

Las comunicaciones de datos por radiofrecuencia en las selvas de Misiones ¿Son posibles?

Sergio E. Moya, Javier E. Kolodziej, José Szychowski y Gonzalo Frías

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

GID-IE, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

sergio.e.moya@gmail.com

Resumen

Las comunicaciones por radiofrecuencia han sido probadas y utilizadas en distintos equipos electrónicos y para las más diversas aplicaciones que podamos imaginar. Sin embargo, a la hora de evaluar la calidad o posibilidad de establecimiento de un enlace en ambientes de selva húmeda, no se cuenta con ensayos o reportes técnicos de fabricantes o investigadores, que permitan estimar las distancias máximas y tasas de errores esperables en estos ambientes. Este trabajo busca contribuir a subsanar esta falta de información, ensayando en ambientes selváticos y húmedos, diversos módulos de radiofrecuencias de baja potencia y funcionales a distintas bandas de frecuencias disponibles en el mercado nacional. Los resultados para condiciones selváticas se contrastan con los obtenidos en enlaces efectuados en ambiente urbano, comparando las distancias máximas, potencia recibida y relación señal ruido para así estimar el impacto de la vegetación selvática en la atenuación de las ondas de radio.

Palabras Clave – comunicaciones inalámbricas, monitoreo de biodiversidad, selva de Misiones.

1. Introducción

En la provincia de Misiones existen en estado de conservación los últimos remanentes extensos de Selva Paranaense, un bioma amenazado a nivel mundial y del cual solamente queda menos del 10% de su extensión original [1]. En esta selva, del tipo subtropical y húmeda, se realizan diversos estudios vinculados a la biodiversidad, como monitoreo de fauna por cámaras trampa [2], equipos de grabación de audio [3] [4] y monitoreo remoto de actividad ilegal [5]. En todos estos trabajos y estudios, existe una gran necesidad de contar con un monitoreo en tiempo real y transmisión de datos de manera inalámbrica, utilizando para ello sistemas de comunicación por radiofrecuencia de baja potencia, que puedan ser instalados en lugares remotos sin acceso a la red de distribución eléctrica. El principal desafío a encarar para el desarrollo e implementación de estos sistemas de comunicación de datos es la ausencia concreta de información sobre trabajos similares que hayan sido implementados previamente. Si bien existen sistemas de reporte de datos para equipos de cámara trampa instalados en ambientes naturales, estos trabajan utilizando las redes de telefonía celular, las cuales en la mayoría de los casos no tienen cobertura en los lugares más agrestes y aislados de Misiones.

Teniendo esto en cuenta, y con la necesidad de evaluar la posibilidad de lograr enlaces de comunicación inalámbrica en los ambientes selváticos locales, durante el año 2019 y como proyecto de finalización de la carrera de Ingeniería Electrónica, se han fabricado y ensayado un sistema de comunicación por radiofrecuencia y registro de datos portátil, en los cuales se han

colocado y evaluado cuatro módulos transceptores comerciales de la marca Xbee y LoRa, funcionales a distintas bandas de frecuencia y potencia. El sistema propuesto cuenta con dos terminales, una fija y otra móvil, contando esta última con un módulo GPS y la capacidad de almacenamiento en una tarjeta de memoria tipo SD, en donde quedan guardados los datos de posición y variables de recepción de los módulos de comunicación para ser analizados a posterior. La terminal utilizada como receptor se muestra en la Figura 1, donde se indican además cada uno de los módulos transceptores utilizados en los ensayos presentados en este trabajo. Los ensayos de comunicación de los transceptores fueron realizados tanto en ambiente urbano, en la ciudad de Oberá (Misiones), como también en ambiente selvático, en este caso en la reserva de usos múltiples Guaraní (RUMG) de la Universidad Nacional de Misiones.



Fig. 1. Terminal móvil implementado. Fotografía registrada en la RUMG durante los ensayos.

