



8<sup>va</sup> JIDeTEV  
Investigación y Desarrollo Tecnológico,  
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



## Equipo de Grabación de Audio Autónomo para Estudios Biológicos en Ambientes Selváticos

Bajura Carlos<sup>a</sup>, Bazante Gustavo<sup>a</sup>, Sergio Moya<sup>a,b,c</sup>, Ricardo Korpys<sup>a,b</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.

<sup>c</sup>CONICET

e-mails: carlosbajura@gmail.com, gustavo.sgb@gmail.com, mails@fio.unam.edu.ar

---

### Resumen

Una de las recientes áreas de investigación del Departamento de Electrónica de la Facultad de Ingeniería se centra en el desarrollo de tecnología aplicada a la conservación medioambiental de la Selva Paranaense, uno de los medioambientes más ricos en biodiversidad del mundo y, a la vez, uno de los más amenazados. En la provincia de Misiones, la cual está cubierta en su mayoría por remanentes de Selva Paranaense, habita gran cantidad de especies amenazadas cuyos comportamientos esquivos hacen que sean difíciles de detectar e imposibles de contabilizar en campo. Para esto, una herramienta importante es la grabación de sus vocalizaciones utilizando equipos de grabación de audio colocados en la selva. El problema actual de estos equipos es que son muy costosos, deben adquirirse en el exterior y la capacidad de grabación, limitada por las baterías, es de aproximadamente 15 días. En el presente trabajo se presentan los avances en el desarrollo de un equipo de grabación realizado por alumnos de la carrera de Ingeniería Electrónica. Dicho equipo, basado en micrófonos digitales, tendrá capacidad de grabación limitada únicamente por el tamaño del medio de almacenamiento utilizado, y funcionará con un sistema de alimentación basado en baterías de litio y energía solar.

*Palabras Clave* – Caza Furtiva, Medioambiente, Procesamiento de Señales.

### 1. Introducción

El mayor número de especies animales de Argentina se encuentra concentrado en la provincia de Misiones, 14 de las cuales fueron declaradas Monumento Natural de Fauna por el Ministerio de Ecología y Recursos Renovables de la provincia de Misiones [1]. Esto ocurre debido a que la provincia se encuentra cubierta mayormente por Selva Paranaense [2], una de las ecorregiones de mayor diversidad biológica del mundo. Muchas de las especies animales de la provincia de Misiones se encuentran en riesgo crítico de extinción [3] y por lo tanto son foco constante de investigaciones que tienen como objetivo principal determinar el número de ejemplares de la especie en libertad, como así también los factores que los ponen en riesgo. En Misiones, podemos citar al Yaguareté (*Phantera onca*), Zorro Pitoco (*Speothos venaticus*), Águila Arpía (*Harpia harpyja*), Bailarín Castañ (*Piprites pileata*), Pato Serrucho (*Mergus octosetaceus*), etc., como principales especies en riesgo y de las cuales se conocen pocos datos concretos sobre sus poblaciones reales en la provincia. Actualmente, la herramienta más utilizada para la búsqueda y

estudio de estas especies selváticas es la cámara trampa, que consiste en cámaras fotográficas especiales con sensores de movimiento que se colocan en la selva y retratan (o filman) todo lo que se mueva en su rango de captación. El principal problema de esta técnica es que está limitada a observar un espacio extremadamente limitado, cuando es sabido que especies como el Zorro Pitoco y el Yaguareté pueden moverse por áreas muy amplias. Incluso, hay especies de anfibios y aves que por su conducta no pueden ser captadas por estos dispositivos, aun sabiendo que dichas especies se

