

## Avances en un prototipo de Fuente Solar de Baja Potencia para alimentación de equipos remotos

Francisco L. Pólich<sup>ab</sup>, Sergio E. Moya<sup>ab</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>b</sup> GID-IE, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: franciscopolich@gmail.com, sergio.e.moya@gmail.com

---

### Resumen

Este trabajo se encuadra dentro del plan de trabajo denominado “Manejo Energético Solar – Litio eficiente para alimentación de equipos remotos y autónomos”, donde este dispositivo se considera la fase final del mencionado plan. Se muestran las consideraciones de diseño, ensayos realizados sobre baterías de litio, el prototipo propuesto para la fuente solar y el ensayo a realizar sobre la fuente para probar su funcionamiento.

*Palabras Clave – Alimentación, Fuente, Litio, Panel, Remoto, Solar, Arduino.*

---

### 1. Introducción

La tecnología, como complemento de las investigaciones en el área de las ciencias naturales, es de notoria y cada vez mayor importancia [1]. Principalmente, el uso de equipos de monitoreo offline de variables es muy frecuente, algunos ejemplos pueden ser cámaras trampa [2], sistemas de grabación de audio [3], etc. El principal inconveniente que surge en el uso de estas herramientas tecnológicas es la baja vida útil de las mismas en campo principalmente desde el punto de vista energético, teniendo en cuenta que son equipos que deben funcionar a baterías y no cuentan con alimentación eléctrica permanente proveniente de la red. Debido a esto, surge la necesidad de la construcción de una fuente basada en energía solar y almacenamiento en baterías de litio para alimentación de equipos remotos de baja potencia, cuyo propósito es funcionar en ambiente selvático y por tiempos indefinidos. Se apunta a construir una fuente que sea útil para cualquier clase de equipo que necesite alimentación en forma remota y autónoma, y que sea diseñada considerando variaciones de iluminación solar frecuentes en el campo que puedan afectar el funcionamiento de la fuente; por ejemplo: días nublados, lluvia, rocío, entre otros. Para las pruebas de funcionamiento de la fuente diseñada, se utiliza una carga que consume una corriente determinada y controlada, más una placa Arduino para realizar mediciones y almacenamiento en memoria SD de los datos de tensiones en panel solar, las baterías, la carga y un sensor de luz. El Arduino recolecta información en una tarjeta de memoria durante ensayos que duran varios días, ya que se debe estudiar el funcionamiento bajo distintas condiciones de radiación solar y durante la noche, y así determinar si las baterías pueden alimentar la carga durante la noche y recargarse durante el día en forma eficiente. Luego de revisar los datos, se extenderá en ensayo a una duración de varias semanas.

## 2. Sistema de medición

Dentro de la fuente solar existen diversas etapas para su funcionamiento, la primera está conformada por la *gestión de carga*, la segunda por el conjunto *regulador y protección*, y la tercera por el arduino con el sensor de luz y el indicador de estado (Fig. 1)