2. Terminales fabricadas

Para poder realizar los ensayos de comunicación en campo se debieron fabricar dos equipos terminales portátiles capaces de funcionar con baterías y a tensiones reguladas. Si bien ambos son similares en cuanto al tipo de componentes y capacidades de comunicación, uno de ellos fue implementado como móvil, incluyendo un módulo GPS y tarjeta de memoria tipo SD-card en

donde se almacenan los datos de posicionamiento en tiempo real del equipo (Figura 1). Los transceptores de comunicación por radiofrecuencia utilizados en cada terminal, como así sus especificaciones técnicas más importantes se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1: Transceptores comerciales de comunicación por RF utilizados en el ensayo y sus especificaciones técnicas.

Módulo (nombre comercial)	Frecuencia de trabajo	Potencia Transmisión
Transceptor LORA Ra02 V1	410 – 525 MHz	+17 dBm (63mW)
Transceptor LORA Ra02 V2	410 – 525 MHz	+20 dBm (100mW)
Transceptor LORA RFM95W	862 – 1020 MHz	+13 dBm (19mW)
Xbee Pro 900	902-928MHz	+17 dBm (50mW)

De esta forma, utilizando los módulos listados en la Tabla 1, se procedió a montar dos placas terminales móviles y portátiles gestionadas y controladas por un procesador del tipo Arduino, específicamente un Arduino NANO. El módulo de posicionamiento global GPS utilizado es el Ublox NEO 6m. En las Figuras 2 y 3 se muestra el diagrama esquemático de ambas terminales de comunicación.

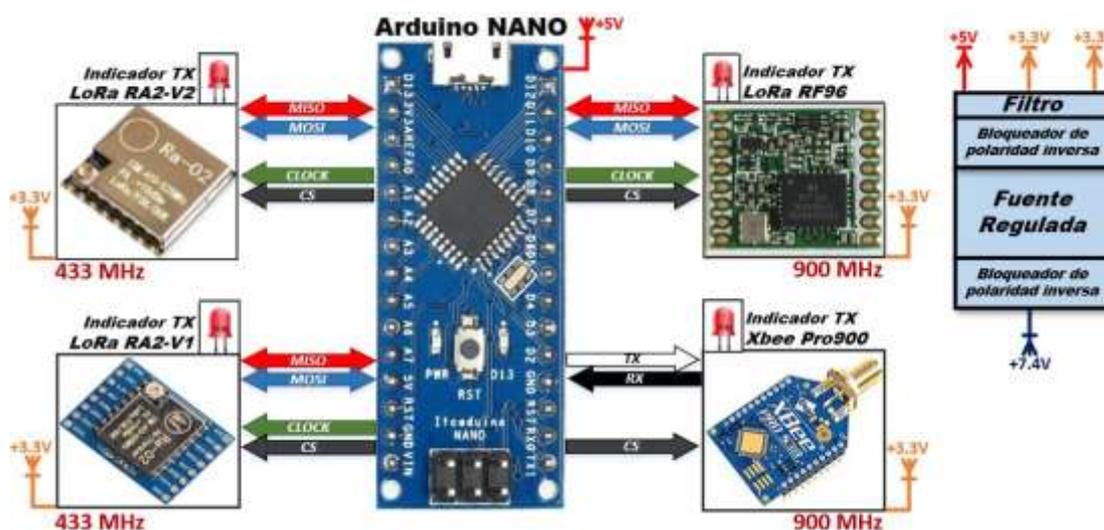


Fig. 2. Diagrama de bloques de la terminal de comunicación que permanece inmóvil durante ensayos.