encuentran en el área. Debido a esto, existe otra manera que, en ciertos sentidos es más efectiva a la hora de detectar especies indetectables por sistemas de cámara trampa. Teniendo en cuenta que gran parte de la fauna, especialmente aves y anfibios (y también mamíferos en menor medida) emiten vocalizaciones potentes y conocidas, la detección de estas especies puede hacerse mediante el reconocimiento de dichas vocalizaciones en campo, o bien, analizando a posterior grabaciones realizadas por equipos de grabación de audio colocados en la selva. Actualmente existen en el mercado grabadores de audio diseñados específicamente para trabajar en ambientes naturales, como por ejemplo los modelos SM4 de la marca Wildlife Acoustics [4]. Estos equipos, además de un costo muy elevado y a la necesidad de importación de los mismos, presentan el inconveniente de que funcionan únicamente con baterías convencionales que le dan una autonomía de funcionamiento limitado, imposibilitando la grabación por periodos prolongados de tiempo, incluso si se utilizan medios de almacenamiento de datos grandes.

Todo esto impulsó el desarrollo por parte de alumnos del último año de la carrera Ingeniería Electrónica de una alternativa a estos equipos. Los objetivos principales del proyecto se resumen en:

- El equipo debe funcionar con un sistema de alimentación solar que permita la grabación las 24 horas y que el tiempo de grabación quede únicamente limitado por el espacio disponible en el medio de almacenamiento (tarjeta tipo SD o pendrive).
- Grabación de audio estéreo de alta calidad en formato .wave y formatos comprimidos.
- Grabación de audio en bloques seleccionables de 5, 10 y 15 minutos.

## **2. Sistema de grabación**

El sistema a diseñar se encuentra esquematizado en la Fig. 1. Teniendo como objetivo el diseño de un prototipo completamente funcional y capaz de grabar por tiempos prolongados, en la Fig. 1 se observa que el sistema se encuentra alimentado por un panel solar de aproximadamente 1 Watt que se encarga de mantener la carga de un banco de baterías de Litio, cada una de ellas de 5Ah. A su vez, existe una placa que gestiona la carga de esas baterías y la distribución de corriente entre panel/batería/carga.

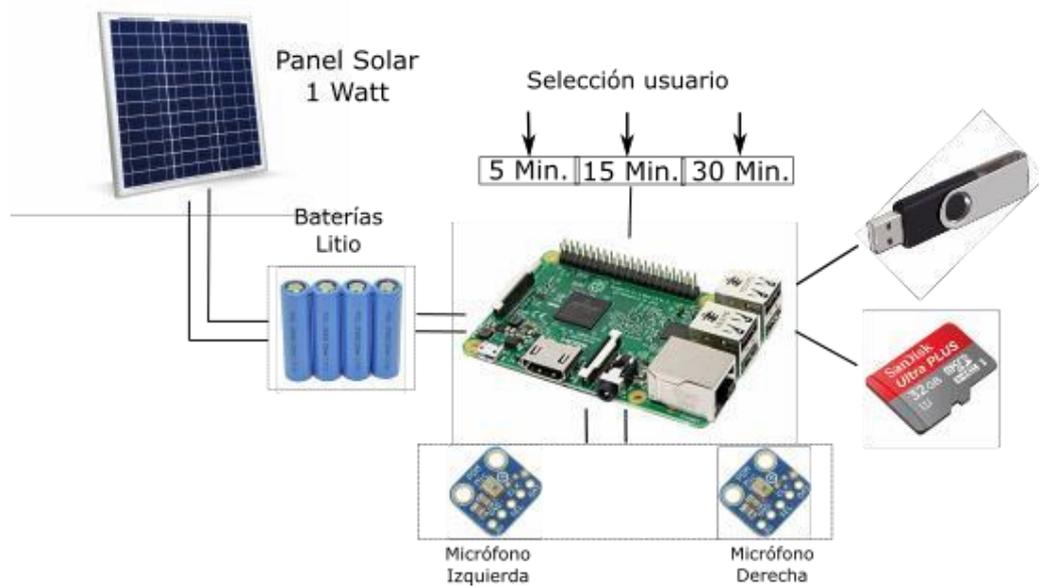


Fig. 1. Esquema del sistema de grabación propuesto.

