

# Diseño y Construcción de un Sistema Portátil de Generación Eléctrica para Cargar un Banco de Baterías

Molina I.\*, Chico P.\*\*, Rosales A.\*\*, Ávalos E.\*\*\*

\*Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
Quito, Ecuador e-mail: gatoims@yahoo.es

\*\* Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Automatización y Control Industrial  
Quito, Ecuador e-mail: {patricio.chico; andres.rosales}@epn.edu.ec

\*\*\*Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Física  
Quito, Ecuador; e-mail: Eduardo.avalos@epn.edu.ec

**Resumen:** El trabajo desarrollado consiste en el diseño y construcción de una máquina portátil que permita cargar un banco de baterías tanto desde un grupo motor-generator, así como también desde la red eléctrica. Además incluye el dimensionamiento de dicho banco de baterías que se encargará de suministrar la suficiente energía para alimentar a un láser de nitrógeno y un computador portátil por medio de un inversor comercial. Estos equipos son necesarios para realizar estudios de espectroscopia en lugares donde la red eléctrica no está disponible.

**Palabras Clave:** grupo electrógeno, baterías, convertidor dc/dc reductor, inversor, alternador, cargador de baterías.

**Abstract:** This paper describes the design of hardware, software and the construction of a portable device that charges a battery bank from a motor-generator unit and also from the power grid. It also includes the design of the battery bank, since it will supply enough energy to power a nitrogen laser unit and a laptop using a commercial inverter. This equipment is required to perform spectroscopy studies in places where the power grid is not available.

**Keywords:** generator, batteries, buck converter, inverter, alternator, battery charger

## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se abordan los procesos de diseño y construcción de un prototipo para cargar un banco de baterías desde dos fuentes de energía diferentes: por medio de un grupo motor - generador, o desde la red de distribución eléctrica. El banco de baterías debe ser capaz de suministrar durante dos horas aproximadamente la suficiente energía para alimentar a un láser de nitrógeno y un computador portátil, los cuales consumen una potencia de hasta 150W máximo.

Para reestablecer la energía del banco de baterías de manera adecuada y sin comprometer la vida útil de las mismas, ya sea desde el grupo motor-generator o desde la red eléctrica, se requiere de un sistema de control que esté monitoreando durante el proceso de carga las siguientes variables en las baterías: voltaje, temperatura y corriente; y en base a ellas tomar las respectivas acciones de control.

Se debe tener en cuenta que el tiempo de autonomía del grupo motor-generator es limitado debido a la capacidad del tanque de combustible, motivo por el cual se implementa una técnica de carga rápida. También se tiene la opción de cargar las baterías desde la red de distribución si está disponible, y este caso se utiliza una técnica de carga lenta.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Según se muestra en el diagrama de la Fig. 1. la máquina consiste fundamentalmente en el sistema portátil de generación eléctrica, el sistema de control y el banco de baterías.

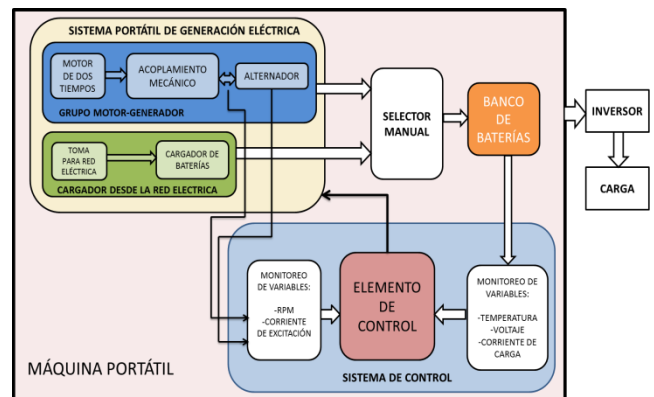


Figura. 1 Diagrama general de la estructura del proyecto

Dentro del sistema portátil de generación eléctrica, se encuentran el grupo motor-generator y el cargador de baterías que utiliza la red eléctrica como fuente, mientras que el sistema de control incluye el monitoreo de las variables del sistema las cuales son: voltaje, corriente de carga, temperatura, velocidad a la que gira el grupo motor-generator y corriente de excitación del alternador, y en base

a estas variables toma las respectivas acciones de control que permitan cargar de manera eficiente al banco de baterías.

### 3. SISTEMA PORTÁTIL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

El sistema portátil de generación eléctrica es el encargado de reestablecer la energía del banco de baterías cuando éste se encuentra descargado, la Fig. 2. muestra un diagrama correspondiente a este sistema.

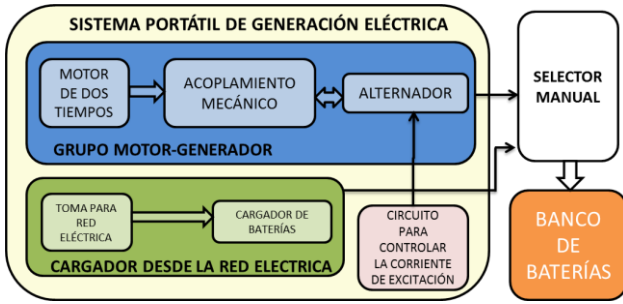


Figura. 2 Diagrama del sistema portátil de generación eléctrica

#### Dimensionamiento del Banco de Baterías

El banco de baterías se dimensiona para abastecer a la carga (láser de nitrógeno y un computador portátil), por un tiempo máximo de dos horas.