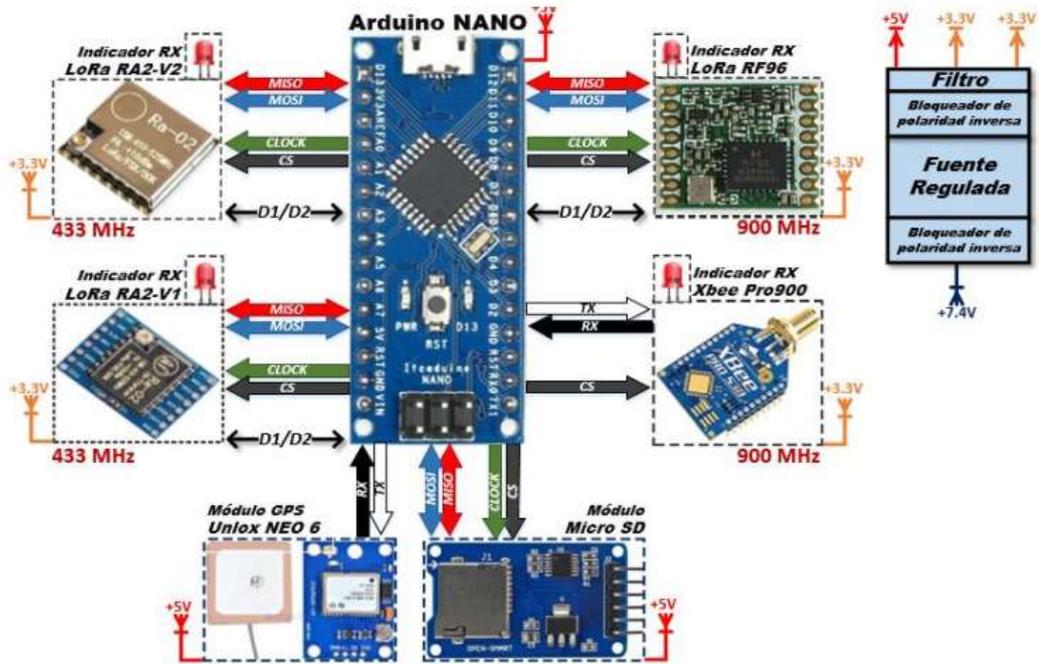


Fig. 3. Diagrama de bloques de la terminal de comunicación móvil con módulos GPS y SD card.

3. Resultados de transmisiones en ambiente urbano

Previo a los ensayos de comunicación en el interior de la selva, se evaluó el desempeño de los módulos en ambiente urbano, para así tener una aproximación a las distancias máximas estimadas para cada uno de ellos y verificar el funcionamiento de todo el sistema. Para realizar los ensayos, se energizan ambas placas y se verifica la recepción de los datos con LEDs vinculados a cada módulo transceptor, los cuales se encienden al recibir un paquete de datos correctamente. Luego, conforme la placa móvil se aleja del punto de partida, estos LEDs comienzan a indicar la pérdida de recepción al no encenderse. El ensayo termina en el momento en que todos los LEDs permanecen apagados, indicando esto que se ha llegado a la máxima distancia de comunicación posible para todos los transceptores. El primer ensayo se realizó en ambiente urbano, específicamente en las inmediaciones del Parque de las Naciones, de la ciudad de Oberá, en Misiones, cuyo recorrido de prueba se puede ver en la Figura 4.



Fig. 4. Recorrido del ensayo de comunicación en ambiente urbano.

En la Figura 5, se pueden observar los puntos de coordenadas GPS adquiridos de cada módulo durante el recorrido. Debido a que estos puntos se guardan en memoria una vez que se recibe un dato correcto, la densidad y presencia de los mismos en el mapa pueden ser consideradas como una aproximación a la capacidad de recepción y transmisión del módulo en ese punto.



Fig. 5. Puntos de coordenadas GPS obtenidos durante la prueba de comunicación en ambiente urbano.

Puede verse en la Figura 5 que todos los módulos pudieron recibir casi uniformemente los datos durante la mayoría del recorrido establecido, aunque el módulo Xbee PRO 900 (Figura 5 C) logró una mayor distancia respecto a los módulos LORA.

A continuación, en la Figura 6 se muestran los datos de recepción de la indicación de la fuerza de la señal recibida, o RSSI (siglas del inglés *Received Signal Strength Indicator*) y la relación señal ruido, o SNR (del inglés *signal to noise ratio*). Debe hacerse notar que el módulo XBee PRO 900 no permite obtener estos datos para ser almacenados en memoria, por lo que los valores de RSSI y SNR solo están disponibles en los módulos LORA.

