

## Sistema para el control de carga de baterías de una plataforma robotica móvil, utilizando un motor de combustión interna

VÁZQUEZ-TRUJILLO, Roberto Maciel†\*, MARCIAL-RODRÍGUEZ, Miguel Ángel, HERRERA-AGUILAR, Ignacio y MARTÍNEZ-SIBAJA, Albino

*Departamento de Maestría en Ingeniería Electrónica, Instituto Tecnológico De Orizaba*

Recibido 3 de Julio, 2017; Aceptado 8 de Septiembre, 2017

### Resumen

En la actualidad el uso de plataformas roboticas móviles es cada vez mas frecuente, sin embargo estas presentan problemas cuando se trata de autonomía debido a la falta de sistemas de alimentación eficientes, que sean capaces de proveer al sistema la energía suficiente para poder operar por lapsos de tiempo largos, debido a esto se desarrollo e implemento un sistema de control para la distribución de la energía en una plataforma robótica móvil, gracias a la combinación de energía eléctrica proveniente de un banco de baterías, con la energía eléctrica generada por medio de un motor de combustión interna, logrando así un sistema híbrido de energía eléctrica. La combinación de estas diferentes fuentes de energía permite que la plataforma móvil tenga un mayor tiempo de autonomía, esta es una característica de suma importancia para el desarrollo de aplicaciones de campo de la robótica móvil. Otra característica importante de la que se trato es de la comunicación que tiene con el software Robot Operating System (Sistema operativo robotico) por sus siglas en ingles ROS.

**Plataforma robotica móvil, Sistema híbrido de energía, Comunicación con ROS**

### Abstract

At present the use of mobile robotic platforms is becoming more frequent, however mobile robotic platforms present problems when it comes to autonomy due to the lack of efficient power systems, which are able to provide the system with enough power to power Operate for long periods of time, due to this development and implementation of a control system for the distribution of energy in a mobile robotic platform, thanks to the combination of electrical energy from a battery bank, with the electric energy generated by Medium of an internal combustion engine, thus achieving a hybrid electric power system. The combination of these different power sources allows the mobile platform to have a longer autonomy time, this is a feature of paramount importance for the development of field applications of mobile robotics. Another important characteristic of the one that is treated is the communication that it has with the software Robot Operating System by its acronym in English ROS.

**Mobile robotic platform, Power hybrid system, Communication with ROS**

**Citación:** VÁZQUEZ-TRUJILLO, Roberto Maciel, MARCIAL-RODRÍGUEZ, Miguel Ángel, HERRERA-AGUILAR, Ignacio y MARTÍNEZ-SIBAJA, Albino. Sistema para el control de carga de baterías de una plataforma robotica móvil, utilizando un motor de combustión interna. Revista de Ingeniería Innovativa 2017. 1-3:1-9

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: robertomvt.94@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

En este artículo se presenta una propuesta de un sistema de carga para baterías acoplado a una plataforma móvil; basado en un motor de combustión interna que a su vez es acoplado a un alternador, controlado por una tarjeta de hardware libre (arduino) y una computadora. Uno de los problemas más comunes dentro de la robótica móvil es que la mayoría de las plataformas móviles usan diferentes tipos de baterías, pero estas por su naturaleza se descargan con el tiempo, generalmente antes de que el móvil finalice su tarea. Por tal motivo implementar un sistema basado en un motor de combustión interna que funja la función de generador, le proporciona más tiempo de operación a dichas plataformas. por lo que se creara un sistema de control que se encargue en primer lugar del paso de la corriente de las baterías a la carga y en segundo lugar cuando las baterías se descarguen entre en funcionamiento el generador de voltaje, el voltaje producido por este se pretende regular para que coincida con el voltaje de la carga y la batería, de esta manera se asegurara que el vehículo no sufra daños, así mismo el proceso que actualmente se usa para cargar las baterías es manual por lo que resulta bastante incómodo para el usuario, se pretende entonces hacer que el sistema de carga y alimentación de las baterías se realice de manera automática mediante el uso de un microcontrolador.

Con este sistema se pretende lograr que la plataforma sea una plataforma híbrida evitando así que la contaminación producida por el generador de voltaje sea mayor.

