



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

Signal Chain

Software para procesamiento de datos de radar

J. Oscanoa, D. Suárez y D. Scipión
Radio Observatorio de Jicamarca

Encuentro Científico Internacional ECI 2013i, Lima, 31 Julio -2 Agosto 2013.



Esquema

- Introducción
- Datos del Radar
- Modelamiento en Clases
- Rama de Procesamiento
- Librerías Fase I
- Experimentos Fase I
- Librerías Fase II
- Conclusiones
- Referencias



Introducción

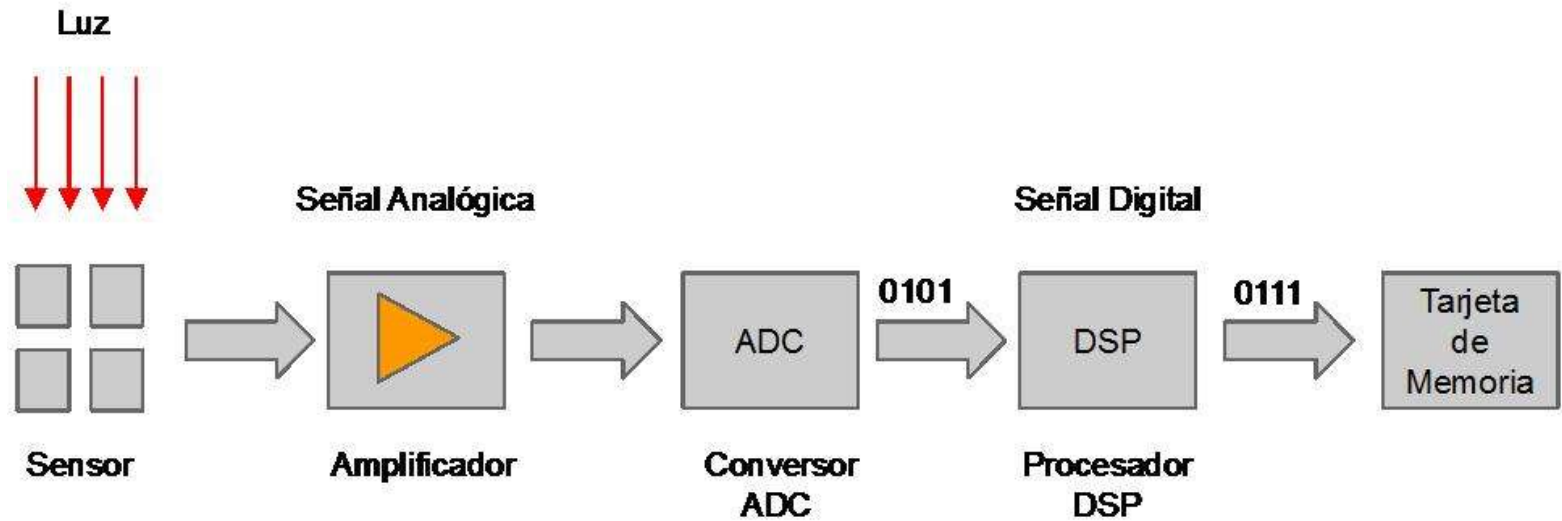


Figura 1. Diagrama de Bloques de la obtención de una imagen digital

- Diagrama de Bloques desde la entrada hasta la salida deseada
- División en diferentes agentes
- Tareas por agente limitadas en alcance deliberadamente
- Los agentes son tan genéricos como la tecnología/algoritmo lo permite



Datos de radar



Figura 2. Principio de Funcionamiento

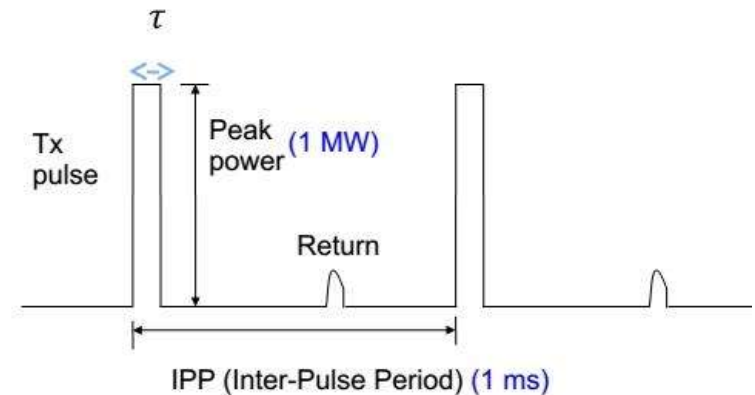


Figura 3. Pulso de transmisión

- El rango del objetivo se obtiene a partir del tiempo de retorno
- Si el objetivo está en movimiento se obtendrá un cambio de frecuencia por el Efecto Doppler
- Se forman series de tiempo con muestras de pulsos diferentes para una misma altura

