



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

RESIDENCIA PROFESIONAL

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO
DE SUPERVISIÓN Y DIAGNÓSTICO EN UN
VEHÍCULO ELÉCTRICO.”**

**LABORATORIO DE DISEÑO ELECTROMECAÁNICO DE LA
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA MECATRÓNICA**

PRESENTA:

Jiménez López Carlos Ernesto

Ruiz Aguilar Víctor Eduardo

ASESOR:

DR. FRANCISCO RONAY LOPEZ ESTRADA

**TUXTLA GUTIÉRREZ CHIAPAS;
A 20 DE DICIEMBRE DEL 2017**

Contenido

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES	4
Introducción	4
Planteamiento del problema	6
Justificación	6
Antecedentes.....	7
Objetivo General.....	9
Objetivos Específicos.....	9
Alcance y limitaciones	9
Alcance:	9
Limitaciones:.....	9
Caracterización en el área en que se participó.....	10
Impacto	11
Caso de estudio.....	11
CAPITULO 2: FUNDAMENTOS TEORICOS	13
Marco Teórico.....	13
Tarjeta de adquisición de datos National Instrument.....	13
LabView	14
Programación Grafica.....	15
Interfaz a dispositivos.....	16
Compilación de código	17
Software NI-DAQmx.....	17
Sensor de corriente de efecto Hall en lazo cerrado	18
Sensor de corriente ACS712	19
Diodo emisor de luz infrarroja (LED IR)	19
Fototransistor	20
Motor brushless	20
ESC de motor brushless	21
Motor Brushless de 60v de eco-taxi.....	22
CAPITULO III: DESARROLLO	24
Cronograma de actividades propuesto	24
Materiales que se utilizaron para las primeras pruebas	25
Diagrama de los componentes de la caracterización de rpm y corriente.....	25

Interfaz en LabView	28
Resultados	33
Diagrama del Eco-Taxi	35
Conclusión	36
Referencias	37

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES

Introducción

En los últimos años se ha incrementado sustancialmente el número de vehículos eléctricos, esto debido al incremento de contaminación por CO₂ al medio ambiente. Estudios recientes muestran que actualmente circulan más de 800 millones de automóviles, con una tendencia de 400 a 800 vehículos por cada 1000 habitantes [1]. Como resultado de esto, los vehículos son responsables de un alto porcentaje del consumo energético global y por ende de emisiones de gases de invernadero. Por otro lado, es preocupante que la tendencia muestra un crecimiento acelerado de vehículos por habitantes y, mientras el consumo energético en otros sectores disminuye, el consumo debido al transporte continúa en crecimiento [2]; esto motiva a desarrollar sistemas de optimización de ahorro energético que reduzca la huella ambiental de vehículo de transporte.

Uno de los problemas que se tienen en el control óptimo de vehículos eléctricos se debe a las diferentes etapas de conversión de energía que se tienen, desde la generación hasta el consumo por parte de los motores. En un vehículo eléctrico convencional, al menos tres etapas están involucradas: 1) la primera se debe a los sistemas de conversión de energía alterna a directa (AC-DC) en la carga del banco de baterías. 2) Esta energía es convertida a energía mecánica acoplada a las ruedas del vehículo. 3) en esta última etapa la energía se convierte en energía cinética y potencial requerida para el desplazamiento del vehículo. En cada uno de los procesos antes mencionados se tienen considerables pérdidas de energía. Por ende, mejorar la eficiencia energética en uno o todos los subsistemas descritos, produce una reducción de energía y por ende reducción de los contaminantes emitidos al medio ambiente. Lograr estos objetivos sin comprometer el desempeño, solo pueden lograrse mediante un sistema de propulsión cuya potencia garantice robustez ante diferentes condiciones de manejo.

En el año 2015 se registraron alrededor de 1.25 millones de vehículos eléctricos en circulación, este incremento obedece a un esfuerzo gubernamental como industrial de reducir el número de vehículos de combustión interna. Canadá, Alemania, el Reino Unido y Francia son los países que más esfuerzos han presentado en el desarrollo de nuevos vehículos. Entre las diferentes compañías, la alianza conformada por Renault-Nissan ha sido la más rentable logrando ventas mayores a 300,000 vehículos a nivel mundial. Esta marca solo superada

por la presentación del nuevo modelo Tesla 3, que alcanzo la cifra de 325,000 reservaciones durante la primer semana de marzo 2016 [3]. En México es posible adquirir los modelos Toyota-Prius, Nissan-Leaf, Chevrolet Spark EV, Renault Twizy, BMW i3 y el Tesla 3. Sin embargo, a pesar del incremento en la demanda, la investigación realizada en el campo de vehículos eléctricos es poca. Siendo los vehículos de transporte tipo eco-taxis (también conocidos como moto-taxis), los que más interés han despertado.

Las Eco-Taxis han surgido como una solución a los grandes problemas de transporte que padecen las pequeñas y grandes ciudades. El hecho de que las motocicletas sean un vehículo ligero, rápido y fácil de estacionar, favorece que el usuario pueda recorrer el trayecto en menor tiempo a costos reducidos. En su mayoría estos vehículo utilizan combustibles fósiles, los cuales están siendo desplazados por vehículos eléctricos. Aunque su impacto ha sido mínimo debido a que presentan bajo rendimiento en la distancia recorrido por la descargan rápida de las baterías. Puntualmente, en el En el estado de Chiapas, la compañía INVEMEX diseña ECO-TAXIS que cuentan con un sistema de recarga conectados a la red eléctrica de 120V, con tiempos de recarga entre 8 y 10 horas, produciendo un rendimiento de entre 60 y 80 km. Aunque las ventajas que producen estos vehículo es obvia ya que reducen los niveles de ruido ambiental y cuyas emisiones solo son producidas por los procesos que se requieren para generar, transportar y transformar la energía eléctrica con que cargan sus baterías, la poca autonomía, ha provocado que en su mayoría se utilicen vehículo de combustión interna, esto a pesar de los incentivos del gobierno estatal para promover la utilización de vehículos eléctricos.

Por ello en este trabajo se propone caracterizar cada una de los subsistemas que componen a este tipo de vehículos. El sistema de carga de batería, el inversor, el sistema de control de velocidad, frenado, y modelado del vehículo, con el objetivo de proponer estrategias de control que permitan eficientar el consumo de energético y aumenten la autonomía del vehículo. Estos estudios se realizarán sobre un ECO-TAXI de la compañía INVEMEX localizado en el laboratorio de automatización y control de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica del ITTG.

Planteamiento del problema

En el posgrado de la maestría en ciencias de ingeniería mecatrónica, se cuenta con un vehículo eléctrico (VE), fabricado por Industria de Vehículos Ecológicos de México por su sigla INVEMEX, ubicada en Ocozocoautla de Espinoza, Chiapas. La instrumentación del Eco-taxi eléctrico para poder medir parámetros como la corriente, rpm y con esto se realizó la investigación que consta de la velocidad de los parámetros del motor Brushless que tiene consigo sensores en su parte interior que nos permitieron lograr las rpm del motor.

Justificación

Esta investigación tiene como objetivo principal instrumentar un vehículo eléctrico (VE) para realizar pruebas de caracterización dinámica para el diseño de sistemas de control y diagnóstico. Esto puede ser útil para cuidar el medio ambiente, mediante el VE y con la caracterización nos ayudara para que sea más eficaz el (VE) y que rinda más km/h, la carga de la batería. La importancia de esta investigación radica entonces, en el impacto social que se pudiera tener en un futuro, ya que la información obtenida se use para mejorar dichos vehículos.



Ilustración 1 Imagen del eco-taxi

Antecedentes

El conjunto de técnicas que son usadas por conductores para reducir emisiones de CO₂ en automóviles se conoce como: Eco Driving [4]. En el caso de vehículos eléctricos, el eco driving está relacionado a la optimización de cada una de las etapas de conversión y transformación de la energía, que van desde la carga de la batería, hasta la transformación en energía cinética y potencial que mueven al vehículo. Estas técnicas consideran principalmente aceleración moderada [5], información anticipada del tráfico y accidentes [6], acciones para evitar el encendido y apagado constante del motor [7], sistemas de control óptimo para reducir de control de velocidad y trayectoria [8], control de tracción [9], entre otros. Sin embargo, la eficiencia sigue siendo un factor a mejorar, debido al rango limitado de kilómetros que pueden por carga de la batería. Una solución a este problema se ha dado mediante la combinación de motores de combustión interna y eléctrica, dando como resultado los vehículos híbridos [10-11]. Sin embargo esto representa una solución temporal debido al consumo (aunque reducido) de combustibles fósiles.