Una de las energías más utilizadas en estos tiempos es la energía eléctrica, debido a que esta energía se puede transformar fácilmente en otros tipos de energía, como la energía mecánica que es la necesaria para mover la plataforma móvil a la que está enfocado el proyecto.

Una de las formas de obtener energía eléctrica para el funcionamiento de la plataforma móvil sería conectarse a una red eléctrica, pero esto limitaría la movilidad de dicha plataforma y su fácil traslado, porque siempre tendría que estar conectada a la red eléctrica, una de las pocas formas alternativas es utilizar baterías que convierten la energía eléctrica en energía química para poder almacenarla.

Existen varias clasificaciones de baterías, entre ellas se encuentra su clasificación de acuerdo a su habilidad para ser recargadas una vez que se han descargado.

Dentro de esta clasificación tenemos dos opciones:

**Baterías primarias:** Este tipo de baterías no permite que se utilicen más de una vez esto quiere decir que una vez descargadas ya no será posible volver a recargarlas, se utilizan en aplicaciones que requieren pequeña potencia por lo que su tamaño también es reducido.

**Baterías secundarias:** Este tipo de baterías pueden ser utilizadas en más de una ocasión lo cual quiere decir que una vez que se descargan es posible recargarlas, también son llamadas baterías recargables o acumuladores.

En nuestro proyecto se requiere utilizar el tipo de baterías secundarias debido a que la plataforma móvil requiere de potencia y de constante uso de energía.

Las baterías secundarias de gran potencia (varios ampere-hora) se utilizan en su mayoría para el arranque de vehículos con motor de combustión interna, pero en los últimos tiempos se ha aumentado el interés para utilizar estas baterías en vehículos eléctricos y vehículos híbridos. Dentro de las baterías secundarias también existe una clasificación:

Baterías que funcionan en régimen estacionario.

Estas baterías se cargan desde una fuente de energía primaria y se descargan ocasionalmente, por ejemplo, cuando la fuente de energía primaria falla o cuando no alcanza a suministrar los requerimientos de funcionamiento de la aplicación. Para que la batería este cargada completamente durante los periodos de inactividad se le aplica pequeños ciclos de carga llamados carga de mantenimiento. Baterías que funcionan bajo regímenes cíclicos de carga-descarga

Estas baterías sirven como fuente de alimentación para circuitos eléctricos, una vez que sean descargadas, se recargan utilizando una fuente primaria de energía que suele ser la red eléctrica.

Siguiendo esta clasificación de baterías y de acuerdo a la aplicación que les daremos a las baterías nos enfocaremos en hablar acerca de las baterías que funcionan bajo regímenes cíclicos de carga y descarga.

Otro de los principales elementos que conformaran la plataforma móvil es un alternador, el objetivo principal de este es el de transformar la energía mecánica en energía eléctrica, esto lo realiza por medio de un rotor y de un campo magnético.

Un motor de combustión interna es un tipo de máquina que a partir de una energía química proporcionada es capaz de convertirla en energía mecánica utilizable, que en nuestro caso será la energía que moverá el alternador, la energía transformada es proveniente de combustión que se realiza en el interior del motor de ahí su nombre, la cual se produce por medio de un fluido activo o por una mezcla de combustibles.

En la actualidad existen diferentes tipos de plataformas móviles, algunas son creadas como prototipos para laboratorios y otras son comerciales, como la plataforma fabricada por la empresa europea Robotnik llamada Summit XL, esta plataforma tiene cinemática diferencial basada en cuatro motores de alto rendimiento, su odometría se calcula haciendo uso de cuatro encoders y un sensor angular de alta precisión montado en el chasis, Esta plataforma puede navegar autónomamente o ser teleoperada mediante una cámara Pan-Tilt-Zoom, que transmite video en tiempo real. Actualmente el sistema de alimentación del robot cuenta con un sistema de baterías 8x3.3V LiFePO4, lo cual le permite tener un tiempo de funcionamiento de manera continua de hasta cinco horas.