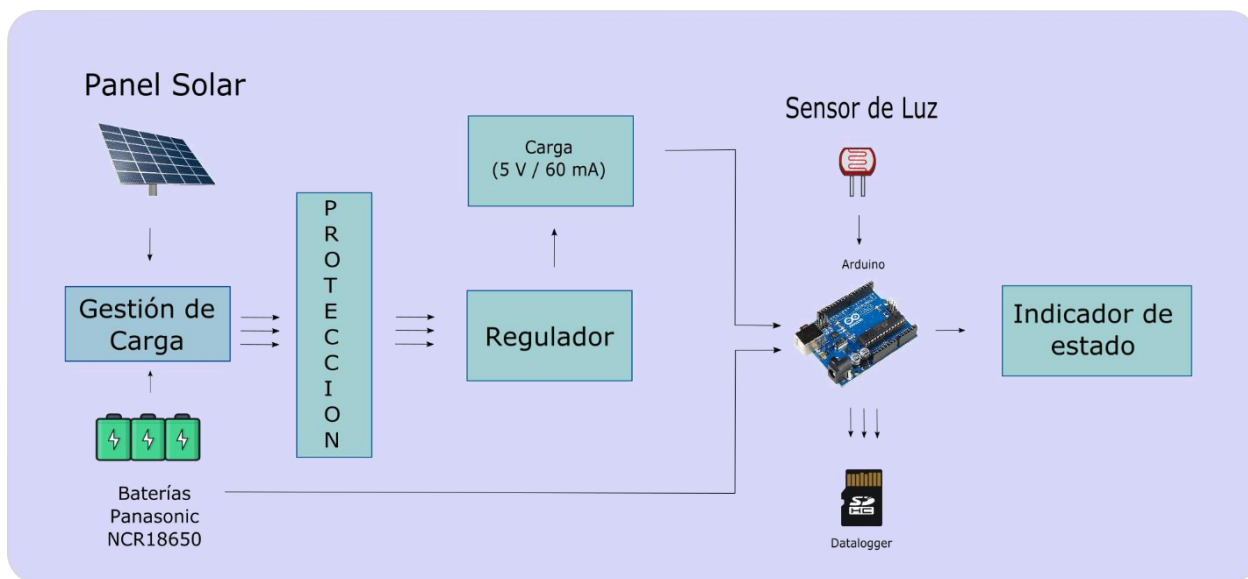


Fig. 1. Diagrama de conexión de la fuente y el sistema de medición.

La gestión de carga, se realiza con un regulador de tensión que se encarga de mantener una tensión constante para el regulador, de aproximadamente 4 V. Ya que el panel solar posee una dispersión de tensión generada muy grande, que puede variar entre 8 V y 2 V, dependiendo de las condiciones del día. Esta etapa sirve para alimentar el regulador, que en electrónica se denomina *fuentes step up* que se encarga de elevar la tensión hasta 5 V para alimentar la carga. La carga ha de consumir energía proveniente del panel solar durante el día, y durante la noche del conjunto de baterías. Además, la intención es que el panel mantenga energizada la carga durante el día, mientras que simultáneamente carga las baterías.

El conjunto regulador y protección, se encarga de mantener un nivel estable de 5 V, mientras reciba la cantidad de corriente necesaria para esta tarea. Por otro lado, sirve de protección para las baterías, las cuales no pueden ser descargadas completamente, y se encarga de desconectarlas cuando éstas llegan a un nivel de aproximadamente 1,2 V.

El arduino utilizado es un UNO, y está programado para adquirir y almacenar los valores de tensiones del panel solar, de la fuente *step up*, de las baterías y de la carga. Luego, estos datos los guarda en una tarjeta de memoria SD que se encuentra conectada a su correspondiente placa dedicada para enviar los datos desde el arduino hasta la tarjeta de memoria. Los datos son adquiridos por el arduino cada 15 minutos, y son almacenados junto con los datos de tensión.

Para realizar la medición de tensión del panel solar y de la fuente *step up*, se debió adaptar la señal para no dañar el puerto del arduino, ya que el mismo posee un ADC (conversor analógico – digital) que tiene un nivel máximo de tensión de entrada de 5 V. La adaptación consta de un divisor resistivo por cada puerto, que se encarga de disminuir el nivel de tensión a la mitad del valor real. El divisor resistivo (Fig. 2) consta de dos resistencias iguales de 100 kΩ, para asegurar que consume un mínimo de corriente (del orden de los μA) para no alterar el funcionamiento de la fuente solar, pero asegura el nivel de tensión que se desea medir.

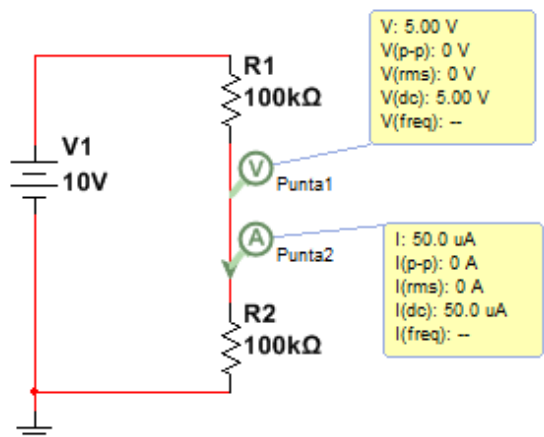


Fig. 2. Divisor resistivo utilizado, para el caso de una entrada de 10 V.

El sensor de luz está basado principalmente en un LDR (*light-dependent resistor*, resistor dependiente de la luz). Cuando la luz incide en la superficie el dispositivo provoca una diferencia de resistencia, y de esta forma se puede medir la intensidad de la luz solar que llega al panel. Finalmente, cada vez que el arduino realiza una medición, genera un aviso mediante con un LED indicador.