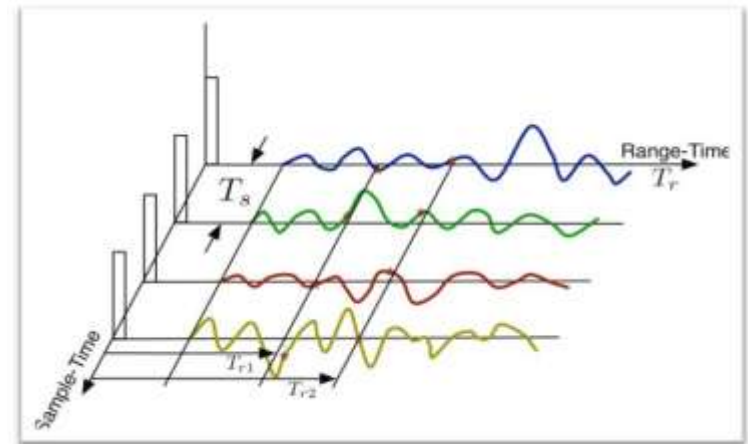


Figura 4. Ecos idealizados del radar



Modelamiento en Clases

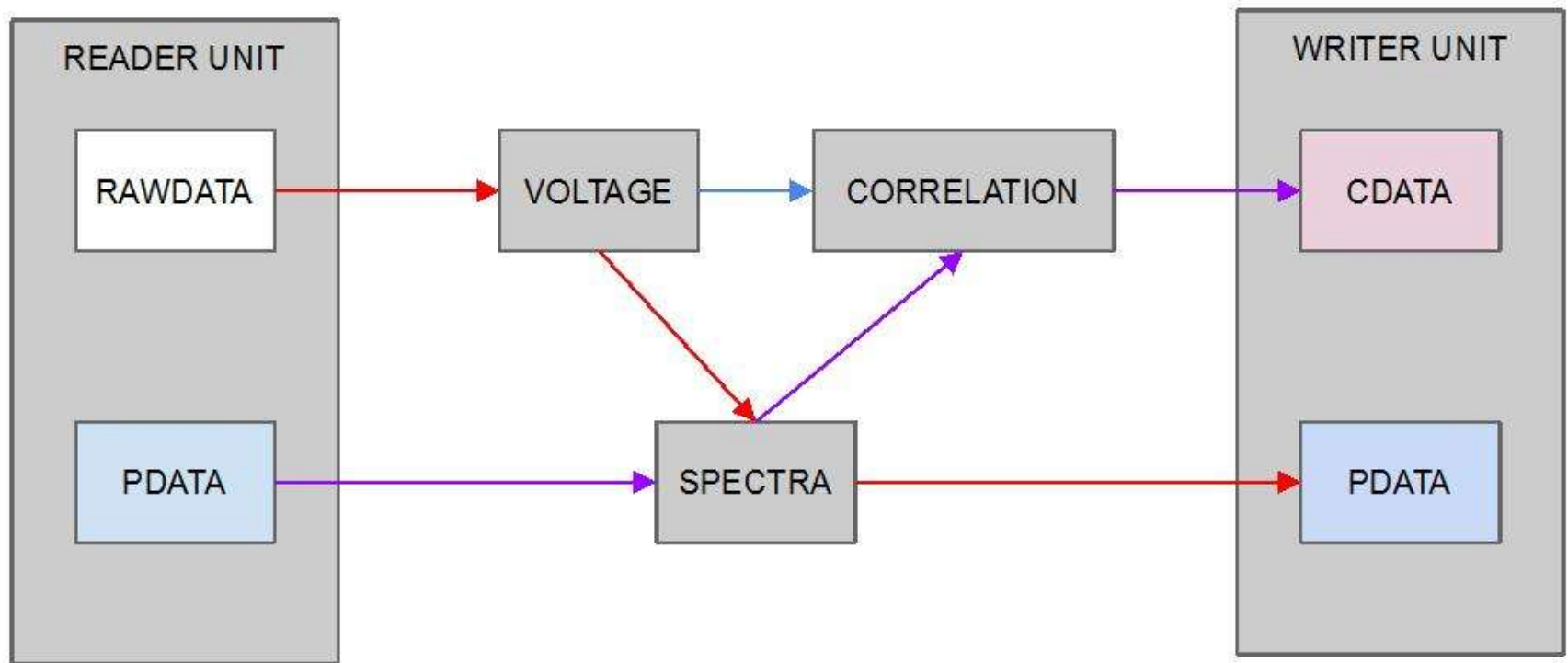


Figura 5. Interacción de clases en Signal Chain (SC)