El procesamiento, control y gestión de la grabación de las señales es realizado por una placa Raspberry Pi 3 Modelo B. Para obtener una buena definición ambiental en las grabaciones, se utilizan dos micrófonos digitales del tipo “mems” para captar el sonido. Estos micrófonos envían la información de manera digital hacia la Raspberry, la cual se encarga de almacenar los datos en una tarjeta SD o bien en un pendrive. El sistema graba permanentemente, y el usuario podrá seleccionar si desea realizar grabaciones de 5, 10 o 15 minutos de duración en función a la finalidad que tendrán los datos grabados.

### 3. Estudio de micrófonos y alternativas

El dispositivo encargado de captar las señales sonoras es un micrófono que envía los datos al procesador de manera completamente digital. En este caso particular se hizo selección de un módulo de la marca Adafruit, el cual contiene integrado un micrófono digital MEMS modelo SPH0645LM4H-B de la marca Knowles. Este módulo posee características eléctricas y acústicas como ser: alimentación de 3,3V y 600 $\mu$ A, salida de datos digital, es omnidireccional, posee un ancho de banda entre 45Hz y 20kHz, frecuencia de reloj máxima de 4MHz, temperatura de operación de -40°C a 100°C y se comunica mediante el protocolo I<sup>2</sup>S.



Fig. 2. Vista superior e inferior del micrófono utilizado.

Este dispositivo fue seleccionado por principalmente debido a que la salida de datos es directamente digital, lo cual fue decisivo debido a que la Raspberry no posee entradas analógicas y por la facilidad de comunicación entre ambos dispositivos. De lo contrario, si se optaba por la utilización de un micrófono analógico, se debería diseñar una interfaz que digitalice las señales de dicho micrófono y luego las envíe al microprocesador. Esto podría representar una desventaja, tanto económica como energética, debido a que esto aumenta el tamaño final del dispositivo y la energía consumida por el mismo.

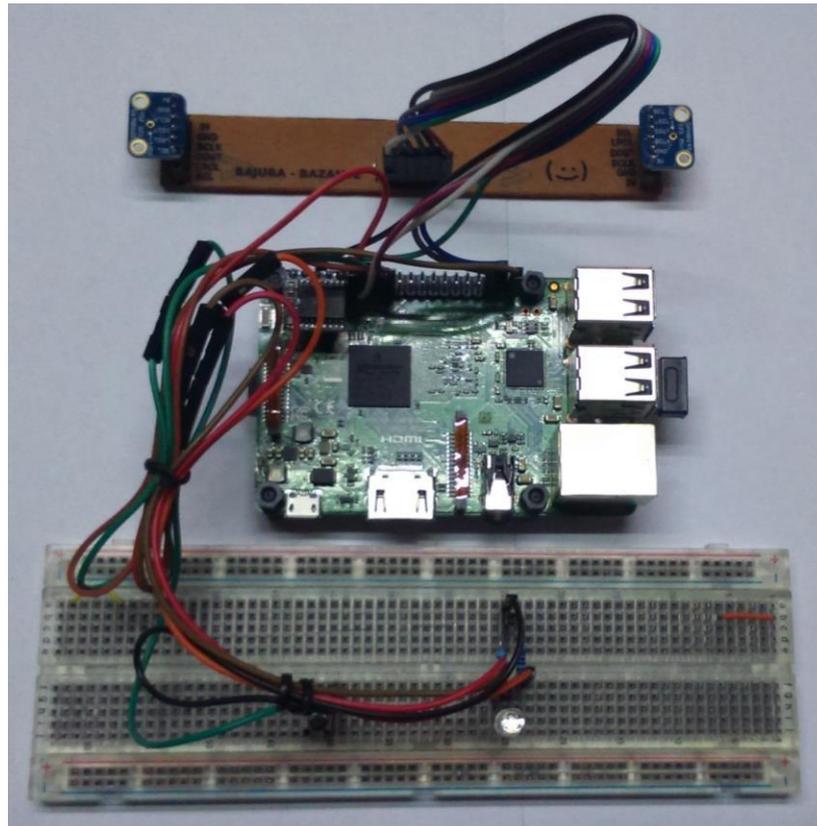


Fig. 3. Fotografía en la cual se puede apreciar: en la parte superior los micrófonos montados sobre una PCB, en la parte central la placa Raspberry Pi y en la parte inferior un pulsador y un LED indicador montados en una protoboard.

