del embrague de la caja de cambios. A continuación se acopló a la caja de cambios quedando el conjunto completo.



Este conjunto se instaló dentro del vehículo utilizando los soportes de motor y caja original del vehículo, haciendo los accesorios para que los componentes quedaran alineados tal como el vehículo viene de fábrica.

A continuación haciendo los soportes adecuados, sin alterar la estructura colapsible del habitáculo delantero se instalaron el controlador, el cargador de baterías, el convertidor DC-DC y el módulo de baterías delantero con los cables de conexión al controlador y al BMS. El otro módulo de baterías se instaló en el baúl, quedando el espacio suficiente para extraer la rueda de repuesto y un buen volumen para carga. Se interconectaron los dos módulos, se verificaron y probaron para que las señales del módulo trasero llegaran en la secuencia correcta al BMS.



Como la dirección del vehículo era asistida mediante una bomba hidráulica acoplada al cigüeñal del motor de combustión, fue necesario instalar una bomba eléctrica que Renault tiene para otro modelo de sus vehículos, con lo cual la dirección quedó suave tal como venía originalmente.

A continuación se hicieron los retoques necesarios desde el punto de vista estético, se instaló el tomacorriente vehicular estandarizado SAE J 1772 con su clavija para el proceso de carga. Se instaló el radiador,

*“ El 28 de diciembre de 2018 el vehículo salió a rodar por las calles. A la fecha hemos recorrido 10.200 Km funcionando mucho mejor que con el vehículo original ”*

pero sin circuito de agua utilizándolo simplemente para que atrapara el polvo y los insectos que permitan tener limpio el habitáculo del motor.

En el garaje del edificio donde vivo, instalé una derivación en 2 fases + Tierra (208 VAC) del medidor de mi apartamento de acuerdo con la norma de Enel-Codensa-308 como punto de recarga. El cargador tiene una carga instantánea de 3.4 KW y carga al 100% en 4 horas. Al cable de carga se le insertó un medidor de KWh que permite conocer la tensión de alimentación, la corriente de carga y los KWh entregados en una recarga completa. Esto nos permite llevar estadísticas muy precisas de los costos de operación.

Finalmente el 28 de diciembre de 2018 el vehículo salió a rodar por las calles. A la fecha hemos recorrido 10.200 kilómetros, funcionando mucho mejor que con el vehículo original.

**¿Qué cambió en la conducción con esta conversión?:**

- El vehículo es totalmente silencioso y suave en el arranque.
- No contamina con gases de la combustión ni emite calor al exterior.
- Funciona como un vehículo automático, ya que no se requiere aplicar el embrague cuando se va a detener.
- El elevado torque del motor 140 N-m en la primera vuelta permite que arranque en plano sin

problema alguno en tercera marcha, luego no es necesario usar el embrague para cambios de marcha. Esto solo se hace en pendientes pronunciadas en segunda marcha.

- Cuando el automóvil está detenido en un semáforo no consume energía.
- Cuando se aplica el freno, el sistema detecta y convierte el motor en un generador para ayudar a detener el vehículo y a la vez generar energía hacia las baterías, que se denomina frenado regenerativo.
- El peso en vacío del vehículo a gasolina era según el fabricante de 1.067 Kg, el peso final del vehículo convertido es de 1.150 Kg., luego no perdió su capacidad de carga.
- El vehículo quedó como nuevo prolongándose la vida del vehículo existente, que ahora puede recorrer otros 100.000 km sin los costos de mantenimiento que un motor de gasolina imponen a su propietario.

Es necesario ahora analizar si vale la pena este esfuerzo y sus costos asociados, comparado con la compra de un vehículo eléctrico nuevo:

El costo total de la conversión fue de \$ 44 millones de pesos, sin incluir el costo del vehículo usado que fue de \$ 13.5 millones, o sea que la inversión total fue de \$ 57.5 millones. Un vehículo eléctrico nuevo con la capacidad de carga equivalente más barato en el mercado está en \$ 110 millones.

De acuerdo con las mediciones y tabulación de la información circulando en Bogotá en medio de los ‘trancos’ el rendimiento del vehículo está en 17.3KWh/100 km. Este el orden de magnitud que están declarando los fabricantes de autos nuevos.

En los próximos 10 años, los fabricantes y los gobiernos irán en forma conjunta limitando el uso de los motores de combustión interna, excepto en los sistemas híbridos, donde el motor eléctrico arranca el vehículo para luego, a determinada velocidad, le entrega

## CONCLUSIONES



- ✓ Con una carga completa, el vehículo puede hacer recorridos de 90 km en la ciudad con recargas que se pueden hacer cada tercer día.
- ✓ El costo por kilómetro recorrido con el precio del kWh estrato 6, incluyendo impuesto de contribución y Electricaribe, está en \$110.
- ✓ El costo solo por combustible en el vehículo tomando un rendimiento del fabricante de 40 km por galón era de \$285, aunque con 96.000 km estaba costando algo más. Si a esto se agrega el costo de mantenimiento del motor de combustión hemos calculado que a la fecha, el ahorro en 10.000 km ha sido de \$1,8 millones.

el empuje a un motor de combustión pequeño, con bajo torque y elevada eficiencia térmica que mantenga la velocidad y permita la carga de las baterías.

La parte más importante a mi juicio es que la tecnología de vehículos eléctricos es totalmente cerrada y propiedad de los fabricantes. En el caso de las conversiones, el sistema es algo más abierto y dará trabajo a ingenieros mecánicos, mecatrónicos, automotrices, electrónicos y electricistas para el desarrollo y mejoramiento de cada uno de los componentes e incremento de los sensores, actuadores y programación en busca de su implementación en una gran variedad de vehículos. ▲

\* Gerente SM&A e Integrante de la Comisión de Reglamentos Técnicos de Construcción de ACIEM.