Ramas de Procesamiento

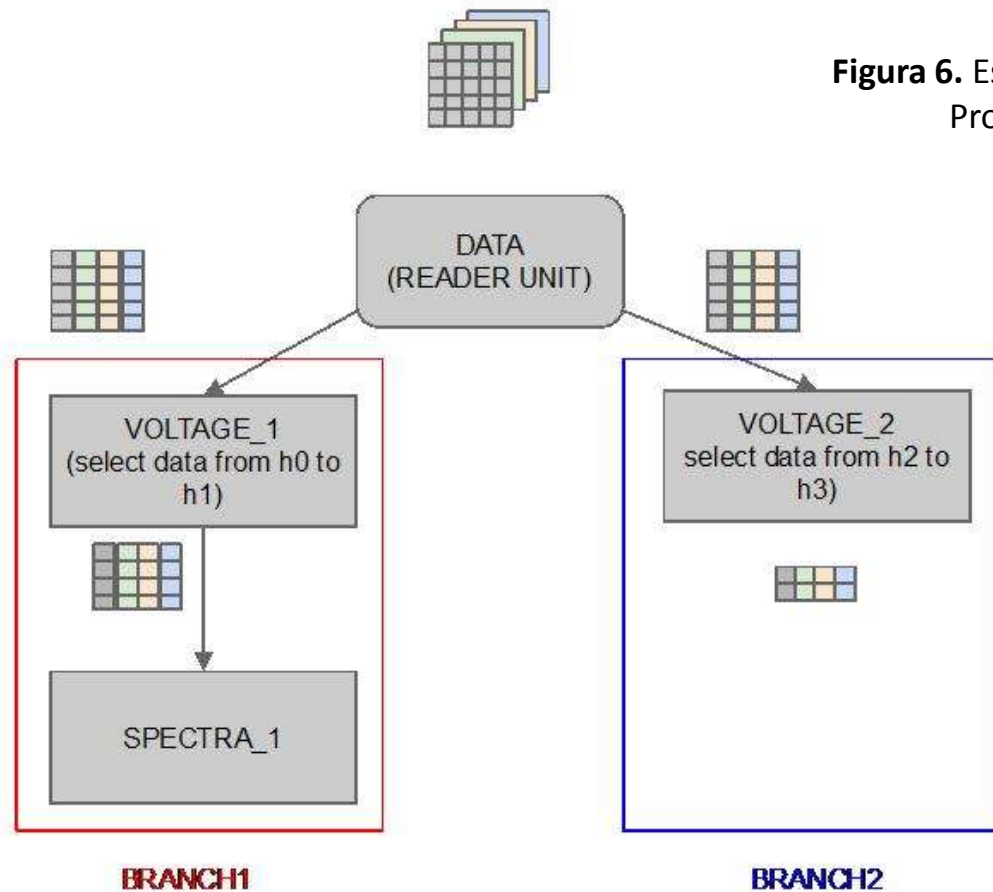


Figura 6. Esquema de Ramas de Procesamiento en SC



Librerías Fase I

I. Integraciones Coherentes e Incoherentes

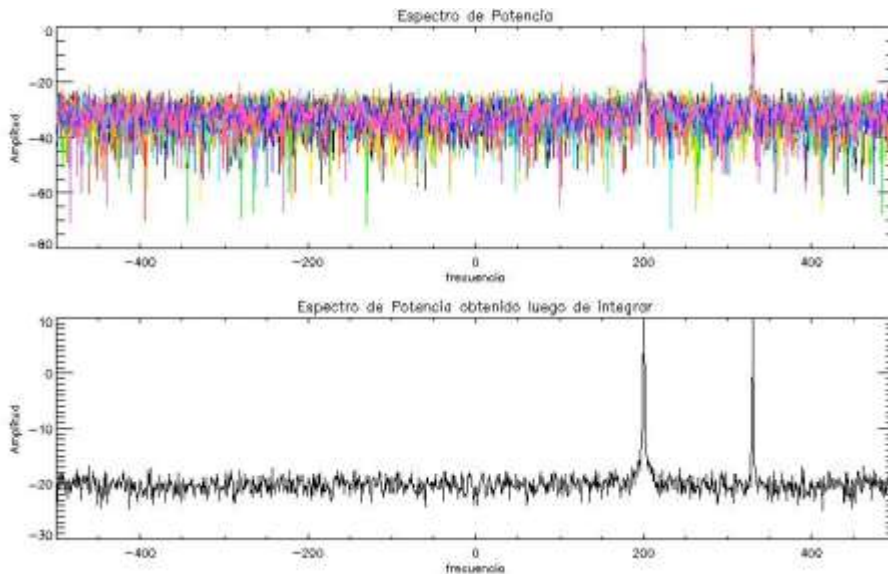


Figura 7. Resultado de la Integración Incoherente

II. Remoción de Interferencias y DC

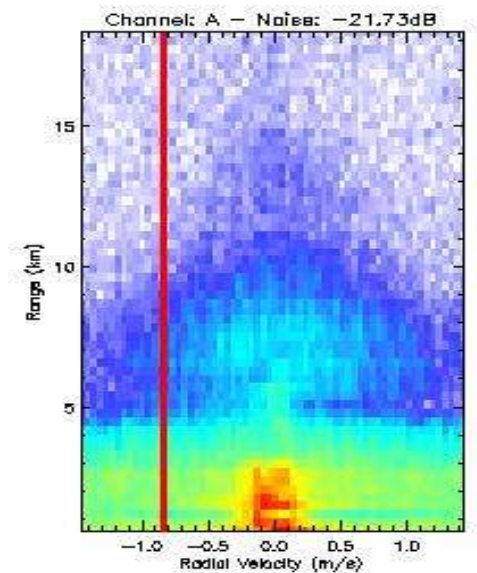


Figura 8. Interferencia en el Espectro



Librerías Fase I