La carga (Fig. 3) está compuesta por una resistencia con 3 LEDs en paralelo, y su única finalidad es consumir energía proveniente de la fuente para verificar la carga y descarga de las baterías.

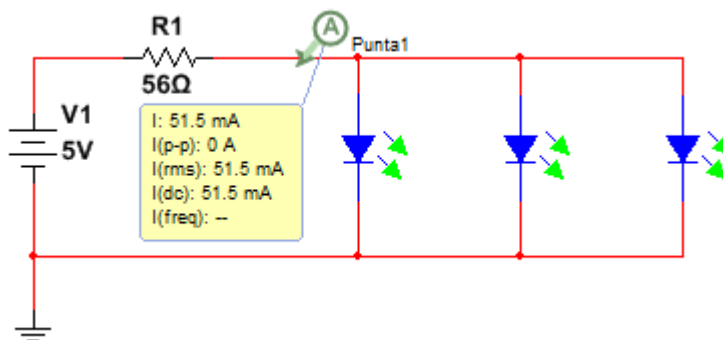
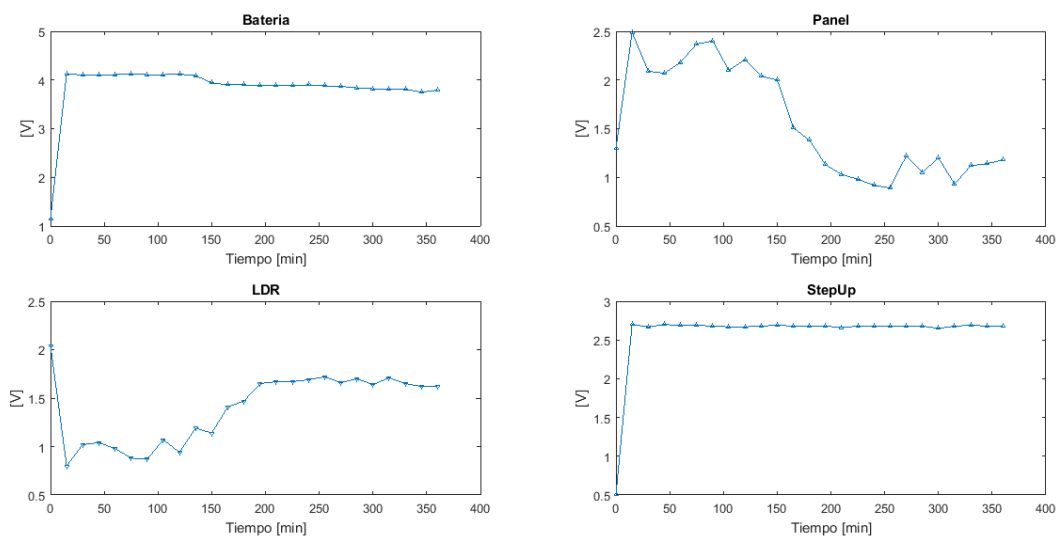


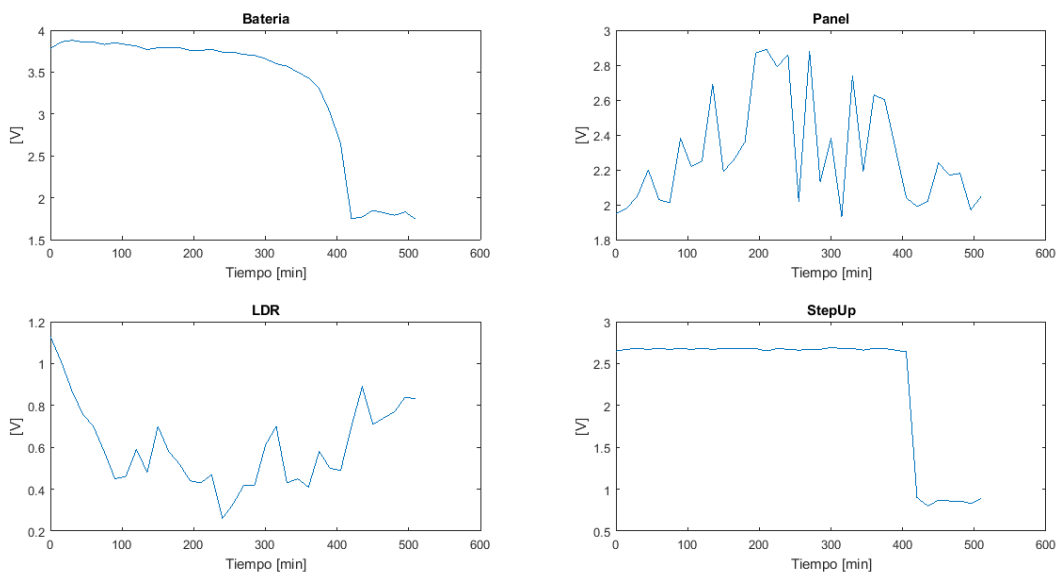
Fig. 3. Simulación para comprobar la corriente de la carga.