Por otro lado, trabajos recientes se han centrado en mejorar la eficiencia de las etapas de conversión y transformación de la energía, ya que en estas se tienen pérdidas considerables, i.e. en [12] se propone un método para seleccionar un perfil adecuado de carga que mejore la eficiencia de la batería; así como el desarrollo de nuevos convertidores DC-DC que reducen las pérdidas de energía y aumentan la eficiencia mediante el uso de un nivel de voltaje adecuado en el motor [13], y sistemas de control que regulan el tiempo y carga de la batería con el fin de aumentar la vida útil y por ende el kilometraje por recarga [14]. Otros métodos más novedosos consideran la recarga de la batería mediante tecnología inalámbrica, lo cual reduce el cableado urbano y permite la recarga cuando el vehículo se encuentra en modo estacionario [15].

En el caso de taxis eléctricos el problema es mayor debido a que éstos están continuamente en movimiento, y por ende requieren ciclos de carga mayores. El mayor obstáculo que enfrentan es la falta de estaciones de recarga a lo largo de la geografía urbana por donde transitan, siendo esta reducida, o en el caso de centros urbanos pequeños, prácticamente nula. Por lo cual, un taxi eléctrico no solo debe enfrentarse a los problemas de eficiencia antes mencionados, sino además, debe estar continuamente recargándose, debido al largo número de kilometraje que transitan día a día [8]. Debido a que los tiempos de carga de un VE comparado con un VCI son mucho mayores, se han realizado estudios para optimizar los tiempos de recarga con base a información geográfica del área de

tránsito de taxis eléctricos en relación con la ubicación estratégica de estaciones de recarga [16-19]. Al mismo tiempo, otras estrategias están enfocadas a mejorar la eficiencia de las estaciones de recarga utilizando tomas de DC en lugar de AC, esto incrementan sustancialmente los tiempo de recarga a aproximadamente una hora, en comparación con las 8 a los horas de las estaciones AC [20]. Sin embargo, estas estaciones de recarga rápida tienen como desventaja los altos costos, lo que la hace inaccesible para el usuario promedio, pero prometedor para servicio de taxis donde se cuenta con apoyo gubernamental; ejemplo de ello es la permeabilidad que han tenido en países como Malasia, China y Noruega.

En el caso del estado de Chiapas los taxis eléctricos han llegado para quedarse, el gobierno incentiva a través de programas ecológicos el uso de estos, sin embargo debido a los problemas antes mencionados, los motores de combustión interna han ganado terreno sobre motores eléctricos. No obstante, esto representa un área de oportunidad para realizar investigación a nivel teórico y aplicada que aumenten la eficiencia de taxis eléctricos que circulan actualmente y contribuir a los problemas de de eficiencia mediante técnicas de eco-driving, ii) mejora de los convertidores que actualmente tienen implementados, iii) mejorar los tiempos de carga de la batería, iv) las estaciones de carga, vii) estudios geográficos, entre otros. Éste último es de vital importancia, ya que la optimización de una ruta adecuada aumenta considerablemente el tiempo de vida de la batería. En países desarrollados esto se ha realizado mediante datos de elevación del suelo y posición GPS, sin embargo, en México no solo deben considerarse éstos datos, sino también las irregularidades que presenta el terreno ya que éstos vehículos transitan sobre calles con muchos baches y sin pavimento.

Con base en lo anterior este estudio propone en una primer etapa atacar los problemas antes mencionados mediante la caracterización de un taxi eléctrico, igual a los que se encuentran en circulación, para posteriormente proponer soluciones que mejoren su eficiencia, que a la vez motive tanto al gobierno del estado como a concesionarios, la utilización de motores eléctricos por sobre los de combustión interna.

Objetivo General

- Instrumentar un vehículo eléctrico (VE) para realizar pruebas de caracterización dinámica para el diseño de sistemas de control y diagnóstico
- Objetivo Específicos
- Instrumentar un VE con sensores de corriente, medición inercial.
- Caracterizar los subsistemas de tracción, carga de la batería, convertidor.

Objetivos Específicos

- Instrumentar un taxi eléctrico para realizar pruebas de caracterización.
- Caracterizar los subsistemas de un taxi eléctrico (consumo de electricidad, Calculo de RPM, convertidor, frenado).
- Obtener un modelo matemático que represente las características dinámicas del taxi eléctrico.
- Diseño de un sistema de frenado regenerativo para un motor eléctrico.
- Diseñar un sistema de integración de energías renovables para el sistema eléctrico auxiliar del eco taxi.

Alcance y limitaciones

Alcance:

- Se obtendrán mediciones de consumo de corriente, voltaje y velocidad de un motor *brushless* de 60 V CD con un controlador para este mismo.
- Interfaz en LabView.
- Es un proyecto de aplicación que afecta directamente un vehículo eléctrico INVEMEX con sincronización con el ITTG.

Limitaciones:

- Sensores Industrial de corriente.
- Terminación de residencia profesional.

Caracterización en el área en que se participó

El proyecto se realizó en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, en el laboratorio de detección de fugas, hidráulicas, de la maestría en ciencias en ingeniería mecatrónica, el laboratorio cuenta con los materiales e instrumentos necesarios para llevar a cabo prácticas e investigación así mismo con el apoyo del laboratorio de automatización y control del ITTG.

La universidad se encuentra ubicada en el centro de Chiapas, la dirección exacta es carretera panamericana Km. 1080 C.P. 29050.



Ilustración 2 Localización donde se realizó el proyecto



Ilustración 3 Eco-taxi

Impacto

Este proyecto tiene como fin de realizar una investigación asociada al desarrollo de esquemas de control de sistemas de control avanzado que mejoren los sistemas de eficiencia energética, la seguridad y el desempeño en vehículos eléctricos y robótica móvil.

Los esquemas propuestos estarán orientados hacia el control de vehículos eléctricos y robots móviles, para la realización de tareas complejas, así como la operación segura de los mismos.

Los beneficios a la comunidad se resumen en el estudio de un tipo de vehículos que actualmente circulan de forma abundante en estado de Chiapas, sin embargo, los cuales no cuentan con sistemas de control y navegación eficientes. Este primer trabajo propone la caracterización dinámica del vehículo a través del modelado y parametrización de cada una de las etapas involucradas en los procesos de conversión /transformación de la energía. Así como estudios de mejora de rutas que permita aplicar técnicas de eco driving y a la vez incrementen el tiempo de circulación y duración de las baterías.

Caso de estudio

Este trabajo está centrado en caracterizar el modelo dinámico involucradas en la etapas de conversión y transformación de la energía de un vehículo eléctrico (tipo moto taxi) de la marca IVEMEX. Estos vehículos que actualmente se encuentran en el INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ, Chiapas, su recarga se realiza en la red eléctrica pública en un tiempo entre 8 y 10 horas y pueden recorrer entre 60 y 80km con 5 Baterías de 130 Amp/Hr. A continuación se enlistan las características principales del vehículo eléctrico:

- Plazas: 3 pasajeros y el chofer.
- Dimensiones 1.98 m largo X1.10 m de ancho X1.90 m altura.
- Velocidad Máxima 30 km/h
- Diámetro min de vuelta 3.5 m
- Máxima Masa total: 300 kg, (incluye 150 el peso de la batería).
- 5 baterías de ciclo profundo de 130 amperes por horas, Cada batería genera 12 voltios y el motor funciona con 60 voltios.

- Motor tipo brushless de 1200 watts 1.6 HP.
- Material Fibra de vidrio, chasis metálico
- Tiempo de carga baterías 8 a 10 horas carga normal
- Faros 1 delantero Características adicionales, y luces traseras.
- Acelerador manual-freno de pie y mano en el piso.
- Controles de encendido, direccionales y luces de señales.
- Claxon en el manubrio
- Indicador de velocidad y carga
- Llantas: 2 Trasera 4 X 12 y 1 delantera 3.25 X 16

Importante destacar que a pesar de que este vehículo se fabrica en el estado de Chiapas, no se cuenta con ningún estudio que describa las características dinámicas del vehículo, las cuales son necesarias para el desarrollo de sistemas que mejoren la eficiencia energética.

CAPITULO 2: FUNDAMENTOS TEORICOS

Marco Teórico

Tarjeta de adquisición de datos National Instrument

Tarjeta de adquisición de datos de National Instrument.(DAQ) Modelo: NI-USB 6008

Dispositivo USB de E/S Multifunción, 8 AI (12 Bits, 100 kS/s), 2 AO (150 S/s), 12 DIO?El USB-6008 es un dispositivo DAQ multifunción de bajo costo. Ofrece E/S analógicas, E/S digitales y un contador de 32 bits. El USB-6008 brinda funcionalidad básica para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio. El dispositivo tiene una cubierta mecánica ligera y es energizado por bus para fácil portabilidad. Puede conectar fácilmente sensores y señales al USB-6008 con conectividad de terminal de tornillo. El controlador NI-DAQmx y la utilidad de configuración incluidos simplifican la configuración y las medidas.