III. Codificación y decodificación

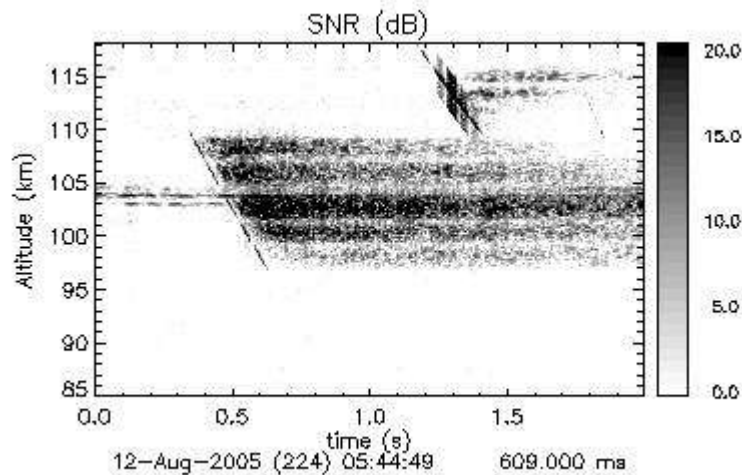


Figura 9. Señal sin decodificar

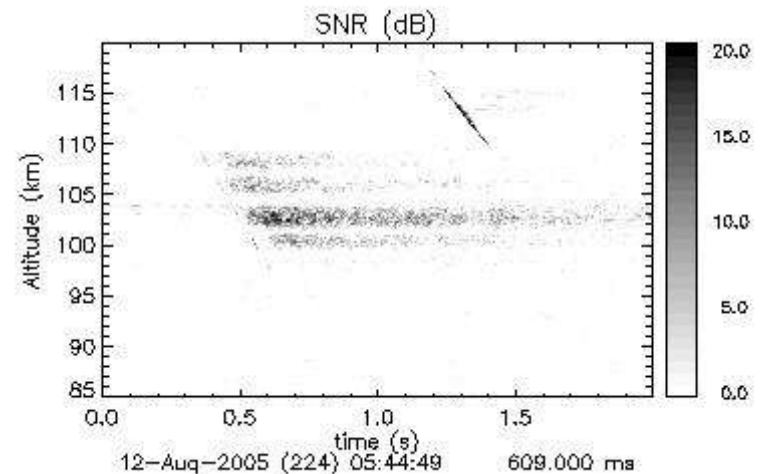


Figura 10. Señal decodificada

- La Potencia transmitida es proporcional con el Ancho del Pulso
- Para aumentar el detectabilidad de los ecos, es necesario mayor potencia
- Para aumentar la resolución en alturas, es necesario un menor ancho de pulso