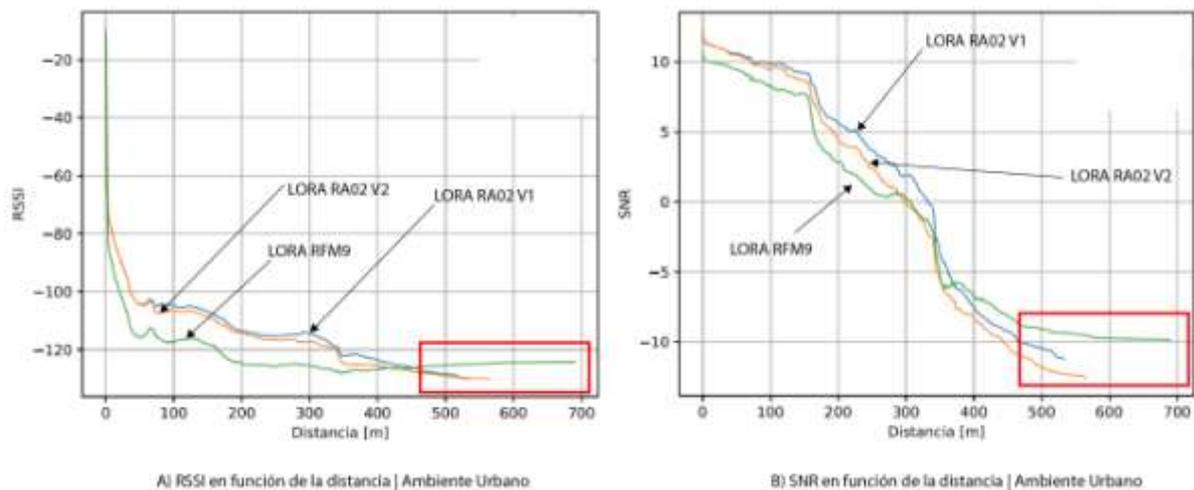


Fig. 6. RSSI y SNR de transceptores LORA en ensayo de comunicación urbano.

Como se puede observar en la Figura 6, la potencia de la señal recibida decrece fuertemente conforme se aumenta la distancia de comunicación. De manera equivalente, el ruido del canal aumenta significativamente para mayores distancias. En resumen, de la Figura 6 se puede ver que el módulo LORA que logró mayor alcance fue el RFM9 con una distancia máxima de 690 metros. Esta ventaja en longitud de enlace se resaltó en un recuadro rojo en los gráficos.

4. Resultados de comunicaciones en ambiente selvático

A continuación se describen los resultados obtenidos en ensayos de comunicación en ambiente selvático. Dichos ensayos fueron realizados en la reserva de usos múltiples Guaraní (RUMG) de la Universidad Nacional de Misiones. En este lugar, puede encontrarse selva catalogada como primaria y secundaria, con gran cantidad de tacuaras, imponente frondosidad y alta humedad, lo que implica en un desafío para las comunicaciones inalámbricas. Además, la zona posee ondulaciones geográficas que dificultan aún más las comunicaciones. La Figura 7 indica el lugar de los ensayos dentro de la provincia de Misiones.



A) Localización de la RUMG en la provincia de Misiones



B) Ambiente natural donde se hicieron los ensayos

Fig. 7. A) Localización de la RUMG en la provincia de Misiones y punto donde se hicieron los ensayos. B) Densidad vegetal con gran presencia de Tacuapí (*Merostachys clausenii*).



A) En rojo el punto de inicio de los recorridos de prueba



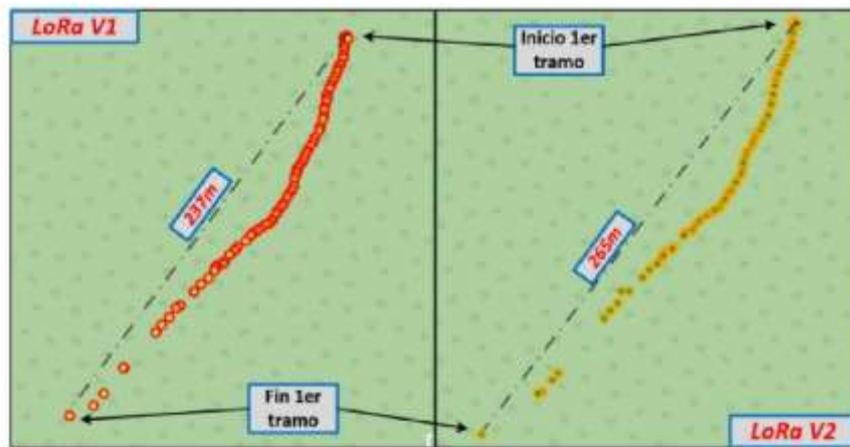
B) José Szychowski (izq.) y Gonzalo Frías (der.) probando los módulos

Fig. 8. A) Punto de partida para los ensayos. B) Alumnos iniciando y probando los módulos antes de comenzar el recorrido de medición.