En el trabajo titulado conversión de un robot móvil de cadena híbrido describe el desarrollo de un prototipo de robot híbrido eléctrico, es un robot móvil de cadenas híbrido eléctrico llamado "Auriga alpha" el cual cuenta con un sistema de alimentación con un generador de combustible y un banco de baterías, propone un sistema de alimentación híbrido mediante la acción conjunta de baterías y un generador monofásico de gasolina como apoyo auxiliar. Su objetivo es aprovechar la elevada densidad de energía química que ofrecen las nuevas tecnologías de almacenamiento de energía, lo cual permite aumentar su autonomía energética, en este caso usando un sistema híbrido eléctrico.

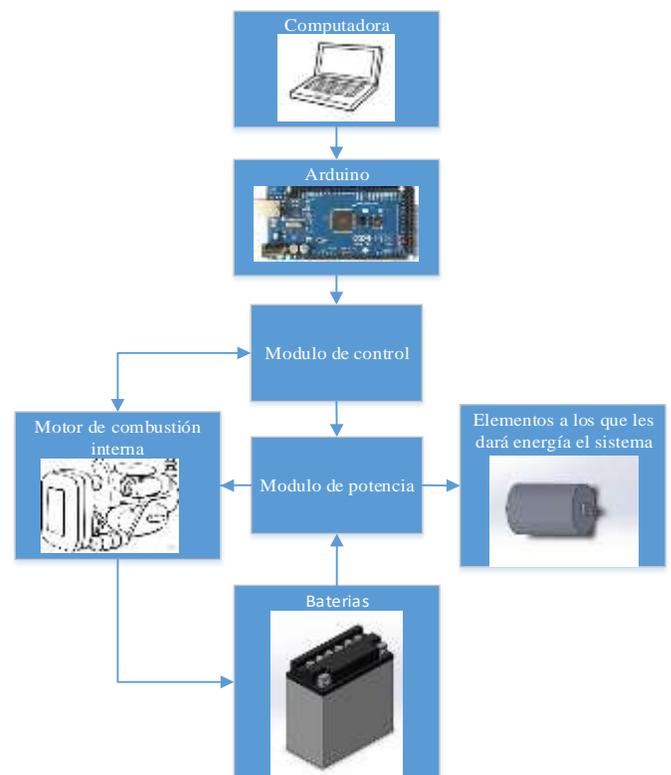
Por ultimo podemos mencionar el caso del robot Vine Robot, el cual se desarrolló e implemento con la intención de que monitoreara viñedos, las funciones principales que realiza el robot son verificar el crecimiento de la uva y el estado del agua, así como la composición de la uva, la implementación de un sistema de alimentación como el que se plantea daría la posibilidad de que este robot pudiera supervisar mayores extensiones de terreno sin ningún problema.

**Desarrollo**

Para que la plataforma móvil no dependa solamente de las baterías con las que cuenta, se le adaptara un motor de combustión interna cuya función será cargar las baterías y mantener todo el sistema funcionando, hasta que las baterías hayan sido recargadas. Con esto se aumentará significativamente el tiempo de funcionamiento de la plataforma.

En la figura 1 se muestra el diagrama de control de carga para las baterías del móvil, sus componentes se describen a continuación; computadora por la cual se estará monitoreando a distancia el nivel de descarga de las baterías, para lograr eso, utilizaremos un sensor de corriente y su información será procesada por un controlador, en nuestro caso usaremos la tarjeta arduino, ella se encargara de enviar la señal al motor para que este empiece a trabajar, provocando movimiento en el alternador que se encargara de cargar las baterías y mantener al sistema operando.

Para evitar que el voltaje producido por el alternador dañe alguno de los componentes de la plataforma como laptop, router, Kinect, motores de las llantas o al piston que controla la dirección, se contara con el módulo de control que al mismo tiempo se encargara de elevar o disminuir los voltajes producidos, de acuerdo con las especificaciones de cada componente, esto será realizado por medio de fuentes conmutadas.



