

Procesamiento de señales de radio, implementación para la Antena DS3 de la Agencia Espacial Europea



A. Cancio^{1*}, M. Colazo², B. García¹

¹Instituto en Tecnologías de Detección y Astropartículas (CNEA-CONICET-UNSAM)

²Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)

*angel.cancio@iteda.cnea.gov.ar

Resumen

La radioastronomía ha llevado a un importante incremento en el conocimiento astronómico, particularmente con el descubrimiento de muchas clases de nuevos objetos, incluyendo los pulsares, quásares y las galaxias activas. Tales objetos representan algunos de los procesos físicos más extremos y energéticos en el universo. El crecimiento en la cantidad de Antenas de Espacio Profundo por parte de las distintas agencias espaciales, el potencial de nuevas tecnologías de telescopios para reducir los costos de construcción y operación sugieren una unión natural entre la radioastronomía y las telecomunicaciones de espacio profundo en el desarrollo de conceptos avanzados de radiotelescopios. Las limitaciones impuestas en el diseño de los enlaces de telecomunicaciones de espacio profundo conduce a requisitos técnicos que son muy similares a los requisitos de los equipos de radioastronomía (grandes áreas de recolección, receptores de bajo ruido, flexibilidad operativa, entre otros).

1. Introducción

La estación DSA 3 aloja una antena de 35 metros de diámetro con capacidad de transmisión y recepción en banda X y recepción en banda Ka. El sistema de radio frecuencia (RF) de la antena comprende una guía de ondas de haz tipo Cassegrain que funciona con espejos sensibles a la frecuencia y amplificadores de bajo ruido para banda X y banda Ka refrigerados por helio.

2. Objetivos

- Realizar una observación astronómica utilizando la DSA3.
- Describir la cascada de detección de la antena utilizando el equipo existente propio de la estación.
- Explicar las etapas de procesamiento de los datos digitales obtenidos durante una observación.
- Identificar la señal en los datos de una observación.

3. Metodología

Las resoluciones angulares que ofrece DSA 3 (4.4' en banda X y 1' en la banda Ka) son óptimos para estudiar, en particular, ciertas fuentes de radio compactas.

En general, las grabaciones de señales de sondas espaciales en Delta-DOR se realizan en banda angosta en canales de 50 kHz con una resolución de 8 bits, mientras que las grabaciones de cuásares se realizan en banda ancha utilizando los canales 2-MHz con una resolución de 2 bits. Para observaciones de radio ciencia los valores recomendados son frecuencia de muestreo de 100 kHz y una resolución de 16 bits.

La configuración tiene ciertas restricciones para diseñar el plan de observación. La frecuencia de muestreo tiene que ser mayor que el ancho de banda (Sampling Rate > Bandwidth) y la segunda limitación es que el Ancho de banda máximo factible de datos tiene que ser menor que 36 Mbps para evitar colisiones (Sampling Rate x 4 (subchannels) x Quantization (bits) x 2 < 36 Mbps).

$$\begin{aligned} SR \times 4 \times 16 \times 2 &< 36 \\ SR &< 36 \times (4 \times 16 \times 2) \\ SR &< 36 \times 128 \\ SR &< 0,281 \text{ MHz} \\ SR &< 281 \text{ kHz} \end{aligned}$$

Entonces 281 kHz es la máxima frecuencia de muestreo para resolución de 16 bit de quantization.

Para soportar radio ciencia y DeltaDOR, la antena puede trabajar en modo de bucle abierto (EOLP) mejorado. En este modo, los equipos de la antena pueden procesar bloques de espectro de frecuencia intermedia (IF). Maddè, et al.[1].