Ilustración 4 DAQ USB 6008

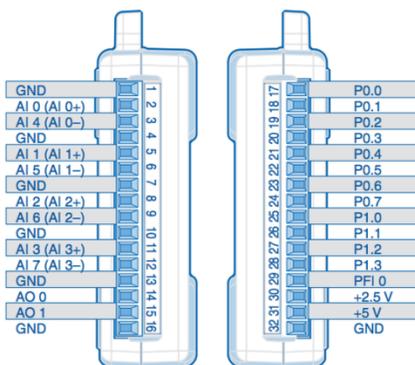


Ilustración 5 Conexión puertos

Software necesario

LabView

NI – DAQmx

Programación

Asegúrese de que la computadora tenga instalado LabView. Si no es así, instálelo insertando los discos de LabView y siguiendo las instrucciones. Inserte los discos de NI DAQ mx que acompañan a la tarjeta DAQ USB 6008/9 en la computadora. Siga los pasos de instalación para los controladores de la tarjeta y del programa. Cuando haya finalizado, conecte la tarjeta DAQ al cable USB y este a algún puerto USB de la computadora.

LabView

Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (LabVIEW) es una plataforma de diseño de sistema y entorno de desarrollo para un lenguaje de programación visual de National Instruments .

El lenguaje gráfico se llama "G"; que no debe confundirse con G-código. Originalmente lanzado para Apple Macintosh en 1986, LabVIEW se usa comúnmente para adquisición de datos, control de instrumentos y automatización industrial.



Instrumentos Virtuales (VIs)

Los programas de LabVIEW son llamados instrumentos virtuales o VIs ya que su apariencia y operación imitan a los instrumentos físicos, como osciloscopios y multímetros. LabVIEW contiene una extensa variedad de herramientas para adquirir, analizar, visualizar y almacenar datos, así como herramientas para ayudarle a solucionar problemas en el código que escriba.

Cuando crea un nuevo VI, ve dos ventanas: la ventana del panel frontal y el diagrama de bloques.

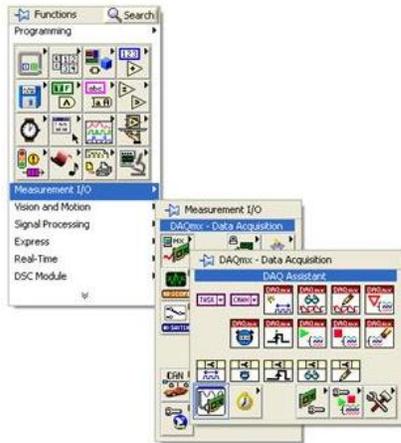


Ilustración 6 Panel de Herramientas de LabView

Programación Grafica

LabVIEW integra la creación de interfaces de usuario (denominadas paneles frontales) en el ciclo de desarrollo. Programas de LabVIEW: las subrutinas se denominan instrumentos virtuales (VI). Cada VI tiene tres componentes: un diagrama de bloques, un panel frontal y un panel de conectores. El último se usa para representar el VI en los diagramas de bloques de otros, llamando VIs. El panel frontal está construido con controles e indicadores. Los controles son entradas: permiten que un usuario suministre información al VI. Los indicadores son salidas: indican, o muestran, los resultados basados en las entradas dadas al VI. El panel posterior, que es un diagrama de bloques, contiene el código fuente gráfico. Todos los objetos colocados en el panel frontal aparecerán en el panel posterior como terminales. El panel posterior también contiene estructuras y funciones que realizan operaciones en los controles y suministran datos a los indicadores. Las estructuras y funciones se encuentran en la paleta Funciones y se pueden ubicar en el panel posterior. Colectivamente los controles, indicadores, estructuras y funciones se denominarán nodos. Los nodos se conectan entre sí mediante cables, por ejemplo, dos controles y se puede conectar un indicador a la función de adición para que el indicador muestre la suma de los dos controles. Por lo tanto, un instrumento virtual puede ejecutarse como un programa, con el panel frontal como interfaz de usuario o, cuando se coloca como un nodo en el diagrama

de bloques, el panel frontal define las entradas y salidas para el nodo a través del panel de conectores.

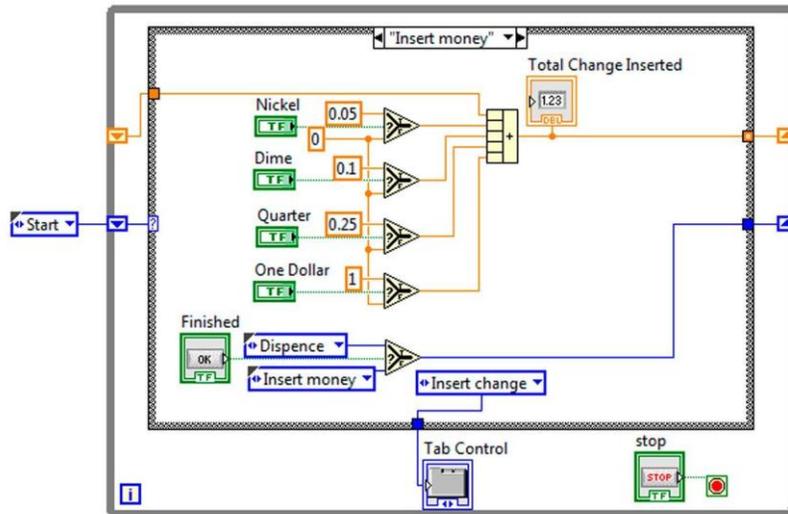


Ilustración 7 Ilustración de programación

Interfaz a dispositivos

LabVIEW incluye soporte extensivo para la interfaz a dispositivos, instrumentos, cámara y otros dispositivos. Los usuarios se conectan al hardware escribiendo comandos de bus directo (USB, GPIB, Serial) o usando controladores de alto nivel específicos del dispositivo que proporcionan nodos de función nativos de LabVIEW para controlar el dispositivo.

LabVIEW incluye soporte integrado para plataformas de hardware de NI como CompactDAQ y CompactRIO, con una gran cantidad de bloques específicos de dispositivo para dicho hardware, los conjuntos de herramientas Measurement and Automation eXplorer (MAX) y Virtual Instrument Software Architecture (VISA).

National Instruments pone a disposición miles de controladores de dispositivos para su descarga en la NI Instrument Driver Network (IDNet).

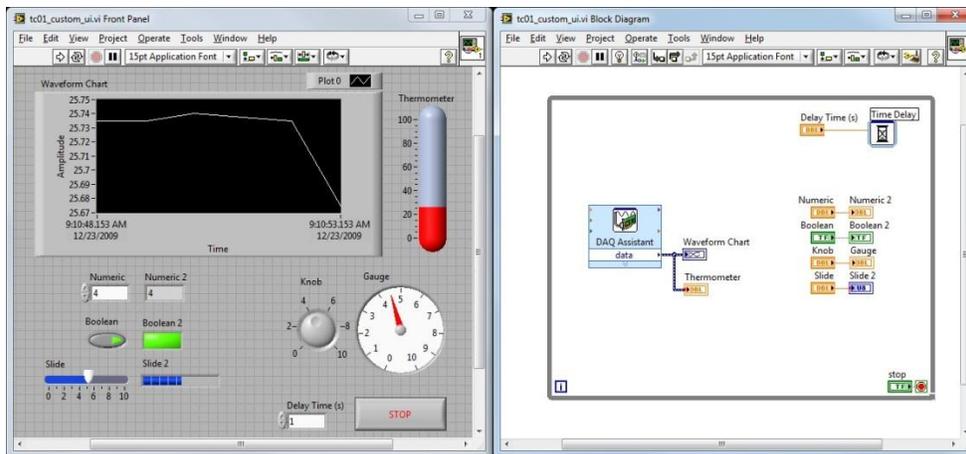


Ilustración 8 Interfaz

Compilación de código

LabVIEW incluye un compilador que produce código nativo para la plataforma de la CPU. Esto ayuda al rendimiento. El código gráfico se traduce en código de máquina ejecutable interpretando la sintaxis y compilando. La sintaxis de LabVIEW se aplica estrictamente durante el proceso de edición y se compila en el código de la máquina ejecutable cuando se solicita que se ejecute o al guardar.

Software NI-DAQmx

Integración optimizada con LabVIEW, LabWindows?/CVI, y Measurement Studio para Visual Studio .NET.

Creación automática de ejemplos de programas de LabVIEW, C, C++, C#, y VB .NET con el DAQ Assistant.

Paneles de prueba para verificación de operaciones de todos los tipos de E/S.

Interfaz de programación y configuración para dispositivos DAQ.