**Figura 1** Esquema del control de carga para baterías

Fuente: *Elaboración propia.*



**Figura 2** Esquema de la generación de energía eléctrica para recargar las baterías

Fuente: *Elaboración propia*

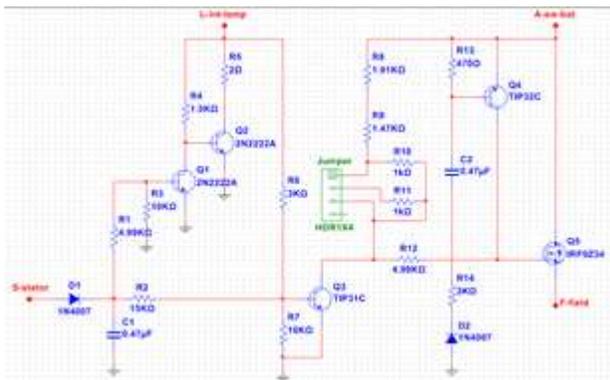
En la figura 2 se puede observar que el motor de combustión interna va a producir un movimiento, que por medio de una banda moverá al mismo tiempo el alternador el cual se encargara de convertir esta energía mecánica en energía eléctrica, en específico corriente alterna, el alternador cuenta con un puente rectificador el cual se encarga de convertir la corriente alterna en corriente continua, que es la necesaria para cargar las baterías.

#### Electrónica de potencia:

Esta parte está integrada por fuentes conmutadas las cuales dan una alta eficacia respecto a las fuentes construidas a partir de reguladores de voltaje, nos permitirán la circulación de corriente de las baterías a los diversos elementos de la plataforma móvil, así como del generador a las baterías y elementos de la plataforma móvil.

#### Regulador de voltaje para el alternador:

El alternador necesita una retroalimentación de voltaje la cual se dará por medio de este regulador



**Figura 3** Esquema electrónico del regulador de voltaje

Fuente: *Diseño propio*

#### Etapas de control:

Esta parte será el software de nuestro sistema, en donde se creará el programa que posteriormente se cargará en un microcontrolador para que este se encargue del control del sistema de carga de baterías, logrando así que el tiempo de funcionamiento de la plataforma móvil sea mayor.

En esta parte se incluirá también un sensor de corriente que será el encargado de medir el nivel de corriente que tienen las baterías y por medio del microcontrolador se determinará si ese nivel es demasiado bajo, si esto resulta verdadero se mandará la señal para que el motor entre en funcionamiento, posteriormente cuando el nivel de corriente en las baterías sea el adecuado para que estas puedan alimentar a el sistema de la plataforma se mandará a apagar el motor.



**Figura 4** Sensor de corriente modelo ACS-712  
Interfaz con ROS

Fuente: <https://electrocrea.com/products/sensor-de-corriente-acs712-30a>.

ROS es un software que se utiliza para controlar y monitorear robots a distancia entre otras cosas, se creará esta interfaz con el fin de poder monitorear bajo qué condiciones está trabajando nuestra plataforma móvil.

## Resultados

Los componentes que integran la plataforma son una computadora la cual se alimenta con un voltaje de 19.5V y consume 2A, la plataforma se desplaza con la ayuda de cuatro motores los cuales trabajan a 12V y consumen una corriente de 1A en condiciones normales, en condiciones de esfuerzo su consumo se eleva a 4A, por lo cual será necesario monitorear la corriente que consumen los motores ya que cuando su consumo aumenta a cuatro veces más de lo normal es una indicación de que la plataforma se ha atorado con algún tipo de obstáculo, el router de la plataforma funciona con 9V y consume 0.6A, la plataforma contaba con dirección diferencial, pero debido a que no era eficaz se le agrego una dirección con volante la cual es manipulada por un pistón eléctrico de 12V y consume 1A, la tarjeta arduino y el Kinect se alimentan directamente desde la laptop, pero si se quisiera también podrían alimentarse directamente desde las baterías, para poder alimentar a todo estos elementos se cuenta con un par de baterías de 12V que pueden dar una corriente de 7A, las cuales permiten que la plataforma trabaje de acuerdo a las pruebas realizadas aproximadamente dos horas, este tiempo resulta demasiado poco para el fin con el que se elabora la plataforma que es el de exploración, además de que no se le da la autonomía que se busca, después de este tiempo es necesario recargar las baterías, como se menciona en la introducción de este documento la manera más típica de recargar baterías es utilizando la red eléctrica, en las pruebas realizadas se obtuvo que para recargar las batería a su máxima capacidad se necesitaba que estuvieran conectadas a la red eléctrica dos horas y media, lo que significa que la plataforma se encontrara sin funcionar dos horas y media, lo cual resulta un tiempo de espera demasiado extenso para el usuario.