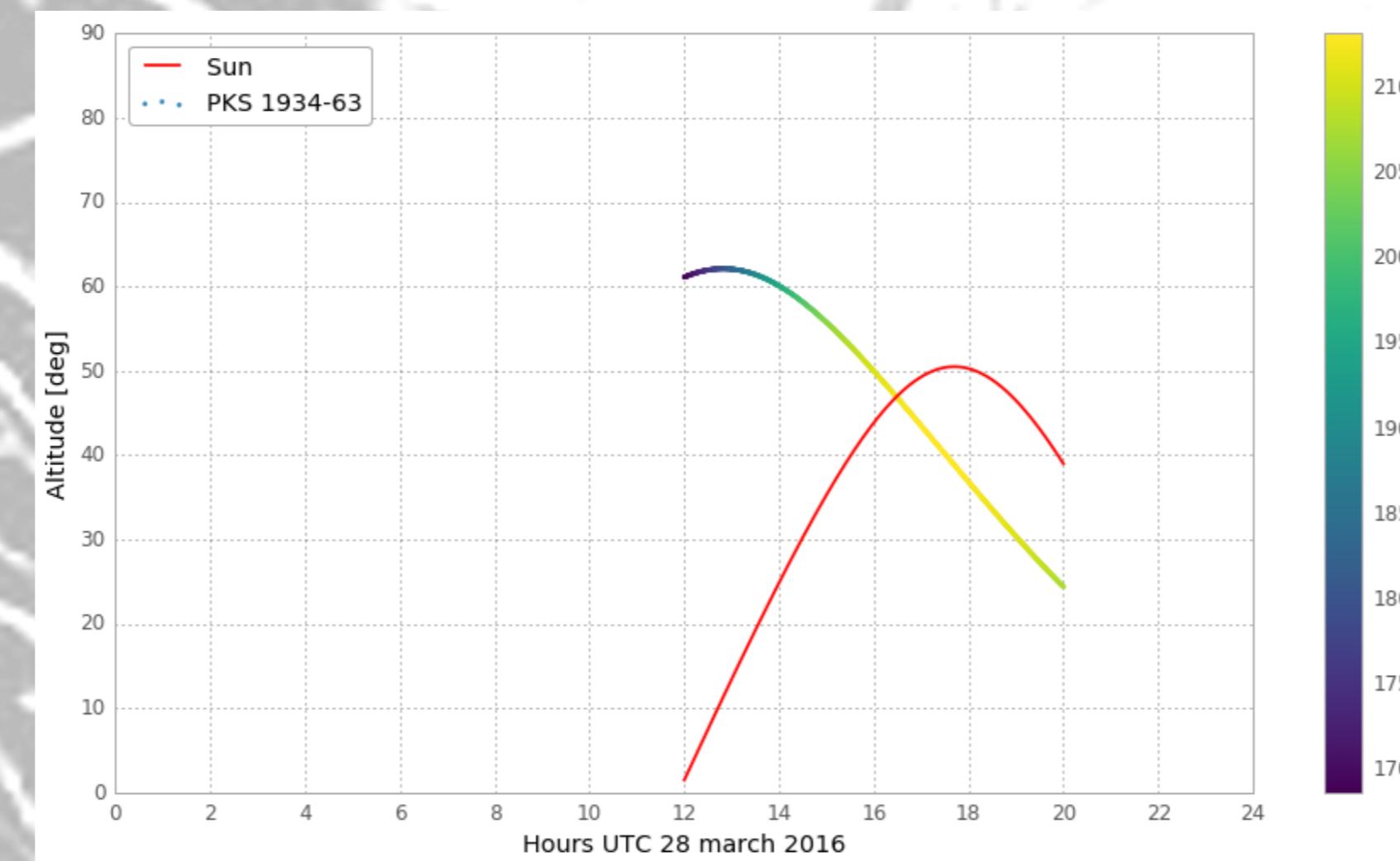
Fuentes observadas el 28 de marzo de 2016:

Tabla 1: Información de las fuentes observadas. Datos extraídos de Massardi, et. al.[2].

| Nombre | RA | δ | S _{8.6GHz} [Jy] | B _J mag |
|-------------|-------------|-------------|--------------------------|--------------------|
| PKS 0521-36 | 05:22:57.94 | -36:27:30.4 | 6.57 _{1.04} | 16.09 |
| PKS 1934-63 | 19:39:24.83 | -63:42:45.4 | 2.99 _{0.15} | 18.87 |
| B1145-676 | 11:47:33.40 | -67:53:41.5 | 1.4 _{0.07} | 19.66 |

- Ejemplo fuente PSK 1934-638. La figura 1 muestra el seguimiento de la posición del objeto durante la observación desde la ubicación de la antena.