Se calcula el consumo total de energía en (W) de las cargas, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Cálculo del consumo de las cargas en (W)

Tipo de equipo	Cantidad	Potencia [W]	Consumo [W]
Laptop	1	65	65
Láser de Nitrógeno	1	50	50
		<b>Potencia total</b>	<b>115</b>

Los equipos se conectan a través de un inversor comercial que en su hoja de datos especifica una eficiencia del 85% durante el proceso de conversión de corriente continua a corriente alterna. Además se sobredimensiona un 10% en capacidad, para contrarrestar la pérdida de eficiencia por deterioro de las baterías con el transcurso del tiempo; esto se muestra en la Tabla 2. [2]

Tabla 2. Cálculo del consumo total de las cargas en (W)

Potencia (W)	Potencia/0.85	Factor de seguridad	Potencia total
115	135.3W	10%	148.8W

Para calcular la capacidad del banco de baterías se trabaja con la corriente de consumo de la carga, el tiempo de autonomía, así como la tasa de descarga. [1]

De acuerdo a las especificaciones de la energía que requiere la carga se calculó que la capacidad del banco de baterías debería ser de 24.8Ah para alimentar a la carga durante dos horas de respaldo, el valor comercial más cercano a la capacidad del banco es de 24Ah, para lo cual se utilizan dos baterías de plomo ácido VRLA (baterías recargables de plomo ácido con válvula regulada para la gasificación y libres de mantenimiento) de 12V, 12Ah, que conectadas en paralelo da una capacidad de 24Ah.

Las baterías utilizadas se muestran en la Fig. 3.



Figura. 3 Batería de plomo-ácido VRLA. [2]

#### Diseño y Construcción del Grupo Motor-Generador

Para la construcción del grupo motor-generator, se destacan las siguientes partes fundamentales:

- Motor a combustión interna
- Alternador
- Acople mecánico (unión entre el motor y el alternador)
- Estructura de montaje (bancada)

##### 1) Motor a combustión interna

El motor de dos tiempos de una motoguadaña modelo FS85 marca STIHL (mostrado en la Fig. 4), se ha seleccionado como motor de combustión interna, el cual entrega la suficiente potencia mecánica para mover al alternador y a su vez éste pueda convertir la energía mecánica en energía eléctrica.



Figura. 4 Motor de motoguadaña STIHL FS85

##### 2) Alternador

Es una máquina eléctrica que transforma la energía mecánica en energía eléctrica, generando corriente alterna mediante inducción electromagnética. [3]

Para el trabajo desarrollado, se utiliza un alternador de automóvil, que suministra corriente trifásica rectificadora para cargar al banco de baterías.

Considerando que la corriente máxima que se requiere para cargar el banco de baterías de acuerdo a la referencia [2] corresponde al 30% de la capacidad del banco ( $0.3 \cdot 24\text{Ah} = 7.2\text{A}$ ), se utiliza un alternador compacto correspondiente al de un vehículo Daewo Tico (véase Fig. 5) cuyas características principales son: Voltaje nominal: 12V, corriente nominal: 50A, velocidad máxima de rotación: 18000rpm.



Figura. 5 Alternador compacto

Se aprecia que la corriente que puede entregar el alternador supera notablemente el requerimiento de la corriente necesaria para carga el banco de baterías, razón por la cual el alternador está sobredimensionado, pero es el más pequeño que se encontró en el mercado local y que se utiliza en sistemas eléctricos de vehículos basados en baterías de 12V.

El sobredimensionamiento tanto del motor de combustión interna, así como el alternador, permitiría cargar un banco de baterías de capacidad superior al utilizado para este trabajo, además de ello podría también alimentar directamente a una carga.

### 3) Acople mecánico

El acople mecánico constituye el dispositivo para unir el eje del motor de combustión interna con el eje del alternador. Para el desarrollo de este trabajo se diseña un acople directo por la facilidad que presenta en la construcción y adaptación tanto para el motor de combustión interna como para el alternador en un espacio físico limitado. [4] (Véase Fig. 6)

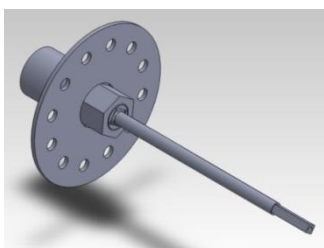


Figura. 6 Acople diseñado

Este tipo de acoplamiento requiere de una alineación precisa de los ejes, para que no pueda haber movimiento relativo entre ellos. Aprovechando el dispositivo de acople se diseña un disco que funcione como encoder con el fin de poder utilizarlo para monitorear la velocidad de giro del motor.