Para resolver este problema, es que se plantea colocarle un motor de combustión interna en la parte superior del chasis, en pruebas realizadas se obtuvo que con un litro de gasolina el motor puede operar sin problemas una hora, el tanque de gasolina con el que cuenta la plataforma es de dos litros, lo que significa que el motor de combustión interna puede trabajar durante dos horas antes de que se le acabe el combustible.



**Figura 5** Plataforma móvil a la que se le adaptara el sistema de carga de baterías

Fuente: *Fotografía de la plataforma robótica del Instituto Tecnológico de Orizaba.*

En la figura cinco se aprecia una foto de la plataforma móvil a la cual se le adaptará el sistema de carga de baterías, el motor de combustión interna se colocará en la parte superior de la plataforma, el peso del motor y el alternador es de 26Kg. La plataforma fue diseñada para cargar 30Kg, por lo que el motor no sobrepasa los límites de carga de la plataforma y permitirá que esta siga funcionando con normalidad.



**Figura 6** Motor de combustión interna utilizado para recargar las baterías

Fuente: *Fotografía del motor de combustión interna del Instituto Tecnológico de Orizaba*

En la figura siete se puede apreciar el motor de combustión interna del lado derecho de la imagen, al lado izquierdo de la imagen se puede observar el alternador y una batería de 12V, en la parte superior se observa el tanque de gasolina con el que se cuenta.

Como ya se mencionó previamente el motor mueve un alternador que es el que se encarga de transformar la energía mecánica producida por el movimiento del motor en energía eléctrica de CA, para convertir esta energía de CA en corriente directa (CD), que es la necesaria para recargar las baterías y para alimentar a los demás componentes del sistema, el alternador tiene un puente de diodos interno que se encarga de rectificar la corriente de CA, por lo que en las terminales de salida del alternador se puede obtener un voltaje de CD, este voltaje depende de la retroalimentación que se da con la ayuda del regulador de voltaje mostrado en la figura 5, por medio de este sistema es posible recargar las baterías en un tiempo de una hora.



**Figura 7** Prueba de la carga de las baterías utilizando el motor de combustión interna

Fuente: *Fotografía del motor de combustión interna del Instituto Tecnológico de Orizaba*

En la figura 8 se observa una foto de las pruebas previas en donde se puso a trabajar el motor de combustión interna con un litro de gasolina para realizar la carga de las baterías, el voltaje que se produce en las terminales del alternador es de 14.4V mismo que se suministra a las baterías para que estas se carguen.



**Figura 8** Fotografía del motor de combustión interna acoplado a la plataforma robótica móvil

Fuente: *Fotografía del motor de combustión interna y de la plataforma robótica móvil del Instituto Tecnológico de Orizaba*

A continuación, se presenta una tabla y una gráfica en donde se muestra el tiempo necesario para recargar una batería por parte del alternador, cabe mencionar que cuando una batería se encuentra descargada el consumo de corriente es elevado y conforme se va recargando su consumo de corriente disminuye llegando hasta los 500mA, que es el valor que indica que ha sido cargada totalmente.



**Gráfico 1** Tiempo de la carga de una batería usando el alternador y motor de combustión interna

*Fuente: Elaboración propia*

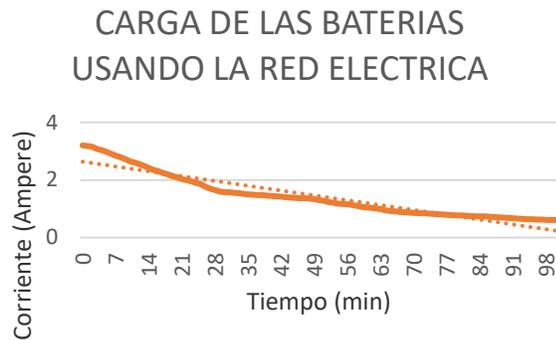
En la gráfica 1 se observa que en el tiempo cero de la carga de una batería el consumo de corriente es elevado debido a que esta se encuentra descargada, conforme aumenta el tiempo de carga la corriente que consume va disminuyendo, hasta que llega un punto en donde el consumo de corriente por parte de la batería se vuelve lineal, aproximadamente en los 500mA, en las pruebas este valor se consiguió en aproximadamente una hora.