#### 4. Consumo eléctrico del sistema y cálculo de baterías

A partir de las pruebas realizadas sobre el sistema en funcionamiento, el cual consiste en la placa Raspberry conjuntamente con dos micrófonos y un LED indicador de estado de grabación, los resultados de la medición de corriente arrojados para una tensión de alimentación constante de 5V fueron en torno a los 255mA y 280mA, sin notarse diferencias significativas entre el estado en que el sistema se encuentra grabando y en el que está en grabación. Esto es debido principalmente al muy bajo consumo energético de los micrófonos seleccionados para el proyecto.

En la Fig. 4 se muestra la curva del consumo de corriente relevada en uno de los ensayos realizados, se observa en la misma que a partir de los 22 segundos, aproximadamente, se pone en marcha la grabación de sonidos por lo cual se distingue un pequeño aumento de la corriente.

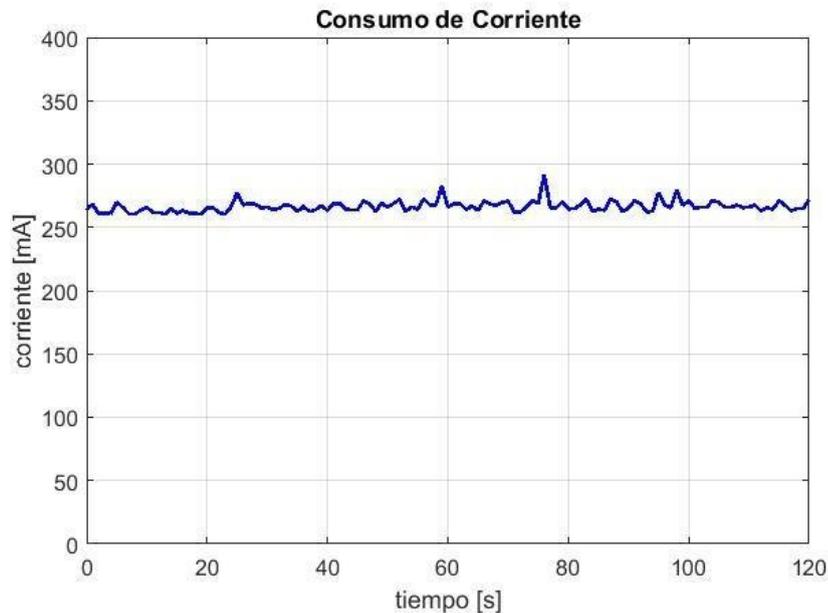


Fig. 4. Medición del consumo de corriente del equipo. En el segundo 22 se pone a grabar al sistema.

Teniendo en cuenta que el sistema será alimentado por un banco de baterías de Litio cargadas con un panel solar, a partir de los datos de consumo obtenidos en las mediciones, se calcula de forma estimativa la capacidad de carga que debe tener el conjunto de baterías para garantizar el funcionamiento del equipo por al menos 24hs.

Los cálculos correspondientes se detallan a continuación, teniendo en cuenta que se utilizarán baterías comerciales con una tensión nominal de 3,7V y una capacidad de carga de 5000mAh.

$$t = \frac{B}{I} \left[ \frac{\text{mAh}}{\text{mA}} \right]$$

$$12\text{hs} = \frac{B}{280\text{mA}} \Rightarrow B = 12\text{hs} \times 280\text{mA} = 3360\text{mAh}$$

Multiplicando por dos este resultado tendríamos el equivalente para 24hs y, por tanto, como la capacidad de carga de cada batería es de 5000mAh, se necesitan al menos dos baterías conectadas en paralelo. Si se desea garantizar el funcionamiento con un margen mayor, se podrían conectar cuatro de estas baterías en paralelo.