### 4) Estructura de montaje

Los equipos son montados en una plataforma que permite alinear y unir de manera correcta los ejes del motor de combustión interna así como del alternador a través del acople mecánico. La Fig. 7 muestra la plataforma sobre la cual se realiza el montaje de los equipos, cabe destacar que esta base es lo suficientemente robusta y pesada puesto que debe soportar el peso del alternador, el motor, el acople mecánico, el banco de baterías y las placas electrónicas.

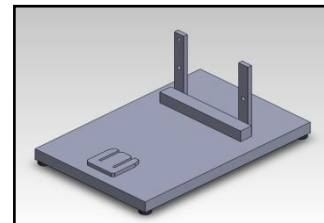


Figura. 7 Estructura de montaje

Finalmente en la Fig. 8 se muestra el montaje de los diferentes componentes. Se observa la palanca con la cual se comanda al motor de combustión interna que es sustituida por un mecanismo basado en un servomotor de alto torque marca Hitec HS-485HB, que se acopla perfectamente a las necesidades del sistema y será el encargado de variar la velocidad del motor de acuerdo a las necesidades de la aplicación (véase Fig. 9).



Figura. 8 Estructura de montaje incluido los equipos

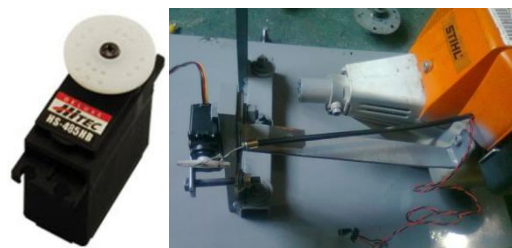


Figura. 9 Servomotor Hitec HS-485HB

Cargador del Banco de Baterías

A más de haber diseñado el grupo motor-generator para cargar al banco de baterías cuando éste se encuentre en condiciones de descarga, se hace necesario el diseño y construcción de un cargador que use la red eléctrica como fuente; para el efecto se utiliza el diseño característico de las fuentes de alimentación de voltaje, cuya estructura se muestra en la Fig. 10.

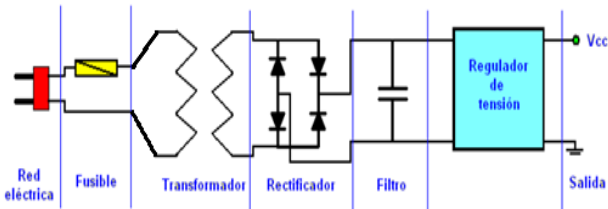


Figura. 10 Estructura de una fuente de alimentación

Este cargador está basado en un regulador de tensión integrado LM338T. Entre las aplicaciones que se mencionan en las hojas de datos de este dispositivo se encuentra un cargador de baterías, y es el diseño que se tomó como referencia. [5]

El cargador de baterías implementado, entrega un voltaje constante de 14.5V y una corriente aproximada del 10% de la capacidad del banco de baterías ( $0.1 \cdot 24Ah = 2.4A$ ), de tal manera de realizar una carga lenta. La ventaja de realizar una carga lenta es que se evita el sobrecalentamiento y por ende la gasificación de las baterías.

Circuito para controlar la Corriente de Excitación del Devanado de Campo del Alternador.

Para controlar la corriente de carga hacia el banco de baterías se debe controlar la corriente suministrada al devanado de campo del alternador. Para este fin se utiliza un convertor estático dc-dc reductor cuya carga es el devanado de campo y una resistencia R para limitar la corriente. (véase Fig. 11).

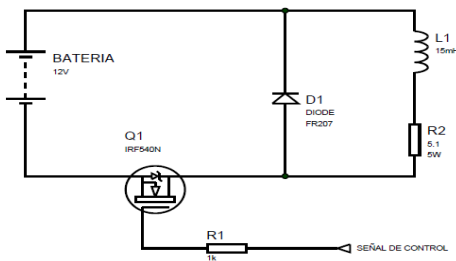


Figura. 11 Convertor dc-dc reductor carga RL

El circuito implementado que se muestra en la Fig. 11 ha sido diseñado de tal forma que la corriente que circula por el devanado de campo se encuentre dentro este rango:  $0 < I < 1A$ . El dispositivo que permite controlar esa corriente de excitación es el MOSFET IRF540N, mediante una señal PWM de un microcontrolador. [6]

#### 4. DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control es el encargado de hacer cumplir los algoritmos de carga, y se muestra en la Fig. 12. Este sistema de control, permite reestablecer de manera eficiente y segura la energía que ha sido consumida por la carga desde el banco de baterías, teniendo siempre como prioridad salvaguardar la vida útil de éstas.