El software de NI-DAQmx va más allá de un controlador básico de adquisición de datos y le brinda mayor productividad y rendimiento en el desarrollo de aplicaciones DAQ y control. Controla cada aspecto de su sistema DAQ (incluyendo dispositivos de acondicionamiento de señales de NI), desde la configuración a la programación en LabVIEW, hasta el control a nivel del sistema operativo y del dispositivo. Obtenga rápidamente datos del mundo real con canales virtuales listos para medir y el DAQ Assistant. Construya sus aplicaciones con VIs específicos para medida, funciones, tipos de datos e integraciones de

análisis. Obtenga sus medidas más rápido y de manera más fiable con transferencia de datos por DMA optimizada y E/S de un solo punto. NI-DAQmx funciona con LabVIEW, SignalExpress, LabWindows/CVI, C/C++, Visual Basic, Visual Basic .NET y C#. Junto con LabVIEW, NI-DAQmx es una de las principales razones por las que National Instruments es líder en la instrumentación virtual y DAQ basada en PC.



Sensor de corriente de efecto Hall en lazo cerrado

T201DCH100 es aislado, sin contacto transductor actual accionado un lazo de AC/DC con el tamaño muy compacto (dimensiones totales menos de 96.5 x 68 x 26 milímetros). La función y la mirada del dispositivo es muy similares a éstas de un estándar activo CT, pero con la característica notable de medir el componente de la C.C. y de CA de TRMS de la corriente.

Para su resistencia eléctrica, las dimensiones de empleos fáciles y compactos, el transductor T201DCH100 cumplió cada clase de medida actual hasta 100 ADC/Aac y varios usos (baterías, cargadores de batería, los paneles solares, unidades de energía, C.C. y cargas de CA etc.) [8].

Salida de voltaje de señal con respecto a la corriente de entrada.



Ilustración 9 T201DCH100 sensor

Sensor de corriente ACS712

El sensor de corriente ACS712 es un sensor de efecto Hall que detecta el campo magnético que se produce por inducción de la corriente que circula por la línea que se está midiendo. EL sensor nos entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente, para rangos de 5, 20 o 30 amperios respectivamente

El sensor nos entrega un valor de 2.5 voltios para una corriente de 0A y a partir de allí incrementa proporcionalmente de acuerdo a la sensibilidad, teniendo una relación lineal entre la salida de voltaje del sensor y la corriente.

Dicha relación es una línea recta en una gráfica Voltaje vs Corriente donde la pendiente es la sensibilidad y la intersección en el eje Y es 2.5 voltios [9]. La ecuación de la recta sería la siguiente:

$$V = mI + 2.5$$

Donde la pendiente es m y equivale a la Sensibilidad

Despejando tendremos la ecuación para hallar la corriente a partir de la lectura del sensor:

$$I = \frac{V - 2.5}{\text{Sensibilidad}}$$

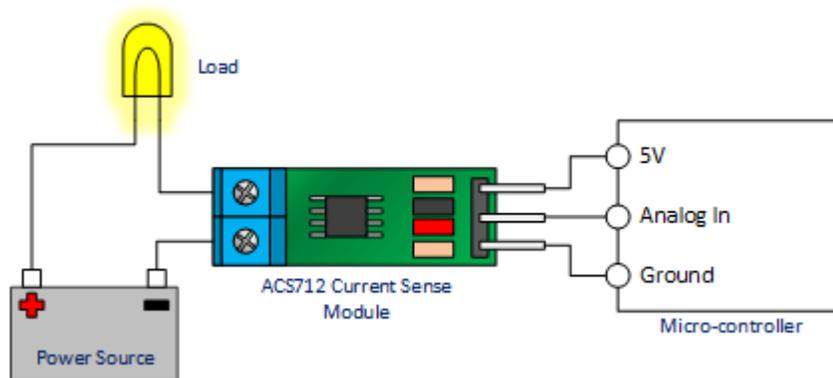


Ilustración 10 ACS712 sensor de corriente

Diodo emisor de luz infrarroja (LED IR)

Este LED emite un tipo de radiación electromagnética llamada infrarroja, que es invisible para el ojo humano porque su longitud de onda es mayor a la del espectro visible.

Fototransistor

Este dispositivo se diferencia de un transistor común porque su base ha sido sustituida por un cristal fotosensible que regula el flujo de corriente colector ? emisor de acuerdo a la luz incidente sobre él (en nuestro caso luz infrarroja).

El fototransistor, aunque con la apariencia de un LED común, debe conectarse con la patilla larga a masa y la corta a voltaje.

Configuración para tener un sensor de corte con un diodo emisor de luz infrarroja y un fototransistor

Motor brushless

Los motores brushless están compuestos por una parte móvil que es el rotor, que es donde se encuentran los imanes permanentes, y una parte fija, denominada estator o carcasa, sobre la cual van dispuestos los bobinados de hilo conductor. La imagen refleja una sección de uno de estos motores en donde puede verse la disposición de los bobinados y los imanes permanentes (que en este caso son de neodimio).

En este tipo de motor la corriente eléctrica pasa directamente por los bobinados del estator o carcasa, por lo tanto aquí no son necesarios ni las escobillas ni el colector que se utilizan en los brushed. Esta corriente eléctrica genera un campo electromagnético que interacciona con el campo magnético creado por los imanes permanentes del rotor, haciendo que aparezca una fuerza que hace girar al rotor y por lo tanto al eje del motor.

No tenemos ni escobillas, ni colector y tampoco tenemos delgas; por lo que ahora el elemento que controlará que el rotor gire sea cual sea su posición será el variador electrónico; que lo que hace básicamente es ver en qué posición se encuentra el rotor en cada momento, para hacer que la corriente que le llegue sea la adecuada para provocar el movimiento de rotación que le corresponde.

El variador es capaz de hacer esto, gracias a unos sensores en el motor, o también mediante la respuesta obtenida o mejor dicho, observación de cómo se

comporta la corriente del motor. Por este motivo, los variadores empleados en este tipo de motores son algo más complicados que los utilizados en brushed, ya que deben analizar la respuesta y los datos de funcionamiento del motor según están teniendo lugar, es decir, en tiempo real.

Cuando hablamos de motores brushless, hay un parámetro importante que debemos considerar, que es factor "kV". Normalmente aparece junto al número de vueltas de bobinado del motor, y lo que nos indica es el número de revoluciones por minuto a las que es capaz de girar el motor por cada Voltio de electricidad que se le aplica. A mayores valores para el kV, mayores valores de velocidad, pero menores valores de par y viceversa.



Ilustración 11 Motor Brushless

ESC de motor brushless

El Controlador de Velocidad para te permite controlar de manera electrónica la velocidad de giro de un motor brushless, mediante pulsos. Este controlador tiene una gran cantidad de aplicaciones, es excelente para desarrollar prototipos de dron y aeromodelismo.

Cantidad

SKU: MOT0031 Categoría: Motores y Controladores Etiquetas: Control Velocidad Motor, Controlador de Velocidad Motores Brushless, Controlador para motores Brushless, Driver Motor Brushless, Motor Brushless



Ilustración 12 ESC de motor Brushless

Motor Brushless de 60v de eco-taxi



Ilustración 13 Motor Brushless

- Corriente Continuos (A): 37.5A
- Uso: Barco, Coche, Bicicleta, eléctrica, Electrodomésticos
- Potencia de salida: 1800W
- Características protegidas: Totalmente Cerrados
- Tipo: Motor reductor
- Construcción: Imán Permanente
- Certificación: CCC
- Torsión: 6N.m
- Velocidad (RMP): 400rpm
- Conmutación: Sin escobillas
- Voltaje (V): 60V
- Número de modelo: BM1424HQF-14^a