Figura 1: Seguimiento de la fuente PSK 1934-638.



- El schedule utilizado para observar esta fuente fue:

Tabla 2: Intervalos de observación de la fuente PSK 1934-638.

| Scan | Tiempo ON | Tiempo OFF |
|------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | 2016/03/28/12:10:00 +56sec | 2016/03/28/12:13:00 +56sec |
| 2 | 2016/03/28/12:15:00 +56sec | 2016/03/28/12:18:00 +56sec |
| 3 | 2016/03/28/12:30:00 +56sec | 2016/03/28/12:33:00 +56sec |
| 4 | 2016/03/28/16:00:00 +56sec | 2016/03/28/16:03:00 +56sec |
| 5 | 2016/03/28/18:00:00 +56sec | 2016/03/28/18:03:00 +56sec |
| 6 | 2016/03/28/19:00:00 +56sec | 2016/03/28/19:03:00 +56sec |

4. Resultados y Discusión

Como la mayoría de los equipos de telecomunicaciones, la antena divide el ancho de banda total en canales de frecuencias (12 en total) y realiza una conversión a frecuencias intermedias. La información de la señal adquirida en la observación se almacena en archivos que contienen paquetes UDP, cada uno con una cabecera y un bloque de datos crudos en muestras de valores complejos (In-phase and Quadrature, IQ) como la mayoría de los equipos de radio. Cada bloque tiene la información de 4 canales de frecuencia y están sincronizados internamente. Ademas que este proceso ocurre para las dos polarizaciones circulares LHCP y RHCP, lo que lleva a 24 canales en total. Sin embargo hay que realizar una sincronización de datos entre tres equipos para obtener los 24 canales sincronizados y poder realizar el análisis de los datos. Ver figura 2. Este preprocesamiento o adaptación de la señal digitalizada es una etapa previa y necesaria para poder realizar el análisis espectral de la señal recibida.

Figura 2: Diferencias de tiempos entre los equipos de la antena.