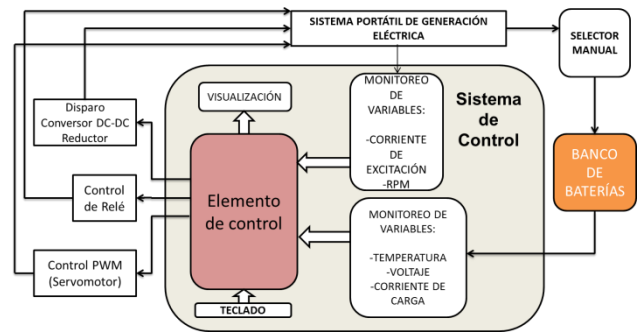


Figura. 12 Diagrama de la estructura del sistema de control

##### A. Variables Monitoreadas.

Las variables que requiere el sistema de control son:

- Voltaje
- Temperatura
- Corriente de carga
- Velocidad a la que gira el motor
- Corriente de excitación del alternador

El sistema de control toma las decisiones que permitan cumplir con el algoritmo de carga para cargar el banco de baterías, en base a las variables del sistema ya mencionadas anteriormente.

##### B. Elemento de Control

Para la ejecución de los algoritmos de carga, tanto el que constituye carga rápida a través del grupo motor-generator, así como la carga lenta a través de la red eléctrica, se requiere utilizar un dispositivo de control que se encargue de realizar las tareas u operaciones respectivas mediante el uso de software y hardware. Se utiliza el microcontrolador ATMEGA16, el cual se encargará de ejecutar los algoritmos de carga para el banco de baterías, además con el objetivo de visualizar los valores de las variables del sistema y conocer el estado en el que se encuentra el proceso utiliza un display de cristal líquido LCD, así como un teclado numérico para que el usuario del prototipo pueda manipularlo.

##### C. Diseño del Software del Sistema de Control

El software corresponde al programa desarrollado para la ejecución del algoritmo de carga. Este programa maneja al

microcontrolador para que se realicen las tareas necesarias para el correcto funcionamiento del hardware.

El microcontrolador Atmega16 se programa para que procese las cinco señales monitoreadas del sistema, las cuales son voltaje, temperatura, corriente de carga, velocidad del motor (RPM), corriente de excitación y mediante el análisis de estas señales se toman las acciones de control para realizar la carga eficiente del banco de baterías evitando que se acorte la vida útil de las mismas.

El programa implementado también se encarga de manejar los periféricos externos como son el visualizador y el teclado, ambos necesarios para que el usuario pueda observar los parámetros del sistema y el proceso de carga del banco de baterías.

La carga del banco de baterías se realiza en dos etapas las cuales son carga a corriente constante (etapa bulk) y la etapa de absorción. Dependiendo si el algoritmo de carga corresponde a una carga rápida o una carga lenta, los procesos son diferentes en cada una de ellas.

1) Algoritmo de carga rápida

Durante la primera etapa (etapa bulk o carga máxima) el grupo motor-generador entrega una elevada corriente de carga en corto tiempo con el fin de reestablecer la energía que ha sido descargada. Esta corriente de acuerdo a las especificaciones técnicas de las baterías no debe sobrepasar el valor del 30% de la capacidad del banco de baterías [2]. En esta etapa las baterías recuperan la mayoría de su capacidad (80%), y la temperatura de las baterías no debe sobrepasar del valor especificado por el fabricante (-10°C a 50°C).

En la etapa bulk el voltaje de las baterías se va incrementando, hasta alcanzar un voltaje de referencia (14.9V) para pasar a la siguiente etapa (absorción) que corresponde a una sobrecarga controlada. Lo que hace el algoritmo de control una vez detectado el voltaje de referencia, es disminuir la corriente de carga, para así mantener un voltaje adecuado en el banco de baterías, esto se logra disminuyendo la velocidad de giro del motor y la corriente de excitación del devanado de campo del alternador. El proceso de absorción finaliza cuando la corriente de carga disminuye a un valor de 3-10mA/Ah cuando se carga a 2,4 vpc (voltios por celda) recomendado por el fabricante. El sistema carga a 2,49 vpc por lo que extrapolando para el banco implementado corresponde aproximadamente a un máximo de 480mA que es un 2% de la capacidad de las baterías, con lo cual la batería ya se encuentra cargada de acuerdo a las especificaciones del fabricante [2][10].

2) Algoritmo de carga lenta

El cargador de baterías que utiliza la red eléctrica como fuente, ha sido diseñado para una carga lenta, con lo cual la

corriente inicial esta limitada a un 10% de la capacidad del banco de baterías (2.4A), y entrega un voltaje constante de carga de 14.5V.

Durante la etapa bulk, el voltaje del banco de baterías se va incrementando lentamente hasta alcanzar el voltaje aplicado por el cargador de baterías, cuando ello sucede se pasa a la etapa de absorción, con lo cual la corriente de carga irá disminuyendo paulatinamente, y lo que hace el sistema de control es mostrar estas variables hasta que la corriente disminuya hasta un valor aproximado de de la capacidad del banco. Una vez que la corriente carga disminuyó al 2% de la capacidad del banco de baterías el sistema desconecta el cargador de baterías a través de un relé de conexión/desconexión del banco.