Ilustración 14 Toda la herramienta que se utilizara

CAPITULO III: DESARROLLO

Cronograma de actividades propuesto

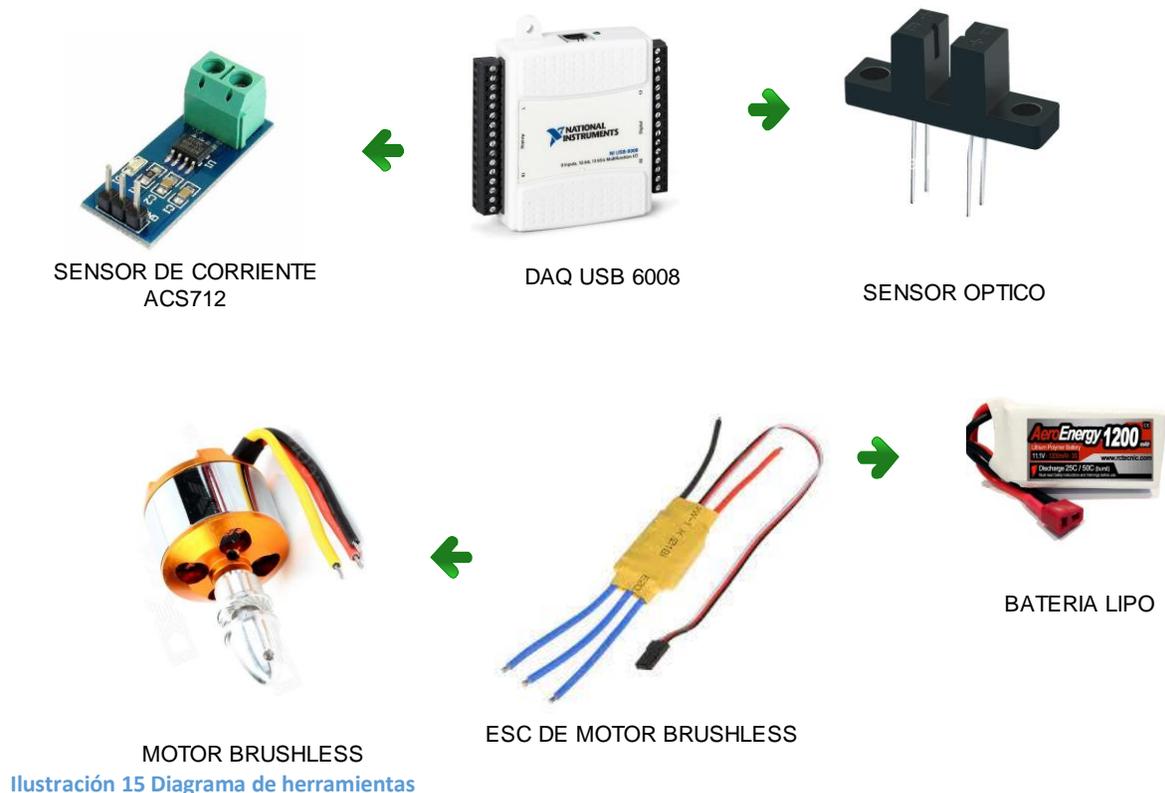
Actividad	Semana															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Estudio exhaustivo del estado del arte sobre técnicas de modelado y caracterización de vehículos eléctricos.																
Estudio de los sistemas de conversión /transformación de la energía.																
Instrumentar el vehículo eléctrico con sensores especializados.																
Simulación del vehículo eléctrico utilizando software libre.																
Análisis estructural del vehículo para extraer características relevantes ante escenarios de fallas.																
Realizarán pruebas a campo abierto																

La caracterización se empezó a realizar con componentes más pequeños para pruebas ya, hecho eso se haría en el eco-taxi, para llevarlo a su funcionamiento cabe destacar que se inició desde cero con los diagramas y la realización de pequeños circuitos básicos para poder llevarlo acabo.

Materiales que se utilizaron para las primeras pruebas

- Motor brushless tigger
- Batería lipo de 11.1 v
- Sensor de corriente ACS712
- Daq USB 6008
- Sensor óptico
- Probador de Pulsos

Diagrama de los componentes de la caracterización de rpm y corriente



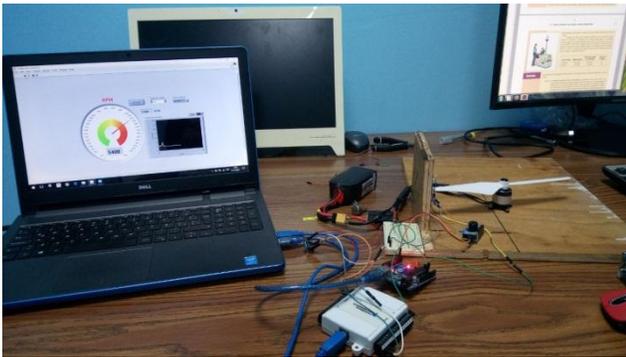


Ilustración 16 Instrumentación para las pruebas

se realizó la instrumentación del prototipo para medir las rpm y la corriente que consume la batería y las vueltas de las aspas del motor para así hacer la relación de las rpm.



Ilustración 17 Conexión a la DAQ

La conexión de la DAQ para su buen funcionamiento y así proceder a la adquisición de datos mediante un CPU y sensores.

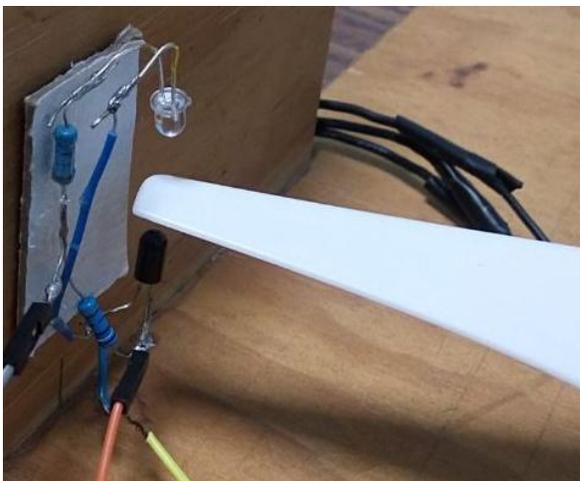


Ilustración 18 Sensor Optico

Aquí el sensor óptico para medir las RPM de las aspas del motor Brushless y así continuar con nuestras siguientes pruebas cabe destacar lo que el sensor es muy sensible por la luz.

aquí ya se hacen las pruebas necesarias para comprobar el consumo de corriente y las vueltas que da el motor mediante el sensor óptico, así mismo estamos comprobando, que el sensor de corriente está funcionando correctamente, haciendo la verificación con un multímetro para comprobar los valores arrojados. Se realizó la interfaz en labView programación grafica para realizar todo en conjunto con los sensores que se implementaron.