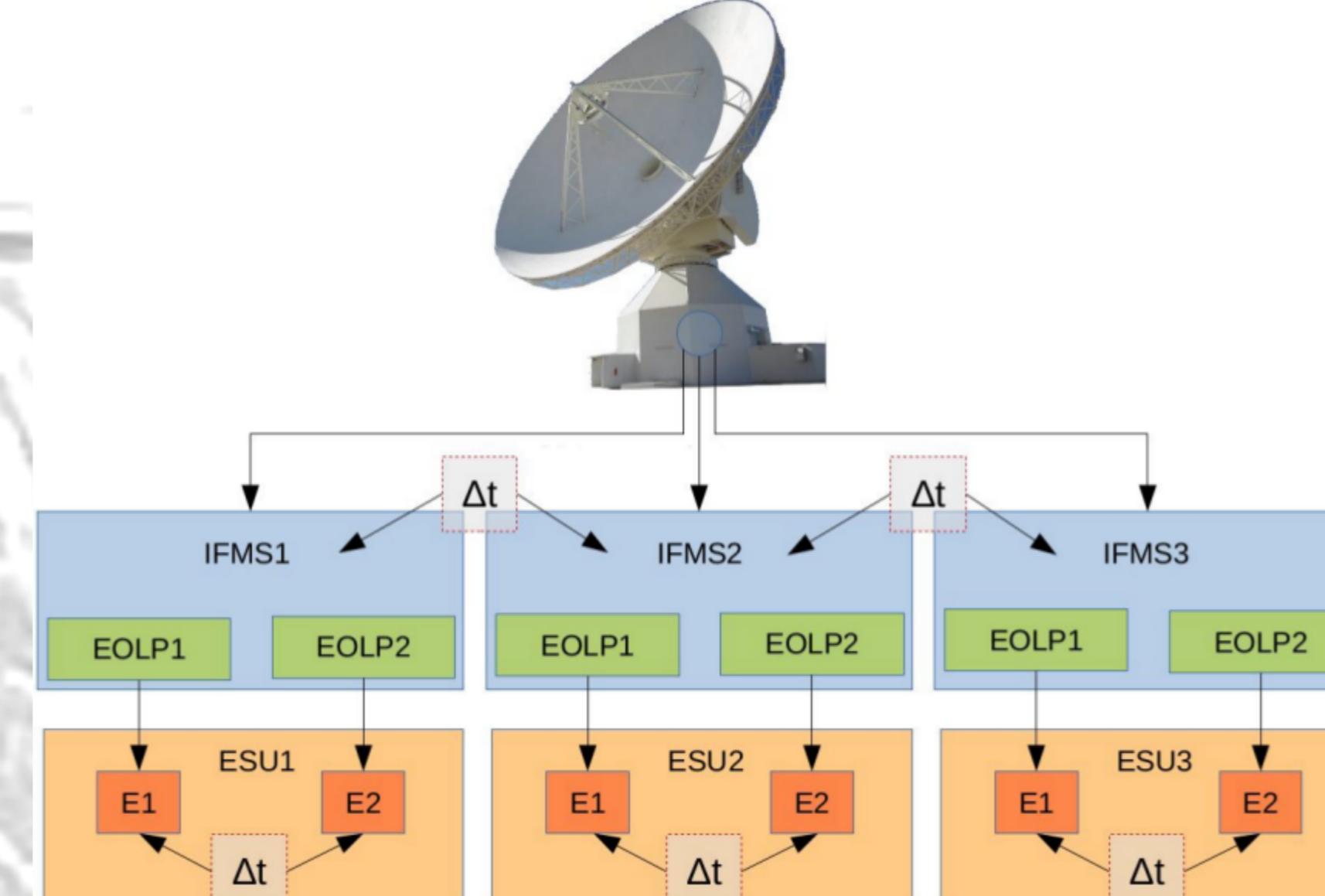