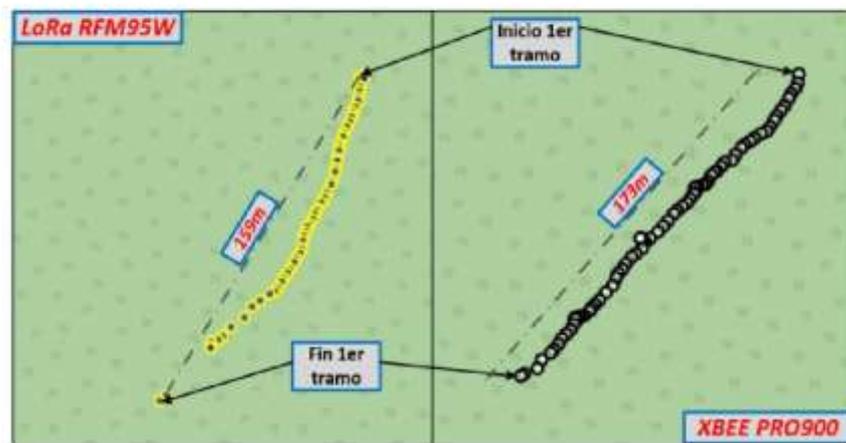
Los ensayos se realizaron a las primeras horas de la mañana, en un ambiente de gran densidad vegetal principalmente debido a la presencia de tacuaras de la especie Tacuapí (*Merostachys clausenii*), que se pueden observar en la Figura 7 B. Los ensayos consistieron en fijar un punto de partida, alejado de intervenciones humanas en el ambiente, como caminos rurales, edificaciones, etc., y luego avanzar por un sendero muy cerrado y poco intervenido (Fig. 7 B) hasta que los LEDs indicadores de recepción dejen de encenderse.

La Figura 8A muestra el punto de partida de los recorridos utilizados para evaluar las comunicaciones en ambiente selvático, y la Figura 8B un sector del sendero, mientras los alumnos configuran las placas para comenzar las mediciones.

Las distancias máximas logradas en este ambiente de vegetación densa se pueden ver en la Figura 9 A y B, las cuales muestran los puntos de coordenadas GPS en donde se lograron recepciones correctas. Como se puede ver, el módulo con una presencia de datos más continua fue el Xbee PRO900, aunque la distancia máxima de comunicación con este caso fue de solo 173 metros. Por otro lado, el módulo Lora RFM9, que al igual que el Xbee trabaja en la banda de los 900MHz, logró una distancia máxima de 159 metros y con un sector en donde no se recibieron datos. El mejor desempeño se observó para los módulos LORA funcionales en la banda de 410 – 525 MHz, los cuales lograron distancias de 237 metros para el caso del LORA Ra02 V1 y 265 metros para el LORA Ra02 V2, este último con sectores de no recepción entre medio (Figura 8 A).



A) Puntos de GPS para módulos LORA V1 y V2



B) Puntos de GPS para módulos LORA RFM9 y Xbee PRO900

Fig. 8. Puntos de GPS adquiridos durante los ensayos. Cada punto corresponde a un paquete de datos recibido correctamente.

Los resultados de RSSI y SNR, para los módulos LORA se muestran en la Figura 9. Como se puede observar, los módulos que trabajan en los rangos de frecuencia más bajos, de 410 – 525 MHz, superaron en distancia de comunicación a los módulos que trabajan a frecuencias más altas, lo cual está de acuerdo con la Figura 8.