Ilustración 19 Maqueta para las Pruebas

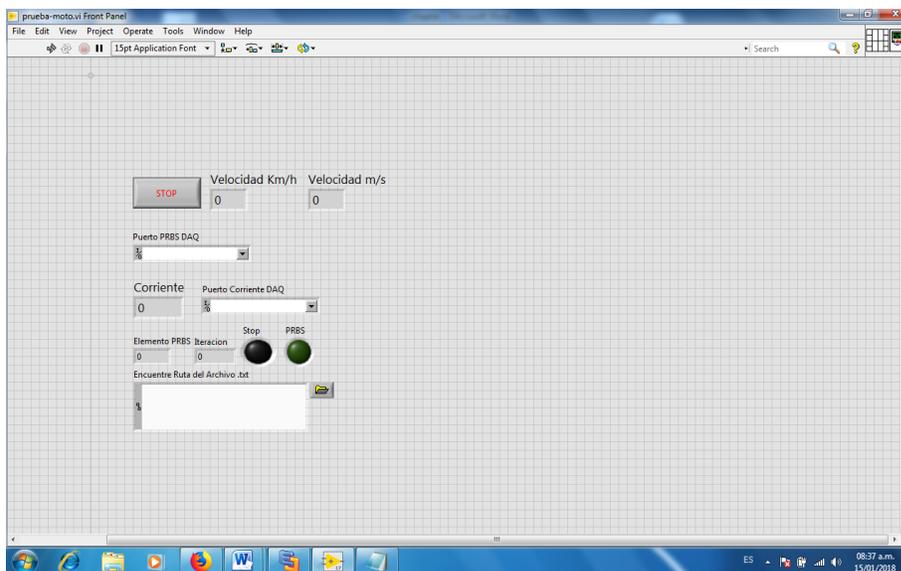


Ilustración 20 Interfaz casi terminada

Interfaz en LabView

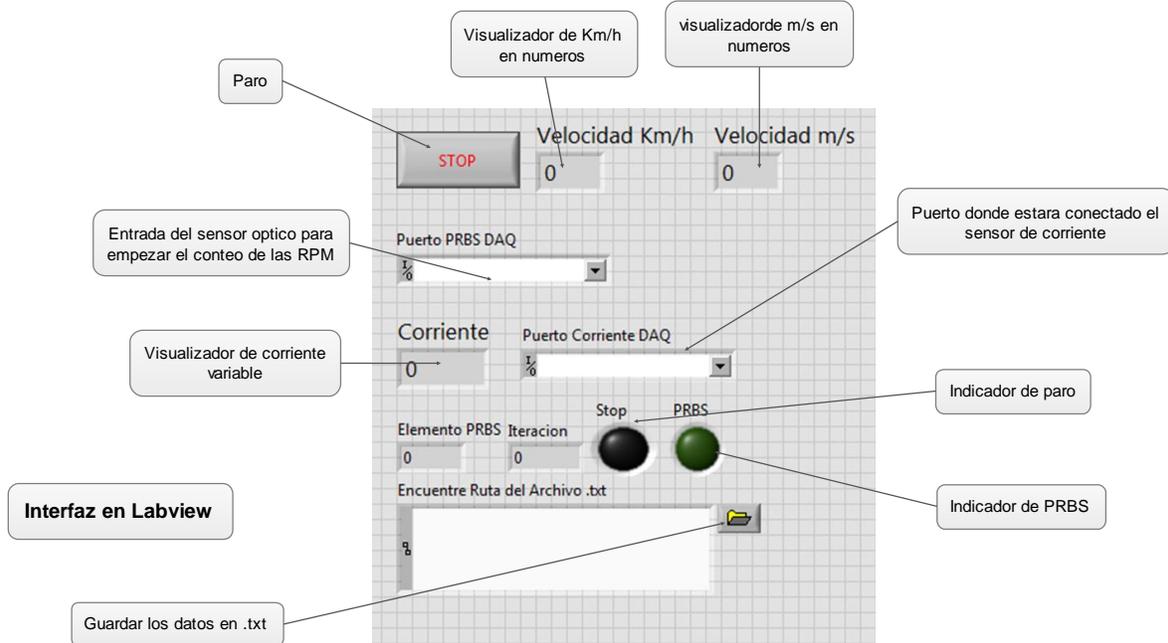


Ilustración 21 Interfaz

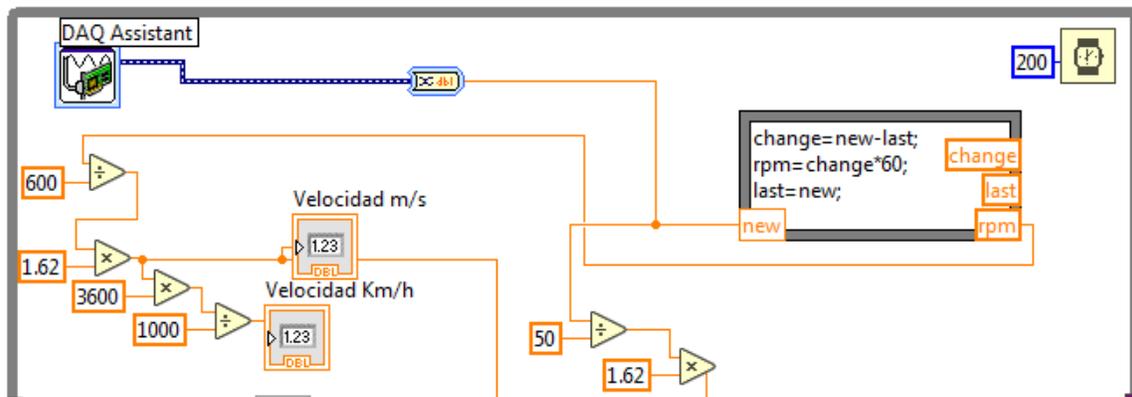


Ilustración 22 Cálculos en LabView

Aquí se realizó los cálculos de velocidad del motor tanto como tomamos datos del motor que se utilizó igual que el sensor de corriente que se le implemento y hacer una pequeña modificación de este mismo. Así iniciar el conteo de la programación en curso.