Librerías Fase I

IV. Gráficos

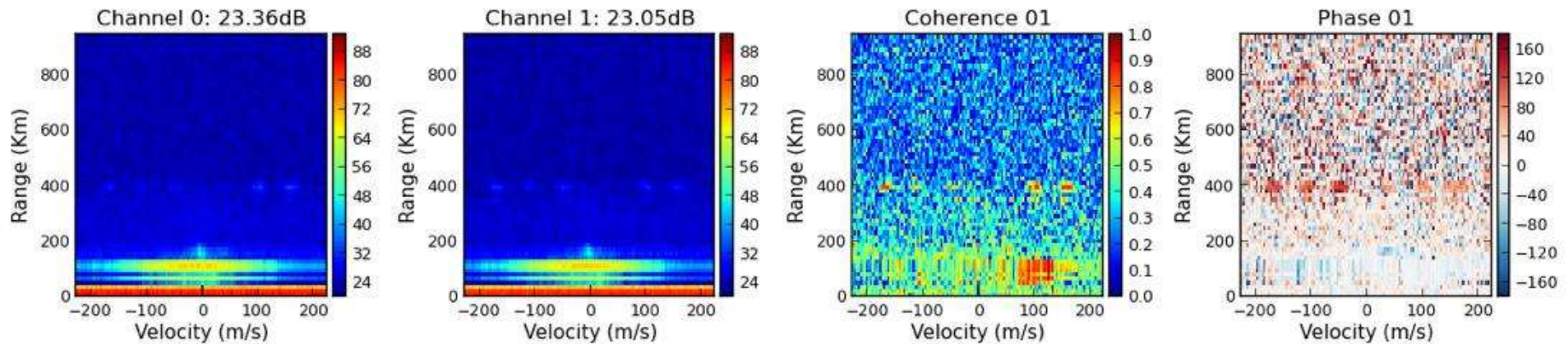


Figura 11. Gráfico de Espectros

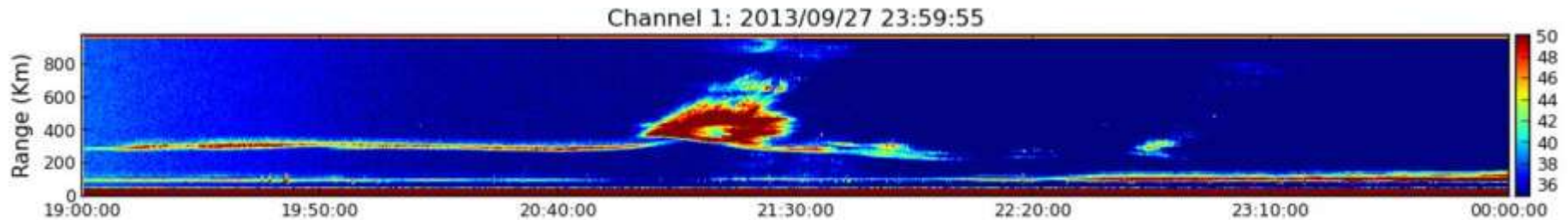


Figura 12. Gráfico RTI



Experimentos Fase I

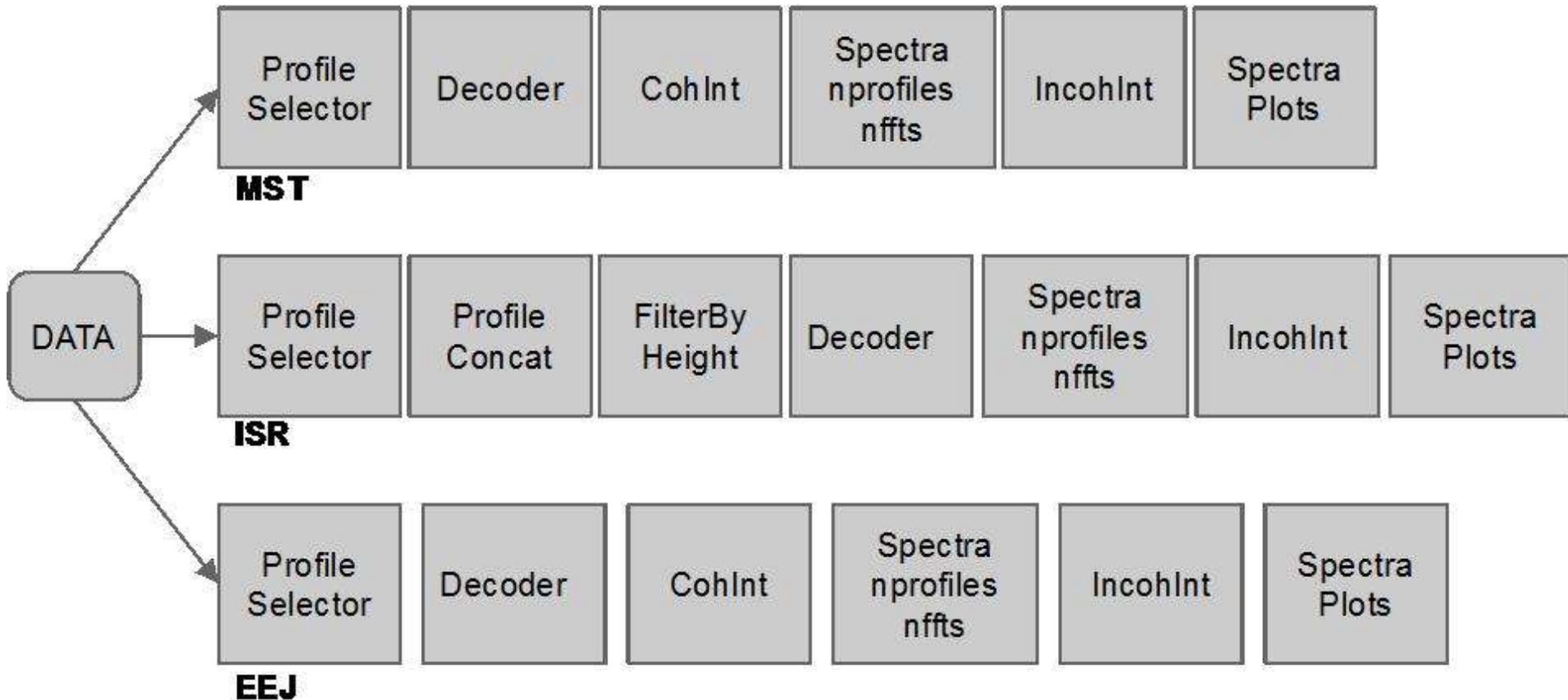


Figura 13. Diagrama de bloques de experimento MST-ISR-EEJ



Librerías Fase II

I. Perfilador de Vientos

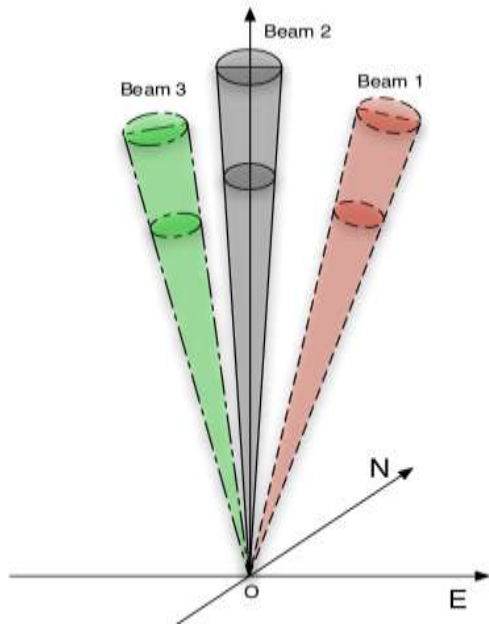


Figura 14. Doppler Beam Swinging

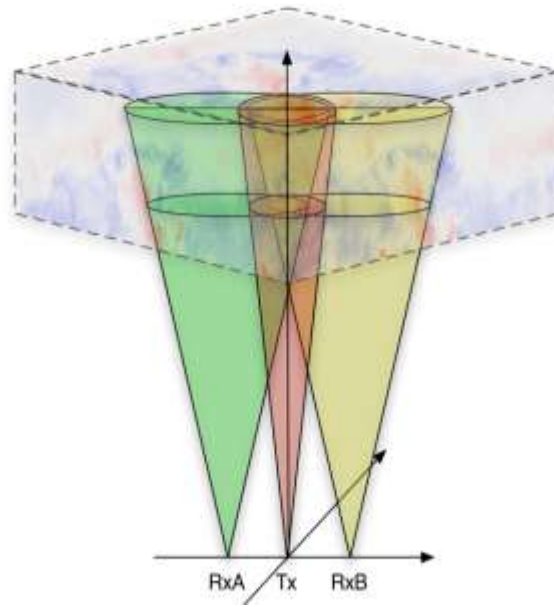


Figura 15. Spaced Antenna