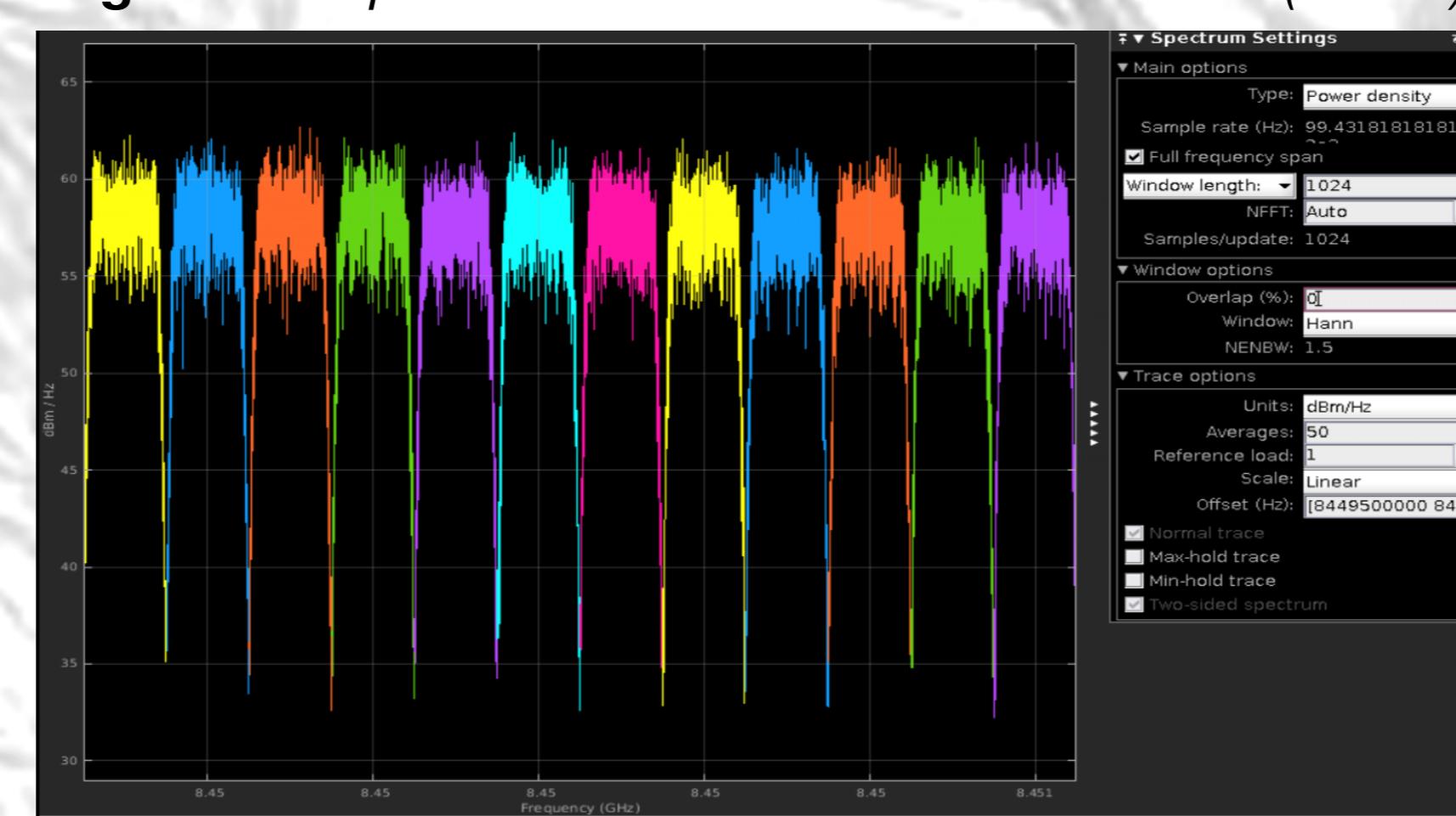