## 5. Pruebas de grabación.

Una vez montado el prototipo y programado con el software que gestiona las grabaciones, se llevaron a cabo los ensayos. Estos consisten en capturas de audio modificando algunos parámetros tales como: duración de cada archivo, cantidad de canales, ancho de palabra en bits, ganancia, etc.

En base a los resultados obtenidos, se pudo apreciar mediante la reproducción de los archivos adquiridos que los mismos presentan muy buena calidad sonora. A continuación, en las Fig. 5 y Fig.

6, se presentan las gráficas de dos grabaciones que corresponden a una configuración estéreo, formato “wav”, frecuencia de muestreo de 44,1kHz y un ancho de palabra de 32 bits.

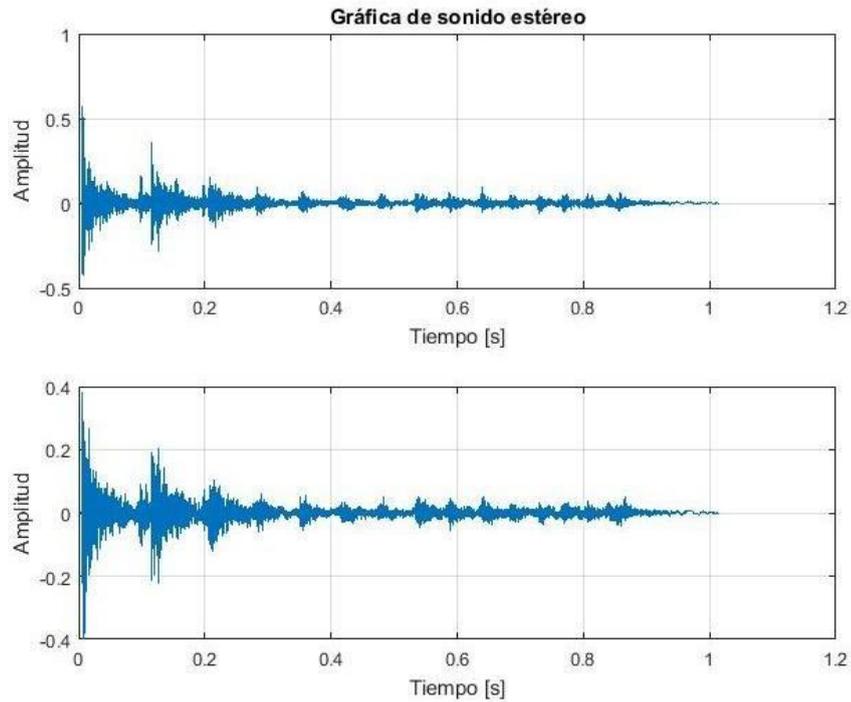


Fig. 5. Gráfica del sonido correspondiente a la caída de una moneda al piso. Arriba canal 1 (Derecho), abajo canal 2 (Izquierdo).