- Estimaciones de vientos de neutros atmosféricos (0-100 km) en sus tres componentes vectoriales: zonal, meridional y vertical.
- Dos métodos implementados:
- DBS, utiliza tres o más beams no coplanares.
- SA, requiere un transmisor y dos o más receptores estrechamente espaciados.



Librerías Fase II

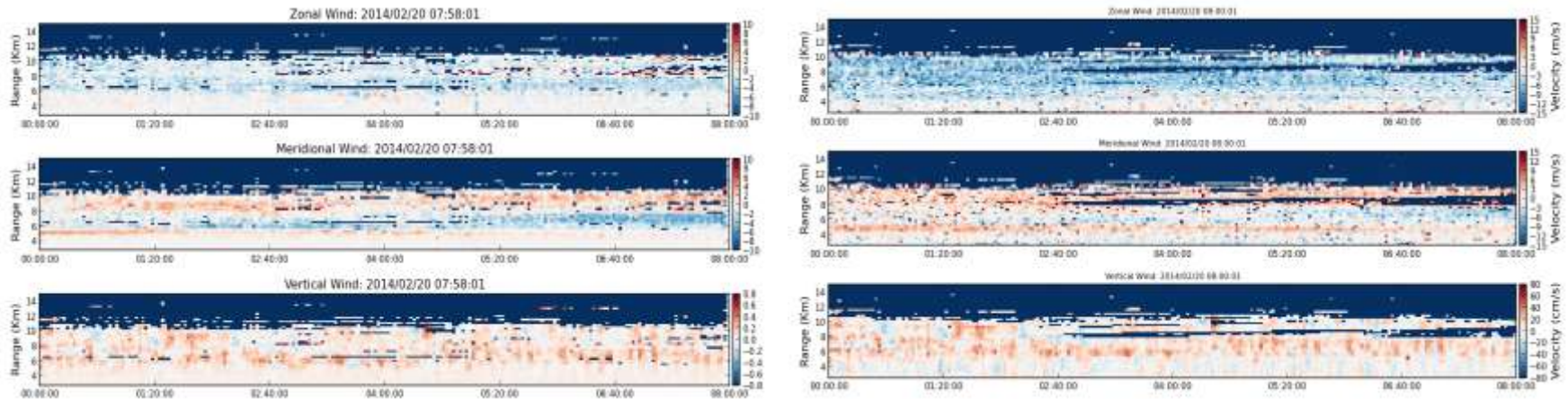


Figura 16. Resultados experimento día 20-02-2014, DBS (izquierda) y SA (derecha)

- Campaña de validación los días 19 y 20 de Febrero 2014
- Se hizo toma de datos con configuracion DBS y SA alternadamente