### 3. Resultados experimentales

En la Fig. 4 se observan las variables medidas de la fuente, las cuales son: Tensión de baterías, tensión de la fuente *step up*, tensión del sensor de luz y tensión del panel. En base a estas mediciones, se verifica que la fuente funciona correctamente hasta terminar el ensayo. Las baterías, conforme avanza el tiempo, se descargan según un comportamiento estándar y esperado debido a que la energía proveniente del panel no es suficiente para cargarlas. Aunque, durante todo el intervalo del ensayo, la fuente elevadora de tensión (*step up*) logra mantener un valor constante e igual a 2.6 voltios (valor disminuido con ayuda del divisor resistivo). El sensor de luz, refleja fielmente a la variación de tensión que provoca el panel solar.

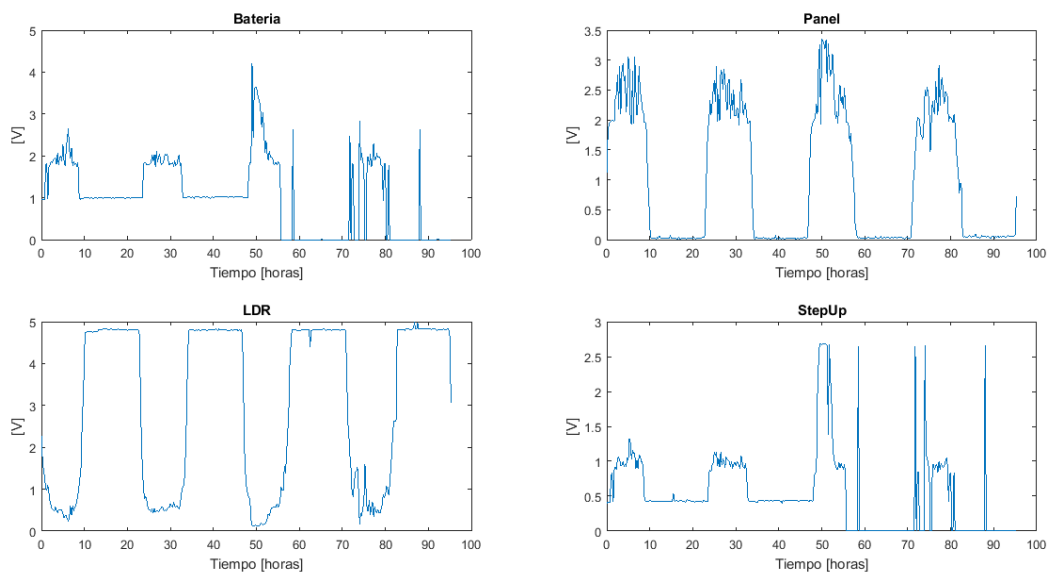


**Fig. 4. Datos obtenidos durante 6 horas y media aproximadamente.**



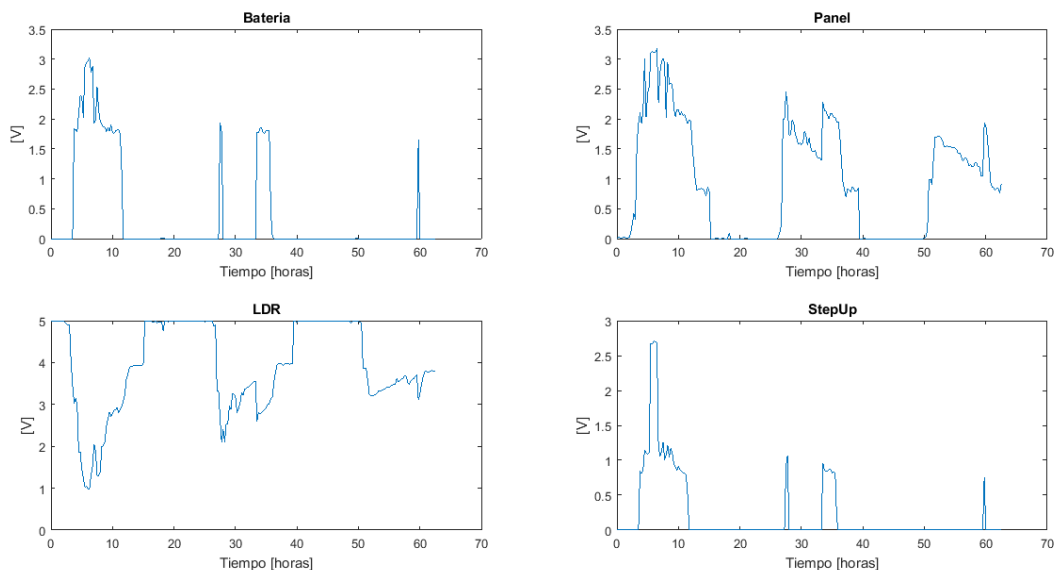
**Fig. 5. Segundo ensayo, verificando el comportamiento al descargarse el conjunto de baterías. Durante 8 horas y media aproximadamente.**

En la *Fig. 5* se visualiza el correcto funcionamiento de la fuente al descargarse las baterías, ya que las mismas deben desconectarse automáticamente y detener el suministro de energía al llegar al umbral donde se evita el daño de las mismas.



**Fig. 6. 3er ensayo de poco más de 90 horas (aproximadamente 3 días y medio).**

En la *Fig. 6* se muestra un ensayo realizado durante tres días y medio. En este caso se aprecia un error en la medición de la tensión en las baterías y en la fuente elevadora de tensión. A pesar de que no es posible químicamente que las baterías lleguen a 0 V, es probable que al dejar de funcionar las mismas, deje de funcionar la etapa de elevación de tensión.



**Fig. 7. 5to ensayo, aproximadamente 65 horas (casi 3 días).**

En la Fig. 7 se visualiza el mismo inconveniente mencionado anteriormente, confirmando un conflicto en la medición de estas partes. No obstante, se programó en software que, cuando se apaga la fuente que lo energiza (cargador conectado a la red) el mismo es capaz de reiniciar el proceso de tomas de datos, verificando que la tarjeta de memoria se encuentre conectada. Esto se comprobó desconectando la energía intencionalmente.