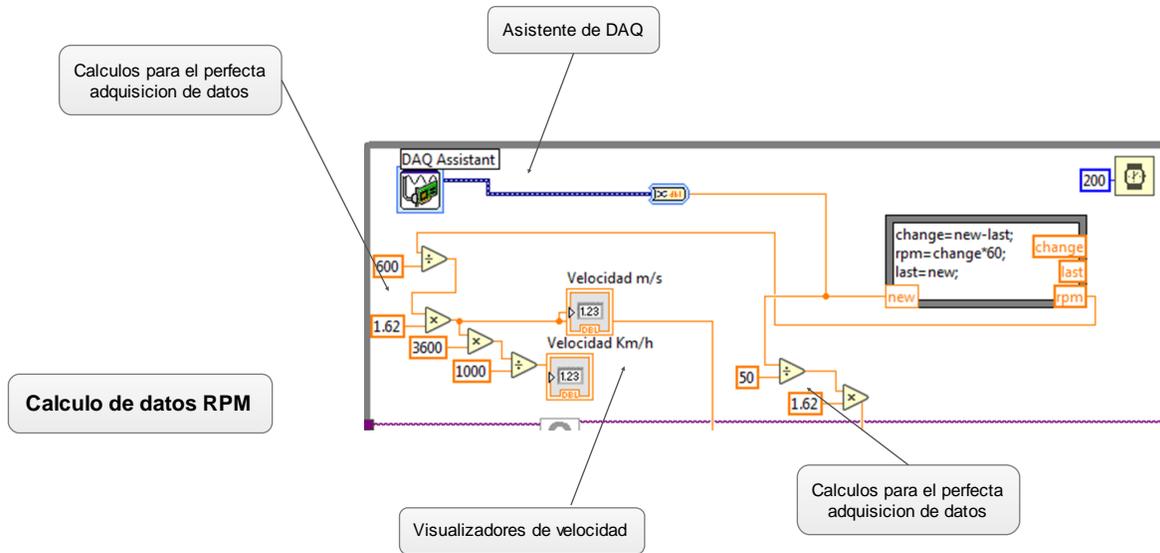


Ilustración 23 Características 1

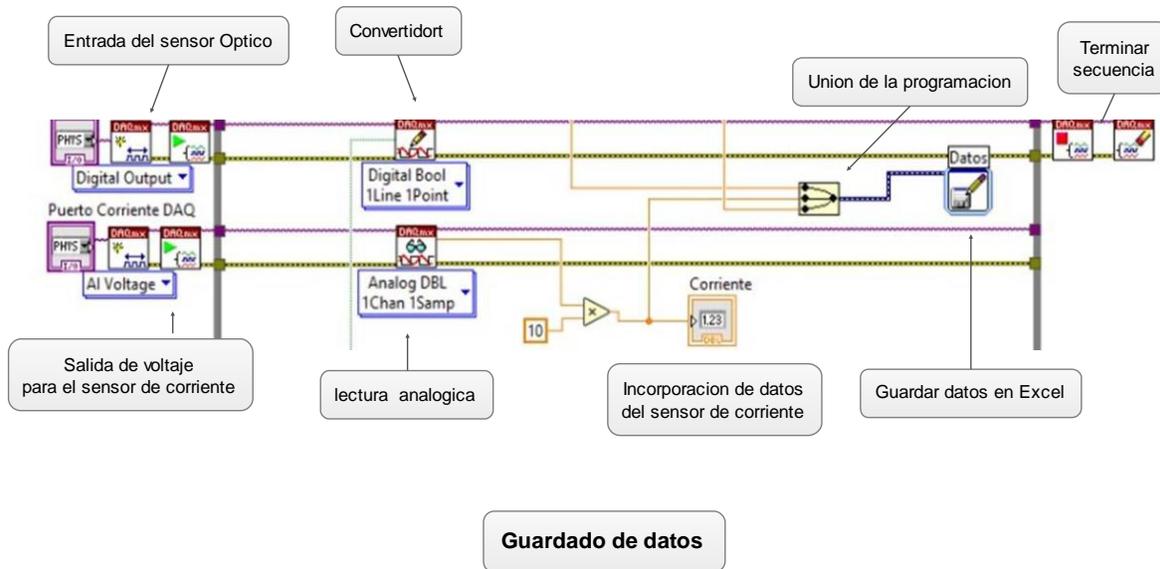


Ilustración 24 Características 2

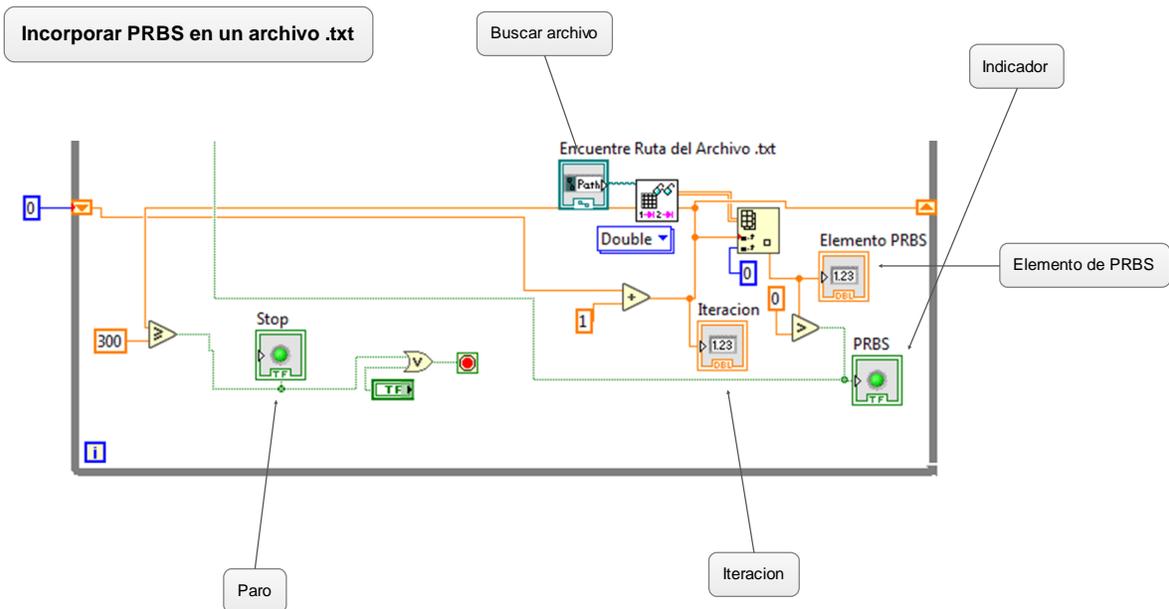


Ilustración 25 Características 3

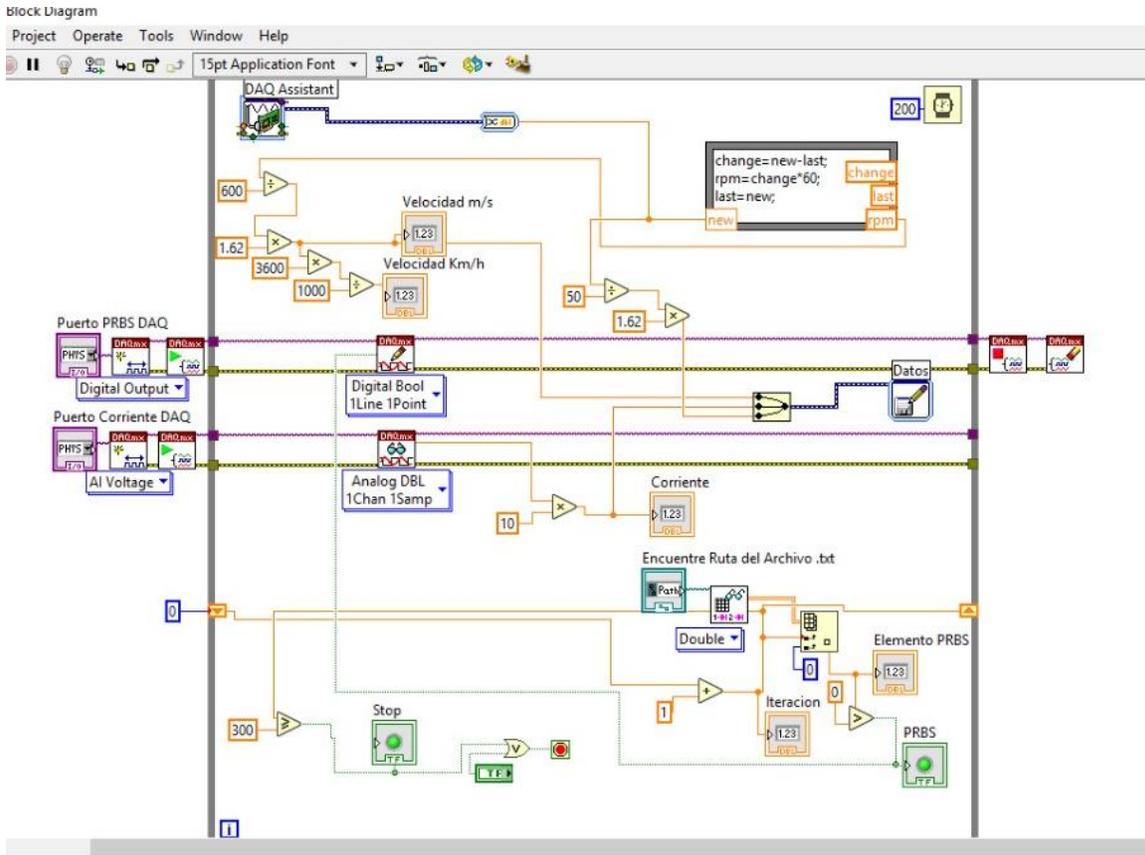


Ilustración 26 Programación completa

Modificando diseño y todo quedo de esta manera la programación en LabView y la interfaz

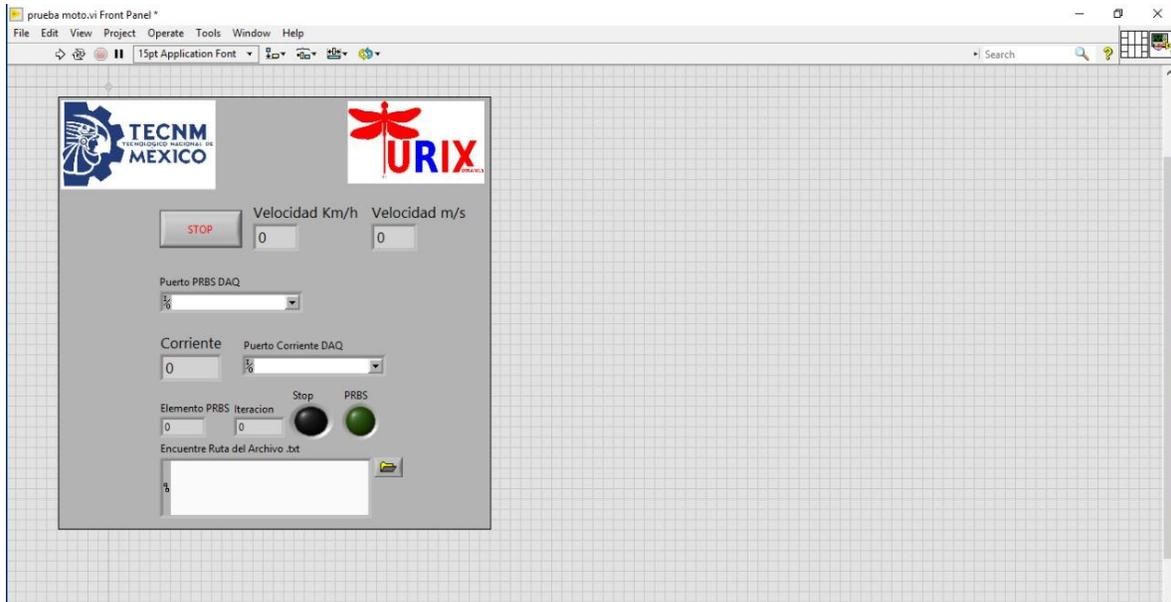


Ilustración 27 Interfaz terminada

Aquí termina las pruebas con el motor Brushless pequeño ahora se tiene que incorporar en el eco-taxi la misma programación pero diferente conexión al moto taxi diferentes sensores que se utilizaron mediante la práctica profesional.

Para medir las RPM acudimos a la visita a INVEMEX donde nos dieron y mencionaron cosas técnicas, y nos explicaron el funcionamiento del motor y nos dieron a la tarea que en la parte interior del motor tienen sensores que nos permitirían medir las RPM del motor y así asimilar las vueltas que da la llanta del eco-taxi.



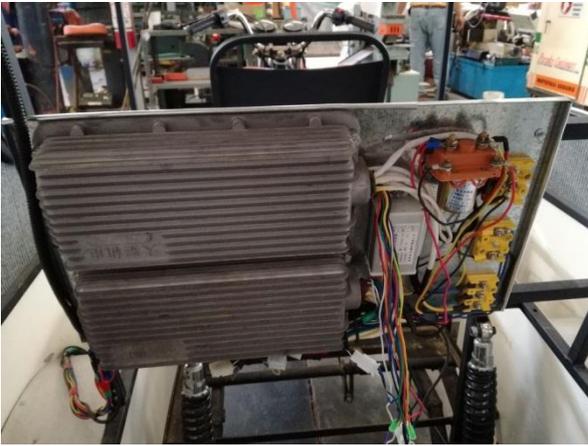
aquí nos explicaron que contiene en el interior del motor y la composición de las placas que llevan en el interior y así mismo las revoluciones y los sensores que llevan dentro.

Ilustración 28 Motor por interior



el sensor manda pulsos para medir las vueltas que manda el motor.

Ilustración 29 Sensores en el interior del motor



La instrumentación de eco taxi y la colocación de sensores que nos permitieron la realización del proyecto.