Librerías Fase II

II. Detección de Meteoros

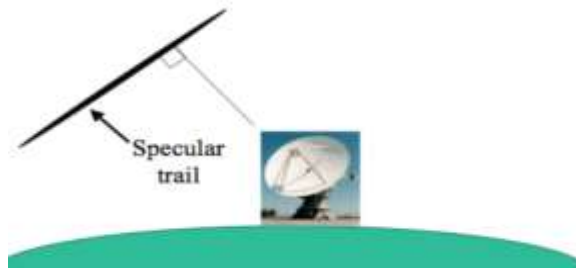


Figura 17. Meteoro Especular

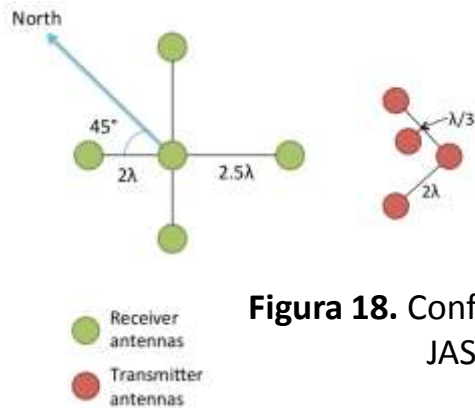


Figura 18. Configuración de JASMET

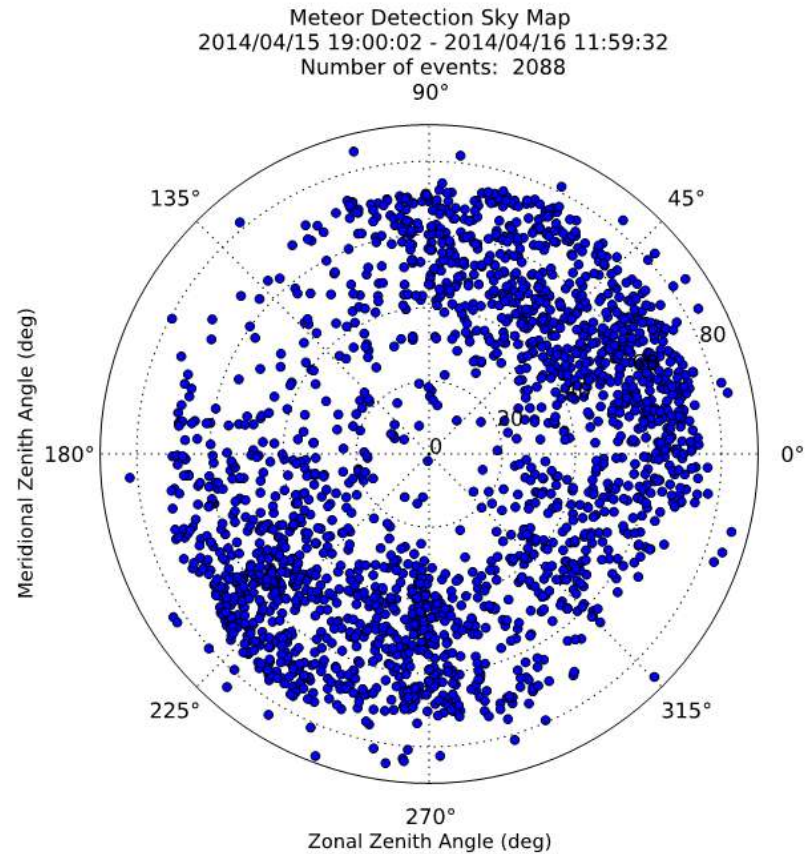


Figura 19. Sky Map



Librerías Fase II

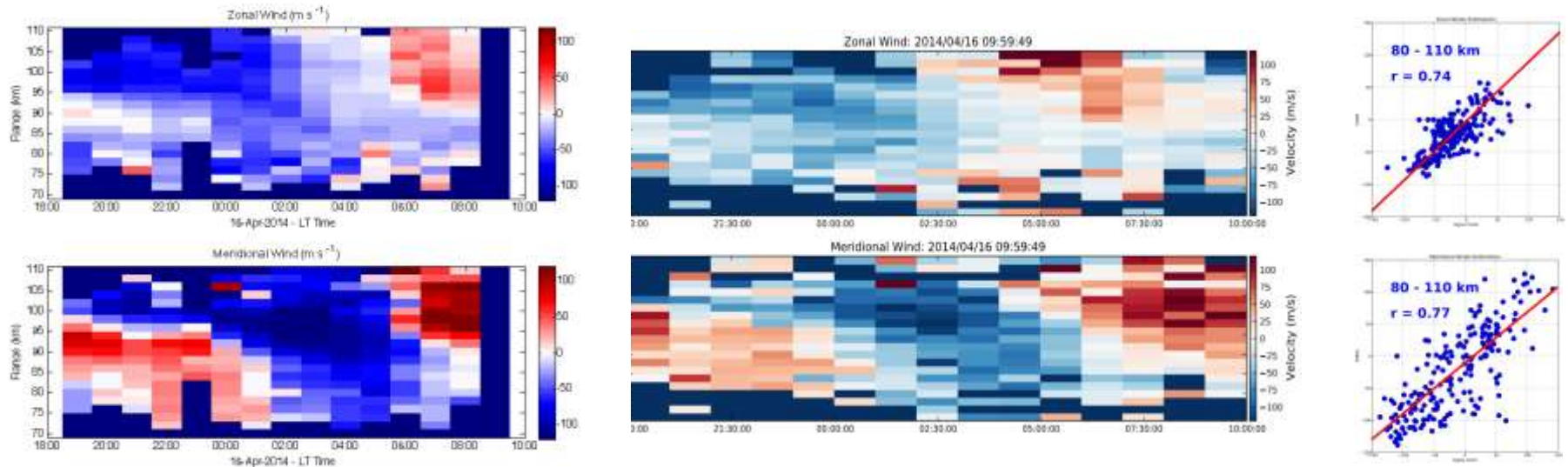


Figura 20. Resultados experimento día 16-04-2014, EMDR (izquierda), SC (medio) y Scatter Plots (derecha)

- Campaña de validación los días 15 y 16 de Abril 2014
- Con los meteoros detectados, se procedió a realizar estimaciones de vientos.
- Se comparó los resultados con los obtenidos con el software Enhanced Meteor Detection Radar (EMDR) de ATRAD Pty Ltd.