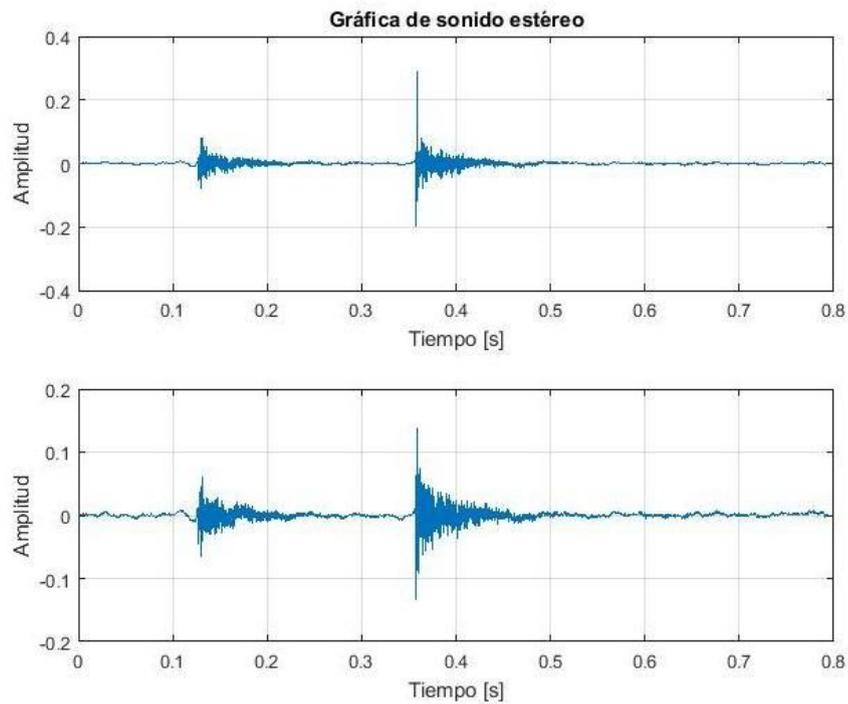


Fig. 6 Gráfica del sonido producido al golpear las palmas de las manos (aplausos). Arriba canal 1 (Derecho), abajo canal 2 (Izquierdo).

La Fig. 5 corresponde al sonido producido por el impacto de una moneda al caer sobre una mesa. Por su parte, la Fig. 6 corresponde al sonido proveniente de un aplauso. Ambas capturas fueron hechas dentro de un ambiente cerrado y a una distancia de entre 1,5 y 2 metros de los micrófonos.

## 6. Conclusiones

En este trabajo se presentaron los resultados parciales del diseño de un grabador de audio autónomo para estudios medioambientales. Se presentó un esquema general que muestran los objetivos del proyecto, como así también los resultados de grabaciones de audio actuales realizadas con micrófonos digitales “mems”, los cuales fueron seleccionados debido a su muy bajo consumo energético.

Mediante la medición de la corriente de entrada necesaria para poner en funcionamiento el sistema, se observó que el mismo funcionando consume en promedio 260 mA, por lo que se proyecta una fuente de alimentación compuesta por 4 baterías de litio de 5Ah, que se mantienen cargadas por un panel solar. De esta forma el sistema es energéticamente independiente y puede funcionar por tiempos prolongados quedando limitado únicamente por la capacidad de almacenamiento del medio utilizado, el cual puede ser una tarjeta SD o un pendrive.

Comparativamente con grabadores remotos comerciales como los fabricados por la marca Wildlife Acoustics, los cuales presentan el problema de funcionar únicamente con baterías convencionales y tener un tiempo de funcionamiento limitado, el proyecto presentado en este trabajo evita el límite de tiempo impuesto por las baterías y tendrá un costo muy inferior a las alternativas comerciales.

## Agradecimientos

Este trabajo es posible gracias a los medios facilitados por la Facultad de Ingeniería de Oberá, Secretaría de Ciencia y Técnica y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). A su vez, se agradece la colaboración del Instituto de Biología Subtropical (IBS) de la ciudad de Iguazú (Misiones) y dependiente del CONICET.

## Referencias

- [1] Gobierno de la Provincia de Misiones, Ministerio de Ecología y RNR, “Monumentos Naturales,” 2012. [Online]. Available: <http://www.ecologia.misiones.gov.ar/ecoweb/index.php/anp-descgen/clasificacion/monumentos-naturales>.
- [2] Fabiana Escobar, “Zonificación Preliminar Parque Provincial Puerto Península,” Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, 2010.
- [3] Juan Carlos Chevez, *Los que se van*. Buenos Aires: Editorial Albatros, 2010.
- [4] 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>.