3) Diagrama de flujo del programa principal

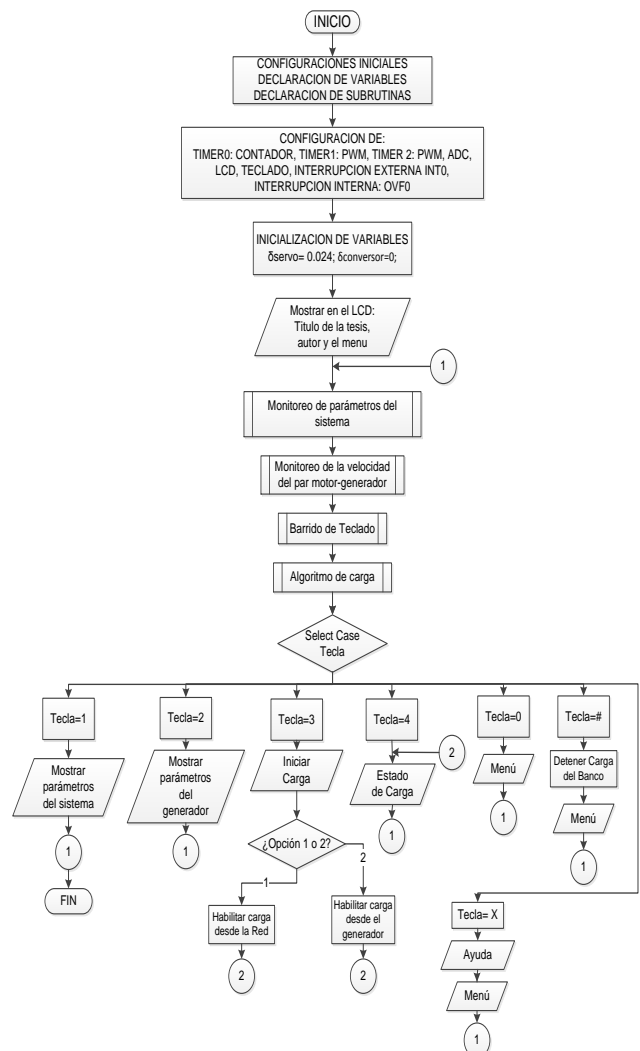


Figura. 13 Diagrama de flujo del programa principal

El diagrama de flujo del programa principal se muestra en la Fig. 13, donde se ha resumido el programa implementado en el microcontrolador, el cual permite el correcto funcionamiento del sistema. En este diagrama se han



utilizado subrutinas las cuales son parte del programa y que realizan una función específica de acuerdo al algoritmo de carga de las baterías.

### 5. PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas y resultados del proyecto se basan en la carga y descarga del banco de baterías, monitoreando las variables que intervienen durante el proceso de carga, las cuales son voltaje, temperatura y corriente principalmente.

#### A. Visualización de las variables del sistema



Figura. 14 Visualización de las variables del sistema

#### B. Formas de onda

La Fig. 15 muestra las forma de onda de las señales de control, la primera forma de onda (parte superior) corresponde a la señal PWM generada por el microcontrolador que se entrega al servomotor de alto torque marca Hitec HS-485HB, acoplado al dispositivo mecánico que varía la velocidad del motor de combustión interna, esta señal tiene una frecuencia de 50Hz de acuerdo a las especificaciones del fabricante, y el rango del ancho de pulso de acuerdo a las pruebas realizadas está comprendido entre 480us y 1.72m para lograr los desplazamientos angulares requeridos.

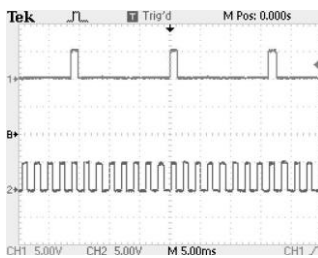


Figura. 15 Formas de onda de las señales de control

En la misma Fig. 15 la onda inferior corresponde a la señal PWM que se utiliza para controlar la corriente de excitación del devanado de campo del alternador, la frecuencia de esta señal es de 1KHz. Esta frecuencia produce una salida de voltaje sin rizado apreciable, adecuada para la siguiente etapa del cargador.

En la Fig. 16 se muestran los pulsos obtenidos del encoder, señal digital utilizada para medir las revoluciones por minuto a las que gira el motor.

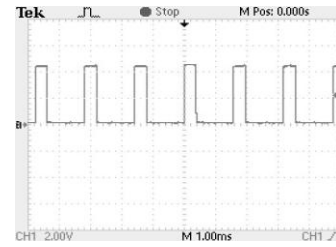


Figura. 16 Pulsos enviados por en encoder

En la Fig. 17 se muestra la forma de onda de la corriente de carga hacia el banco de baterías, utilizando el grupo motor-generator como fuente; mientras que la Fig. 18 muestra la forma de onda de la corriente de carga cuando se usa el cargador desde la red eléctrica.