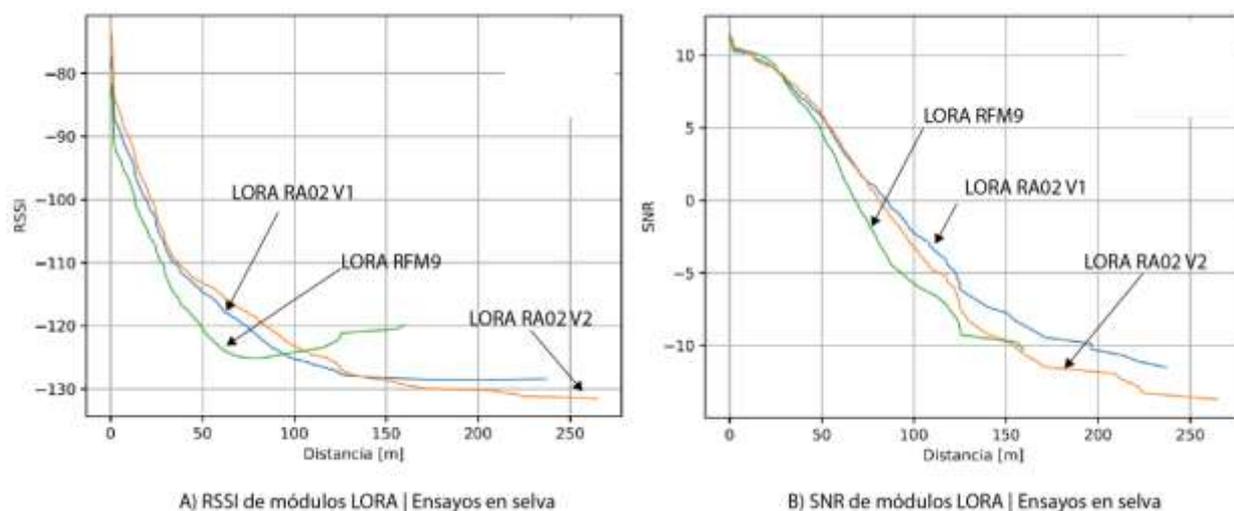


Fig. 9. Curvas de RSSI y SNR en función de la distancia para los ensayos en ambiente selvático.

5. Conclusiones

En este trabajo se presentaron ensayos de comunicación inalámbrica utilizando módulos comerciales (LORA y Xbee) de baja potencia en las bandas de 410 – 525 MHz y 862 - 968 MHz en ambiente selvático tipo subtropical. Mediante la medición de parámetros como el posicionamiento GPS, la potencia de señal recibida (RSSI) y la relación señal ruido (SNR), se pudieron obtener los primeros resultados y aproximaciones a las capacidades del canal inalámbrico en ambientes de selva densa y húmeda, información elemental para implementaciones de monitoreo remoto a desarrollar en próximos trabajos. Los resultados muestran que en ambiente urbano, las comunicaciones con módulos de baja potencia (menores a 100mW.) son posibles a distancias aproximadas de 600 a 700 metros, mientras que en el momento de intentar establecer estas comunicaciones en ambiente selvático, estas distancias decrecen a la mitad, y se concluye que la mayor eficiencia y distancia se logra para los módulos que trabajan en la banda de frecuencias más baja, de alrededor de 400 MHz.

Agradecimientos

Este trabajo es posible gracias a los aportes provenientes 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. Se agradece al Departamento de Electrónica y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM) y a la Facultad de Ciencias Forestales (UNaM) por la facilitación de las instalaciones y recursos para trabajos en campo.

Referencias

- [1] J. V. B. N. H. Paula Campanello, "¿Es posible el uso sostenible del bosque en Misiones?," *Ecología Austral*, vol. 29, pp. 122-137, 2019.
- [2] R. C. Vera, "Estudio ecológico del ocelote (*Leopardus pardalis*) utilizando el método de cámaras trampa en el distrito de Las Piedras, Madre de Dios - Perú," *Espacio Y Desarrollo*, vol. 29, pp. 153-178, 2017.
- [3] X. Z. H. L. D. Yan, "Acoustic recordings provide detailed information regarding the behavior of cryptic wildlife to support conservation translocations," *Sci Rep*, vol. 9, pp. 51-72, 2019.
- [4] C. B. S. M. Gustavo Bazante, "Grabador de Audio Estéreo Autónomo para Estudios Medioambientales en Selvas," 2019.
- [5] J. K. J. M. P. J. P. G. Sergio Moya, "Algoritmo de Detección Off-line de Disparos de Arma de Fuego en Audio," in *ARGENCON 2018*, 2018.