Figura 3: Espectro de la fuente 1934-638 en ON (LHCP).



- Aproximación rápida para obtener la amplitud de la señal observada.

$$P_{out} = \sqrt{I^2 + Q^2} \quad (1)$$

Calculamos la potencia recibida utilizando la potencia de salida y la ganancia utilizada.

$$G = 10 \times \log \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \Rightarrow P_{in} = P_{out} \times 10^{(G/10)} \quad (2)$$

Calculamos la potencia promedio durante un intervalo de tiempo, por ejemplo 1 segundo.

$$PA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{in_i} = \frac{1}{n} (P_{in_1} + P_{in_2} + \dots + P_{in_n}) \quad (3)$$

Figura 4: Señal temporal de la fuente 1934-638, secuencia ON-OFF-ON-OFF-ON-OFF para 4 canales centrales (ESU2/CH0-CH1-CH2-CH3).

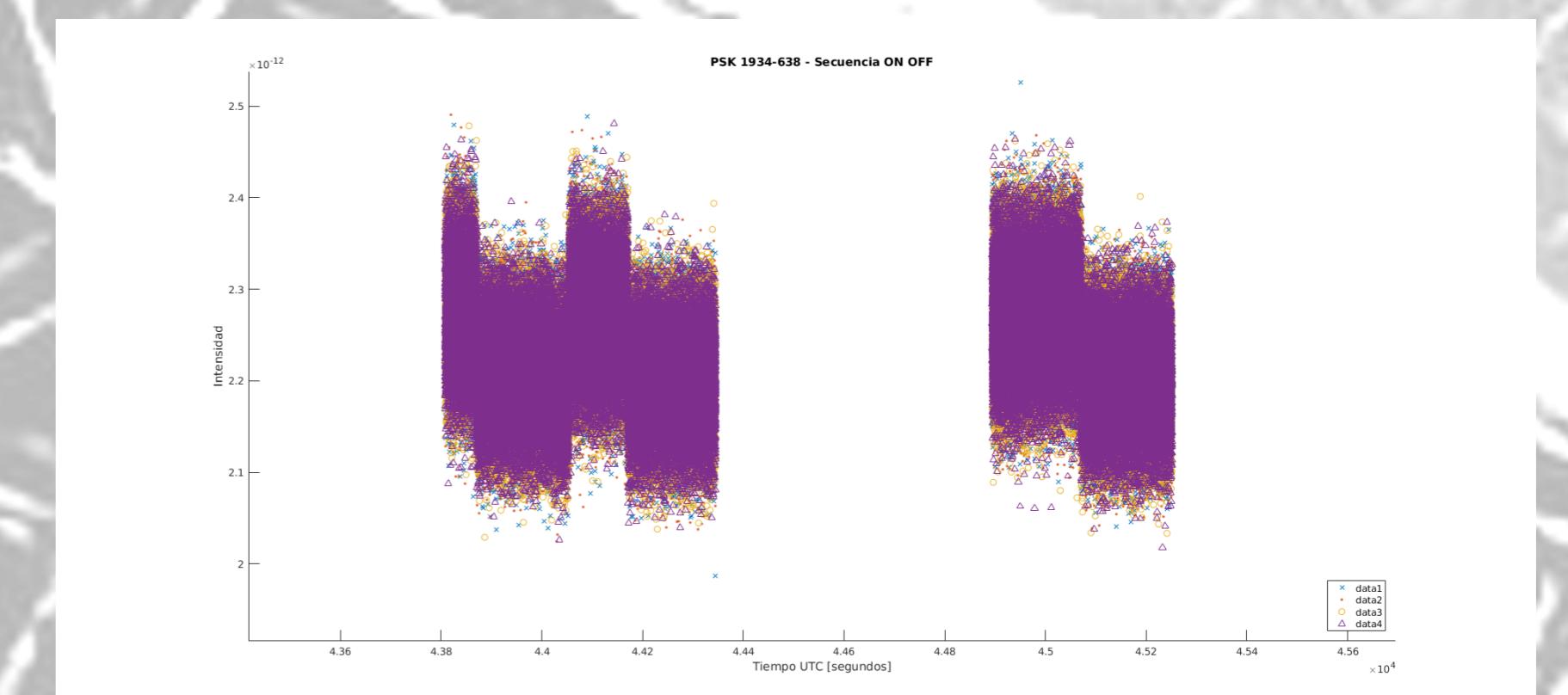


Figura 5: Diferencia entre ON-OFF para 1 canal (ESU2/CH0) en los 6 escaneos de la fuente PSK1934-638, intervalo de integración 1 segundo.