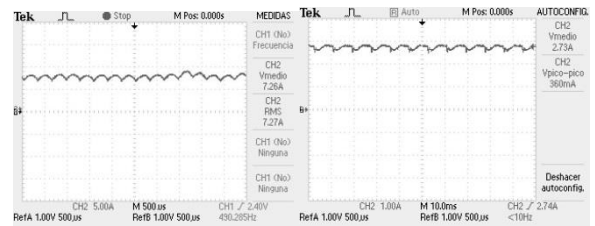


Figura. 17

Figura. 18

#### C. Resultados obtenidos durante el proceso de carga del banco de baterías a través de la red eléctrica.

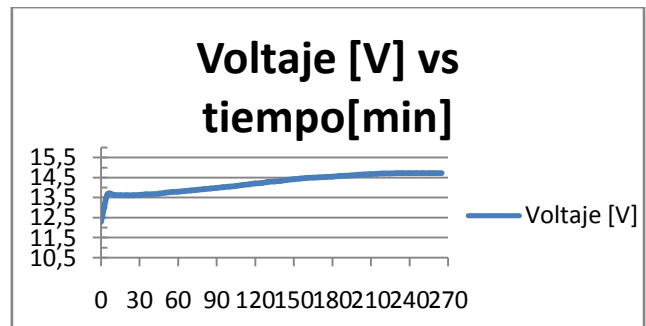


Figura. 19 Voltaje del banco de baterías en función del tiempo

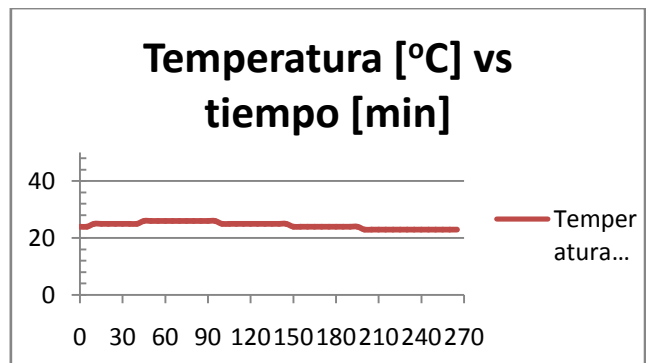


Figura. 20 Comportamiento de la temperatura durante el proceso de carga

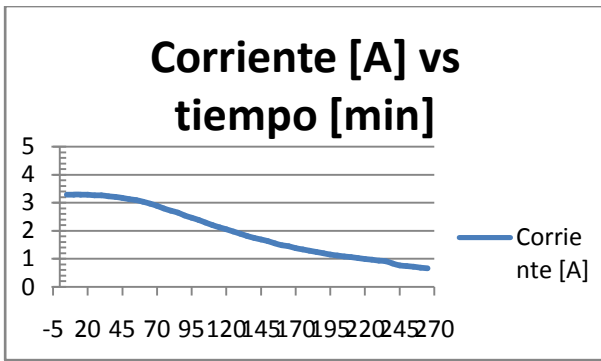


Figura. 21 Corriente de carga en función del tiempo

El proceso de carga duró 4 horas y 30 minutos, para un banco de baterías que se encontraba descargado aproximadamente un 40%. Durante el proceso de carga se puede observar que la temperatura se encuentra estable, y el voltaje se incrementa paulatinamente hasta alcanzar el voltaje de referencia, mientras que la corriente se mantiene constante hasta la primera hora de carga, para luego ir disminuyendo hasta llegar a un valor del 2% de la capacidad del banco de baterías, valor en el cual las baterías se encuentran completamente cargadas.

D. Resultados obtenidos durante el proceso de descarga del banco de baterías.

La prueba de descarga se realizó utilizando dos computadores portátiles que consumen 90W y 65W, respectivamente.

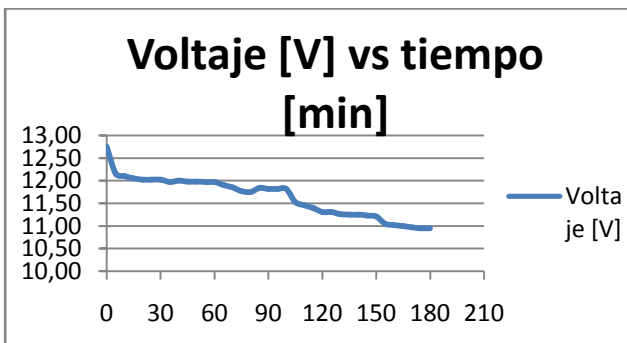


Figura. 22 Voltaje del banco de baterías en función de tiempo

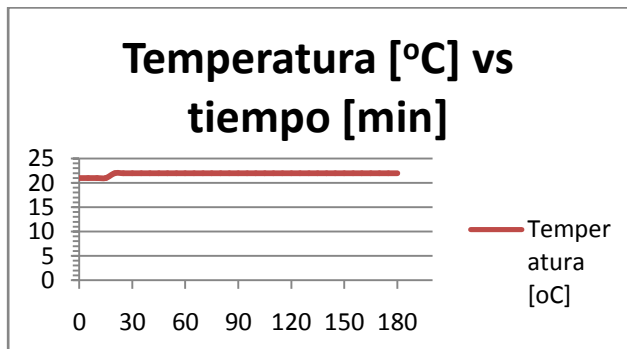


Figura. 23 Comportamiento de la temperatura durante el proceso de descarga

El tiempo de autonomía para las cargas conectadas fue de 3 horas, descargando las baterías hasta un voltaje de 10.9V, y claramente se observa en la Fig. 23 que la temperatura se mantiene estable.