Ilustración 30 Circuito del eco-taxi

Se realizó el circuito necesario para medir los parámetros

Resultados

La grafica se muestra el comportamiento del motor

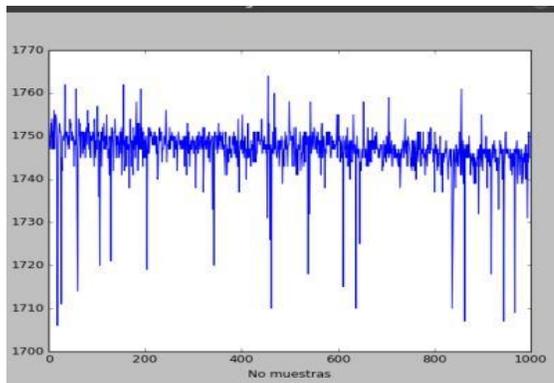


Ilustración 31 Comportamiento del motor

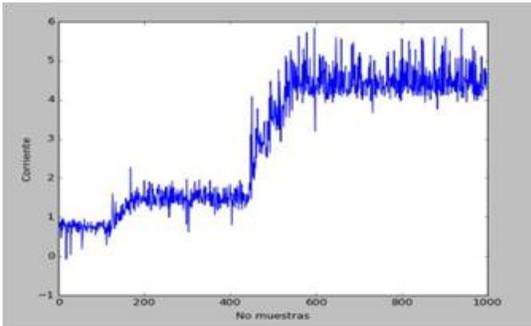


Ilustración 32 Comportamiento de corriente

Diagrama del Eco-Taxi

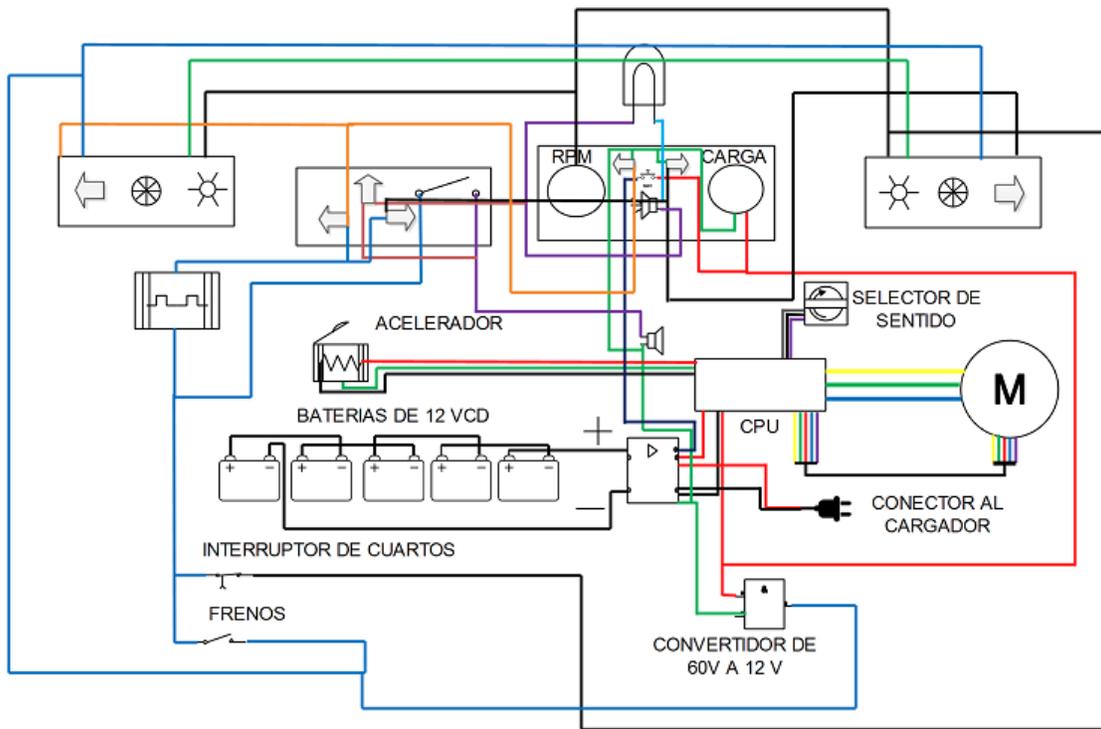


Ilustración 33 Diagrama eléctrico de eco-taxi

Conclusión

Es posible realizar una caracterización de motor con un banco de pruebas, el consumo de corriente está determinado por el PWM aplicado. La respuesta también es dependiente de la carga que tenga el banco de baterías. Y así la interfaz en LabView y así rescatar la información deseada mediante los sensores.

La aplicación creada con LabView en su función como tarjeta de adquisición de datos, no solo podrá ser aplicado a un motor *brushless* estático sin carga en un banco de pruebas, también se podrá aplicar a un vehículo eléctrico en movimiento.



Ilustración 34 Resultado eco-taxi ya en función

Referencias

- [1] L. Guzzella and A. Sciarretta, *Vehicle Propulsion Systems*, 3rd ed. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer-Verlag, 2013.
- [2] OA. Sciarretta, G. De Nunzio and L. L. Ojeda, "Optimal Ecodriving Control: Energy-Efficient Driving of Road Vehicles as an Optimal Control Problem," in *IEEE Control Systems*, vol. 35, no. 5, pp. 71-90, Oct. 2015.
- [3] *Global EV Outlook: Understanding the Electric Vehicle Landscape to 2020* (2013, April). Article by International Energy Agency.
- [4] Jack N. Barkenbus, *Eco-driving: An overlooked climate change initiative*, *Energy Policy*, Volume 38, Issue 2, February 2010, Pages 762-769
- [5] Sato, S., Suzuki, H., Miya, M., Iida, N. (2010). Analysis of the effect of eco-driving with early shift-up on real-world emission. In *Society of automotive engineering*.
- [6] Kim, S.-Y., Shin, D.-J., Yoon, H.-J., Bae, H.-C., & Kim, D.-S. (2011). Development of eco driving guide system. In *SAE asia pacific automotive engineering conference*, 2011-28-003
- [7] Kamal, M. A. S., Mukai, M., Murate, J., & Kawaba, T. (2010). On board eco-driving system for varying road-traffic environment using model predictive control. In *Proceedings of the IEEE conference on control applications*.
- [8] Tian, Z., Wang, Y., Tian, C., Zhang, F., Tu, L., & Xu, C. (2014, October). Understanding operational and charging patterns of electric vehicle taxis using GPS records. In *17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* (pp. 2472-2479). IEEE.
- [9] Chen, Jialong ; Xu, Guoqing ; Xu, Kun ; Li, Weimin, "Traction control for electric vehicles: A novel control scheme?", *2012 International Conference on Information and Automation (ICIA)*, pp. 367-372, 2012
- [10] G. Maggetto, J. Van Mierlo, J. "Electric and electric hybrid vehicle technology: a survey?" *IEE Seminar Electric, Hibrid and fuel Cell Vehicles*, 2000.

[11] Z. Q. Zhu, C. C. Chan, "Electrical Machine Topologies and Technologies for Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles" IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC08), pp. 1-6, 2008.

[12] O. Sundström and C. Binding, "Optimization methods to plan the charging of electric vehicle fleets," ACEEE Int. J. Commun., vol. 1, no. 2, pp. 45-50, 2010.

[13] R. Nick and S. H. Shahalami, "Quad quadrant bidirectional DC/DC converter for electric vehicles with high gain voltage," 2016 24th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE), Shiraz, Iran, 2016, pp. 406-411.

[14] Dai Wang, Jonathan Coignard, Teng Zeng, Cong Zhang, Samveg Saxena, Quantifying electric vehicle battery degradation from driving vs. vehicle-to-grid services, Journal of Power Sources, Volume 332, 15 November 2016, Pages 193-203, ISSN 0378-7753

[15] Zicheng Bi, Tianze Kan, Chunting Chris Mi, Yiming Zhang, Zhengming Zhao, Gregory A. Keoleian, A review of wireless power transfer for electric vehicles: Prospects to enhance sustainable mobility, Applied Energy, Volume 179, 1 October 2016, Pages 413-425, ISSN 0306-2619

[16] Asamer, J., Reinthaler, M., Ruthmair, M., Straub, M., & Puchinger, J. (2016). Optimizing charging station locations for urban taxi providers. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 85, 233-246.

[17] Y. Ahn, C. Jun and H. Yeo, "Analysing driving patterns of electric taxi based on the location of charging station in urban area," 2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), Trento, Italy, 2016, pp. 1-6.

[18] Y. Dong, S. Qian, J. Liu, L. Zhang and K. Zhang, "Optimal placement of charging stations for electric taxis in urban area with profit maximization," 2016 17th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD), Shanghai, 2016, pp. 177-182.

[19] Z. Tian; T. Jung; Y. Wang; F. Zhang; L. Tu; C. Xu; C. Tian; X. Y. Li, "Real-Time Charging Station Recommendation System for Electric-Vehicle Taxis," in IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems , vol.PP, no.99, pp.1-12

[20] Fan, P., Sainbayar, B., & Ren, S. (2015). Operation analysis of fast charging stations with energy demand control of electric vehicles. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 6(4), 1819-1826.

[21] P. Fan, B. Sainbayar and S. Ren, "Operation Analysis of Fast Charging Stations With Energy Demand Control of Electric Vehicles," in *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 6, no. 4, pp. 1819-1826, July 2015.

[22] Z. Xu, W. Su, Z. Hu, Y. Song and H. Zhang, "A Hierarchical Framework for Coordinated Charging of Plug-In Electric Vehicles in China," in *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 7, no. 1, pp. 428-438, Jan. 2016.

[23] W. Dib, A. Chasse, D. di Domenico, P. Moulin, and A. Sciarretta, "Evaluation of the energy efficiency of a fleet of electric vehicles for eco-driving application," *Oil Gas Sci. Technol. Rev. IFP Energ. Nouvelles*, vol. 67, no. 4, pp. 589-599, 2012.

[24] P. Sahlholm and K. H. Johansson, "Road grade estimation for lookahead vehicle control using multiple measurement runs," *Contr. Eng. Pract.*, vol. 18, no. 11, pp. 1328-1341, 2010.