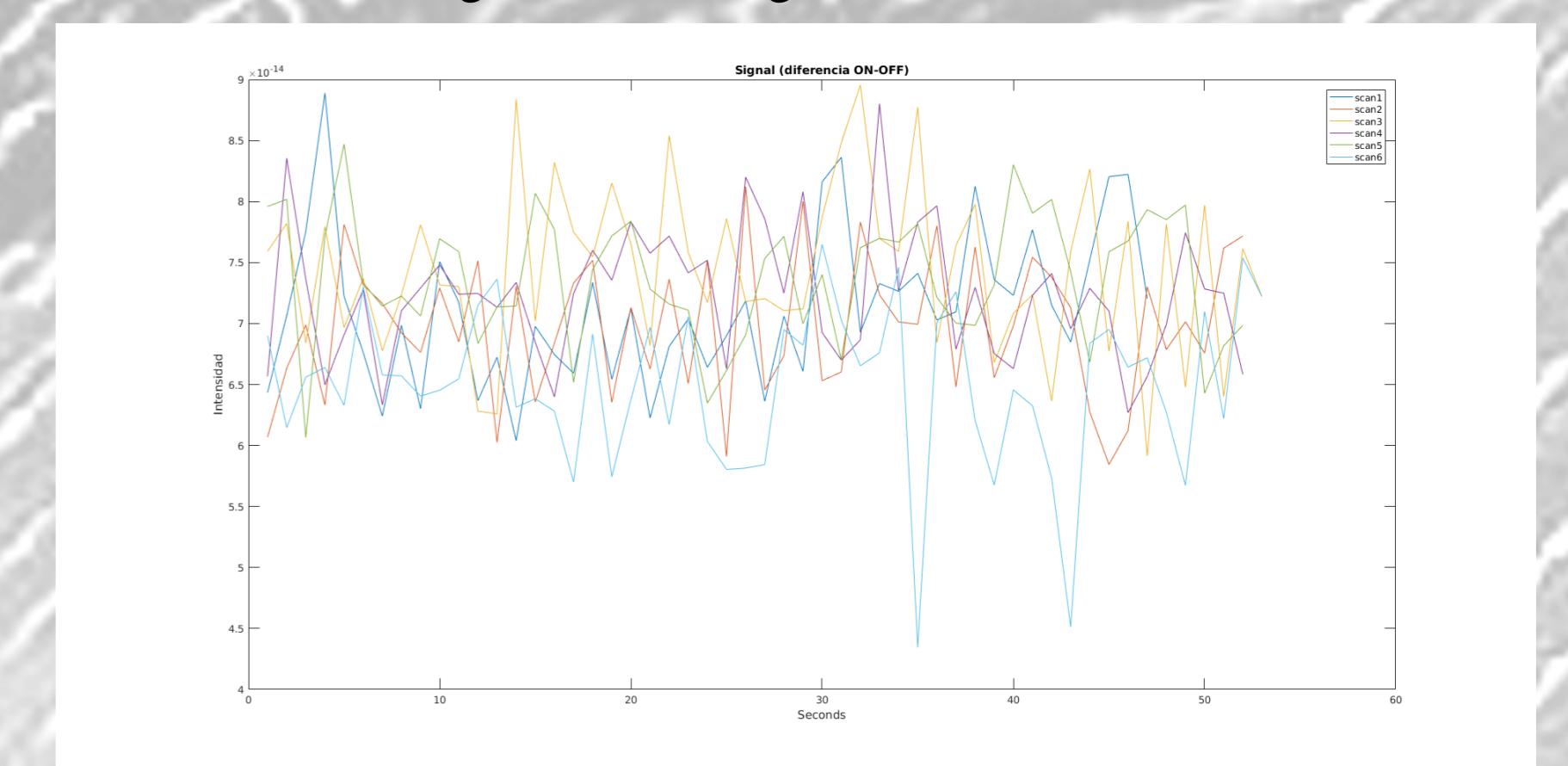
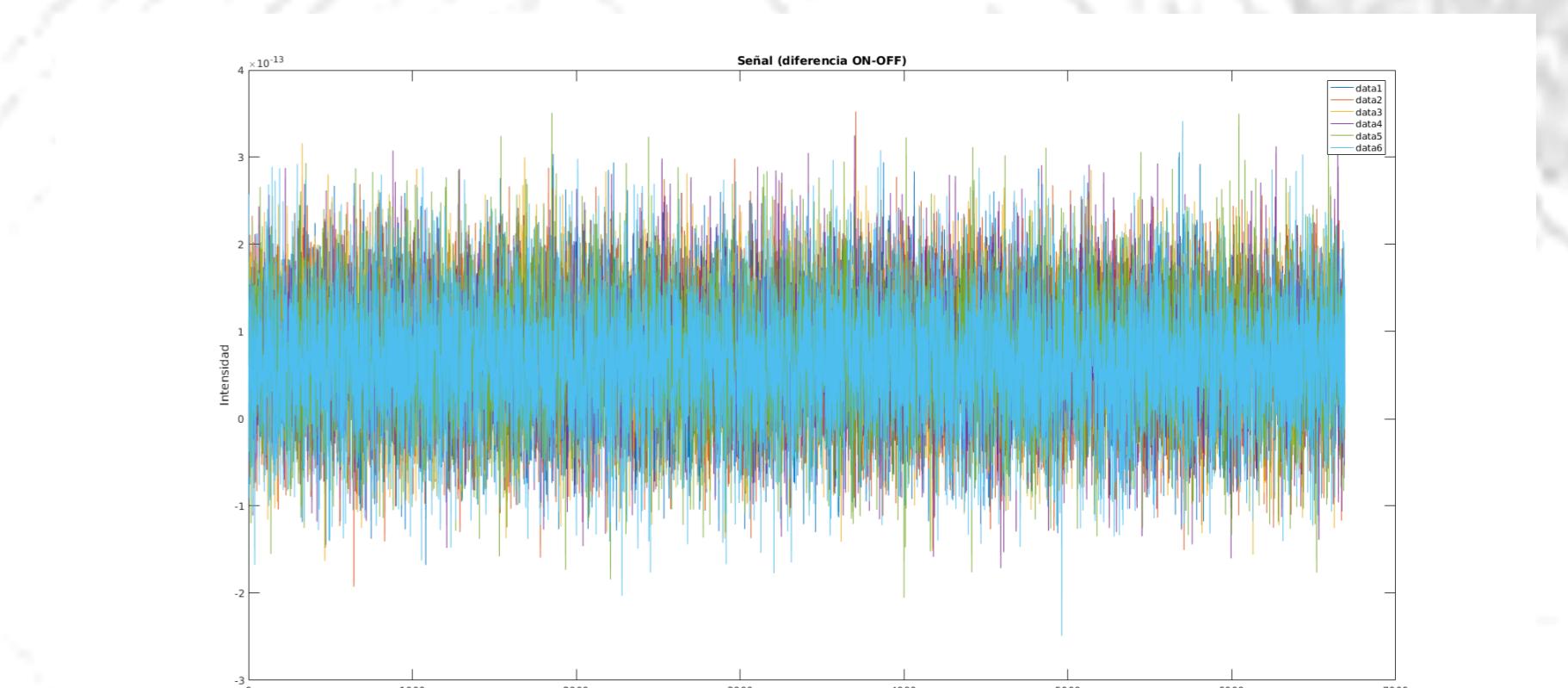


Figura 6: Diferencia entre ON-OFF para 1 canal (ESU2/CH0) en los 6 escaneos de la fuente PSK1934-638, intervalo de integración 10 microsegundo.



5. Conclusiones

El presente trabajo e investigación en desarrollo demuestra la posibilidad de utilizar la antena para detectar fuentes y ha permitido entender los límites y procedimientos de funcionamiento de la antena, las consideraciones a tener en cuenta y ha permitido la lectura de los datos grabados por la antena. Actualmente se está trabajando en la calibración y ajuste de unidades para obtener los valores de potencia de las señales observadas. Desarrollo de un equipo propio? Control de ganancias deshabilitado?

Referencias

- [1] Maddè R., Morley T., Lanucara M., et. al. A Common Receiver Architecture for ESA Radio Science and Delta-DOR Support PROCEEDINGS OF THE IEEE, Vol.95, No.11, p2215-2223, November 2007.
- [2] Massardi M., et. al. The Australia Telescope 20-GHz (AT20G) Survey: the Bright Source Sample Mon. Not. R. Astron. Soc. 384, p775–802 (2008), doi:10.1111/j.1365-2966.2007.12751.x