E. Resultados obtenidos durante el proceso de carga del banco de baterías a través del grupo motor-generador.

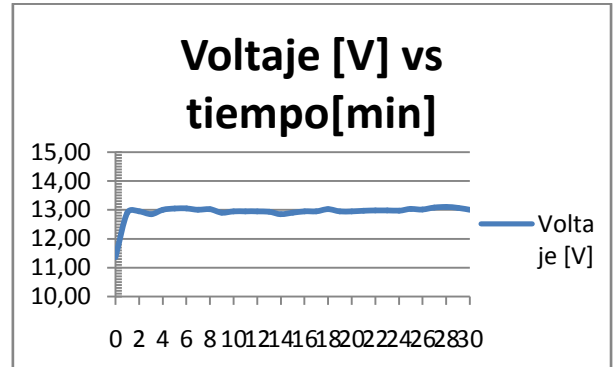


Figura. 24 Voltaje del banco de baterías en función del tiempo

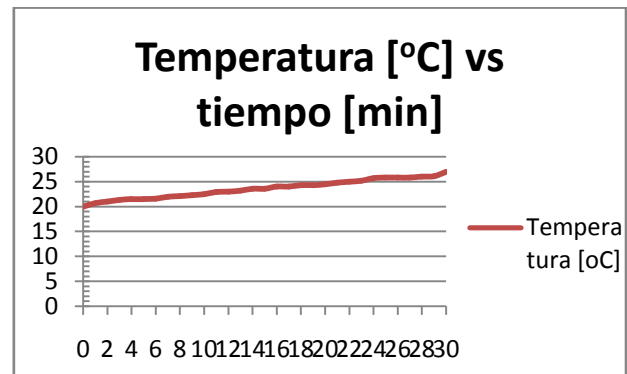


Figura. 25 Comportamiento de la temperatura durante el proceso de carga

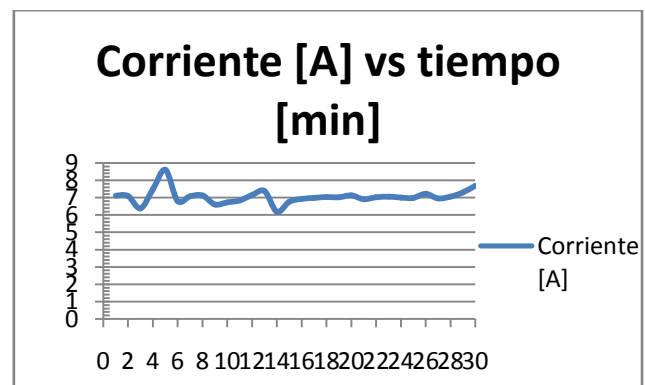


Figura. 26 Corriente de carga en función del tiempo

El proceso de carga duró 30 minutos, consumiéndose el 90% del combustible del motor. Al realizar la carga rápida con el grupo motor-generador durante ese periodo de tiempo se logró recuperar aproximadamente un 30% de la capacidad del banco de baterías. Durante el proceso de carga rápida se observaron ciertos picos de corriente (véase Fig. 26), esto se

producía cuando el movimiento del eje del alternador se afectaba por la vibración que ocasiona el motor de combustión interna, motivo por el cual el algoritmo de control considera un rango de histéresis para no desconectar el grupo motor-generator durante el proceso de carga.

En la Tabla. 3 se muestran los valores correspondientes a los ciclos de trabajo de las señales PWM generadas por el microcontrolador y también las rpm a las que giró el motor durante el proceso de carga.

Tabla. 3 Datos tomados durante el proceso de carga

Ciclo de trabajo (delta conversor)	Ciclo de trabajo (delta servo)	RPM
0,35	0,064	5020

F. Fotografías del proyecto



Figura. 27 Prototipo de la máquina portátil de generación eléctrica

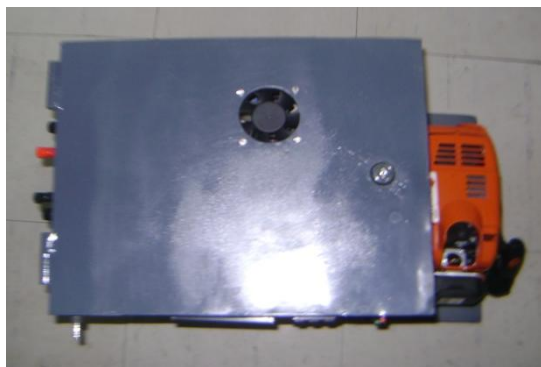


Figura. 28 Cara superior del prototipo



Figura. 29 Cara lateral izquierda del prototipo



Figura. 30 Cara lateral derecha del prototipo



Figura. 31 Interior del prototipo parte inferior



Figura. 32 Interior del prototipo parte superior





Figura. 33 Láser de nitrógeno. [9]

### CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó el diseño y construcción de un sistema portátil de generación eléctrica para cargar un banco de baterías desde dos fuentes de energía diferentes.