También se incluye una gráfica, en donde la carga de la batería se realizó con la red eléctrica en lugar de utilizar el motor de combustión interna.

Tiempo (min)	Corriente (A)
0	4
1	3.98
2	3.96
3	3.93
4	3.9
5	3.88
6	3.87
7	3.84
8	3.84
9	3.79
10	3.75
11	3.72
12	3.67
13	3.65
14	3.6
15	3.58
16	3.54
17	3.52
18	3.5
19	3.49
20	3.47
21	3.45
22	3.43
23	3.42
24	3.4
25	3.39
26	3.36
27	3.35
28	3.3
29	3.31
30	3.26
31	3.2
32	3.12
33	3.09
34	3
35	2.91
36	2.85
37	2.82
38	2.73
39	2.61
40	2.6
41	2.52
42	2.45
43	2.32
44	2.2
45	2.1
46	2
47	1.9
48	1.8
49	1.5
50	1.2
51	0.9
52	0.85
53	0.75
54	0.68
55	0.62
56	0.55
57	0.54
58	0.53
59	0.53
60	0.53

**Tabla 1** Carga de una batería utilizando el motor de combustión interna. En la izquierda tenemos el tiempo necesario para cargar la batería y a la derecha tenemos el consumo de corriente de la batería

*Fuente: Elaboración propia.*



**Gráfico 2** Tiempo de carga de una bacteria utilizando la red eléctrica

Fuente: *Elaboración propia.*

En la gráfica 2 se observa el tiempo necesario para cargar una batería utilizando la red eléctrica es de aproximadamente 96 minutos, este tiempo resulta ser 36 minutos mayor si lo comparamos con el tiempo en que se carga una batería utilizando el motor y el alternador, respecto al consumo de corriente se observa que ocurre un comportamiento similar al principio de la carga se consume mayor corriente y conforme pasa el tiempo este consumo de corriente va disminuyendo hasta llegar las 500mA aproximadamente.

## Conclusiones

Con los resultados obtenidos se puede concluir que el uso de un motor en conjunto con un alternador es muy eficiente para cargar las baterías, el tiempo de carga es menor respecto al tiempo de carga utilizando la red eléctrica, además existe la ventaja de que la plataforma móvil puede transportar el motor y no tiene que estar forzosamente conectada a una toma de corriente eléctrica para recargar sus baterías, lo cual le da una mayor libertad de movimiento y un mayor tiempo de funcionamiento que es uno de los objetivos principales del proyecto.

Teniendo en cuenta que el tiempo de funcionamiento de la plataforma usando solamente como fuente de energía las baterías es de aproximadamente dos horas y que el tiempo de recarga de estas utilizando el sistema propuesto es de una hora, se espera que en pruebas realizadas para el mes de diciembre, la autonomía de la plataforma sea de 6 horas, dos horas trabajara utilizando el motor de combustión interna, que es el tiempo en el que las baterías de la plataforma serán recargadas, y cuatro horas trabajara con la energía proporcionada por las baterías.

## Referencias

Diago, Maria P et al. 2015. "Vinerobot: On-the-Go Vineyard Monitoring with Non-Invasive Sensors." *Progres Agricole et Viticole*: 1–4.

Hl, Summit X L. "Summit XI Hl." Londoño Ospina, Nelson et al. 2006. "Rtt: Robot Para Navegación En Terrenos Irregulares." *Scientia et Technica, ISSN 0122-1701, Vol. 3, N°. 32, 2006, págs. 79-84* 3(32): 79–84.

Quintela, F R. "Definición de Alternador." : 1–6.

<http://electricidad.usal.es/Principal/Circuitos/Descargas/DefinicionAlternador.pdf>.

Ramos-silvestre, Edgar Roberto et al. 2010. "Modelado , Simulación Y Construcción de Un Robot Móvil de Ruedas Tipo Diferencial."

Systems, Teleoperated Robotics. 2005. "Sistemas Roboticos Teleoperados." (15): 62–69.

Te, Marco. "Capitulo Iii Descripción Del Motor Y Su Funcionamiento."

Viera, Juan C. 2003. *Carga Rapida de Baterias de Ni-Cd Y Ni-MH de Media Y Gran Capacidad. Analisis, Sintesis Y Compracion de Nuevos Metodos.*