#### 4. Conclusiones

Se ha diseñado y construido una fuente de tensión de baja potencia capaz de alimentar una carga en base a energía solar y almacenamiento en baterías de litio. En ensayos realizados durante varias horas, se verificó el correcto funcionamiento del circuito y prototipo construido. Sin embargo, cuando se realizaron ensayos durante tiempos mayores a 3 días, los resultados obtenidos en los ensayos no fueron los esperados. Se procederá a seguir estudiando el prototipo para detectar o mejorar las fallas que posee el mismo al tomar las mediciones. Hasta el momento, no se identificó el motivo del cual el prototipo toma datos de manera coherente hasta un determinado momento, y luego los datos dejan de ser coherentes.

#### 5. Agradecimientos

Este trabajo es posible gracias al soporte brindado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, y a la cátedra Proyecto y Diseño Electrónico de la carrera de Ingeniería Electrónica. La compra de equipamiento para este trabajo, como así también para su desarrollo provienen del Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs) titulado “Red de Sensores Autónomos para Monitoreo Medioambiental y de Actividad Ilegal en Parques Nacionales,

Provinciales y Reservas Naturales” bajo el código 16/I166 – PDTS. También se agradece al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

## Referencias

- [1] L. N. Joppa, “Technology for nature conservation: An industry perspective,” *Ambio*, vol. 44, no. 4, pp. 522–526, Nov. 2015.
- [2] R. Núñez-Pérez, “Estimating jaguar population density using camera-traps: a comparison with radio-telemetry estimates,” *J. Zool.*, vol. 285, no. 1, pp. 39–45, 2011.
- [3] Wildlife Acoustics, “Song Meter SM4,” *The smallest and lightest dual-channel weatherproof acoustic recorder available*, 2017. [Online]. Available: <https://www.wildlifeacoustics.com/products/song-meter-sm4>.
- [4] Datasheet TP4056. Top Power ASIC.
- [5] Datasheet MT3608. AEROSEMI.
- [6] Datasheet Adafruit Assembled Data Logging shield for Arduino.