El banco de baterías es capaz de alimentar a una carga que consume una potencia de 150W. Esto lo demuestran las distintas pruebas realizadas, donde se hacen las experimentaciones de carga y descarga al banco de baterías.

El grupo motor-generador diseñado es capaz de entregar la suficiente cantidad de corriente para cargar las baterías en el modo de carga rápida.

El diseño del cargador de baterías que utiliza la red eléctrica como fuente que permite cargar las baterías en el modo de carga lenta.

El acople mecánico que constituye el dispositivo para unir al eje del motor con el eje del alternador, ha sido diseñado de tal manera que pueda ser implementado en un espacio físico limitado y que presente facilidad en la construcción y adaptación tanto para el motor como para el alternador, motivo por el cual se realizó un acoplamiento directo, y que funciona correctamente dentro del sistema.

La potencia requerida para cargar el banco de baterías es pequeña en comparación con la potencia que pueden entregar el alternador y el motor de combustión interna, motivo por el cual la velocidad con la que trabaja el grupo motor-generador no se ve afectada de manera significativa durante el proceso de carga. Es por esta razón que se decidió hacer trabajar al grupo motor-generador a una velocidad constante, sin embargo, si existe alguna falla o malfuncionamiento ocasionada por sobrevoltaje, sobrecorriente o sobretemperatura durante el proceso de carga del banco de baterías el lazo de control ajusta la velocidad del motor para evitar daños al sistema.

El grupo motor-generador que es parte del sistema portátil de generación eléctrica, ha sido sobredimensionado debido a que en el mercado local se encontraron únicamente componentes

de mayor potencia, no obstante, cumplen con los requisitos necesarios para obtener la energía suficiente para cargar al banco de baterías.

El algoritmo de carga implementado, restaura la energía del banco de baterías en dos etapas las cuales son carga máxima o etapa bulk, y sobrecarga o absorción, teniendo siempre en cuenta salvaguardar la vida útil de las baterías.

La eficiencia del algoritmo de carga implementado depende principalmente de la lectura de las variables sensadas en el sistema las cuales son voltaje, corriente y temperatura. De acuerdo a estas variables el sistema toma las respectivas acciones de control que permitan cargar de manera eficiente el banco de baterías, ya sea desde el grupo motor-generador o desde la red eléctrica.

El grupo motor-generador se lo utiliza exclusivamente para cargar el banco de baterías, sin embargo debido al sobredimensionamiento de sus partes podría alimentar directamente una carga, es decir funcionar como un generador comercial. Como una mejora a futuro para lograr que esto sea posible se requiere modificar el sistema de control de velocidad en lazo cerrado, de tal manera que cuando se conecte una carga al generador, el sistema de control compense la caída de voltaje y la reducción parcial de la velocidad de giro del motor, como consecuencia de conectar dicha carga. En el diseño actual se usa el motor a velocidad constante y el sistema de control de velocidad toma acciones solamente cuando hay fallas o mal funcionamiento.

### REFERENCIAS

- [1] TODOPRODUCTIVIDAD Website (2011), [Online]. Disponible: <http://todoproductividad.blogspot.com/2011/02/como-calculer-la-capacidad-de-las.html>.
- [2] "FIRST POWER BATTERIES 12120 data sheet," [Online]. Disponible: <http://www.tema-energy.ro/img/manuals/FP12120.pdf>
- [3] DR. ING. K. G. BURGER, ALTERNADORES BOSH, electricidad y electrónica del automóvil, edición 2000.
- [4] ECURED homepage, 2010, Acoplamiento, [Online]. Disponible: [http://www.ecured.cu/index.php/Acoplamiento\\_%28Mec%20C3%A1nica%29](http://www.ecured.cu/index.php/Acoplamiento_%28Mec%20C3%A1nica%29).
- [5] "5-Amp Adjustable Regulators LM338T data sheet," [Online]. Disponible: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm138.pdf>
- [6] "International IOR Rectifier, IRF540N, Power MOSFET data sheet," [Online]. Disponible: <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irf540n.pdf>
- [7] "Allegro, Hall Effect-Based Linear Current Sensor ACS715 data sheet," [Online]. Disponible: <http://www.pololu.com/catalog/product/1186> <http://www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS715-Datasheet.ashx>
- [8] ROBÓTICA, encoder, website (2011), [Online]. Disponible: <http://sites.google.com/site/proyectosroboticos/encoder>

- [9] “SRS Stanford Research Systems, NL100 Nitrogen Laser data sheet,” [Online].  
Disponibile:  
<http://www.thinksrs.com/downloads/PDFs/Manuals/NL100m.pdf>
- [10] “FirstPower Rechargeable Batteries Products Manual” [Online].  
Disponibile:  
[http://www.efirstpower.com/download/FirstPower\\_2012.pdf](http://www.efirstpower.com/download/FirstPower_2012.pdf)