Librerías Fase II

III. East West Ionospheric Drifts

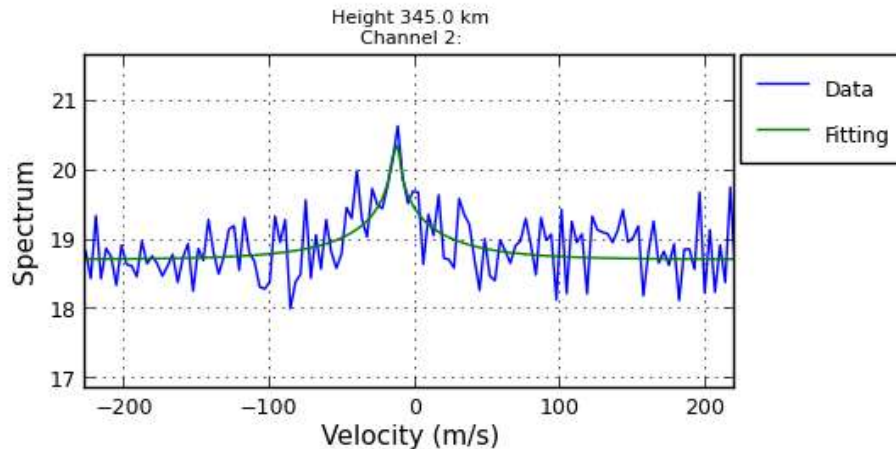


Figura 21. Ajuste Espectral

$$f(\mathbf{m}) = \sum_{i=1}^m \left(\frac{G(\mathbf{m})_i - d_i}{\sigma_i} \right)^2$$

Fórmula 1. Ecuación a minimizar en el Ajuste Espectral

- Las estimaciones de velocidades de drifts de plasma ionosféricos constituye el principal uso de radares de dispersión incoherente.
- Se tienen dos beams apuntando hacia el Este y otros dos al Oeste, perpendiculares al campo magnético
- Se realiza un ajuste Espectral para obtener velocidades doppler.



Librerías Fase II

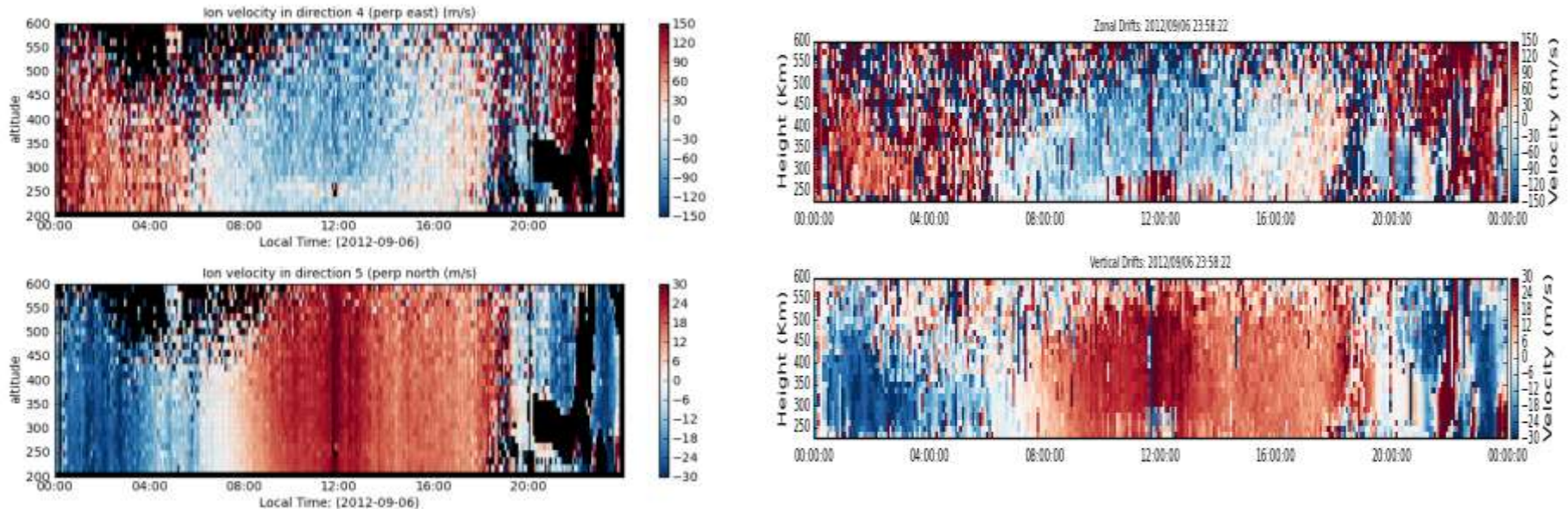


Figura 22. Primeros resultados experimento día 06-09-2012, Madrigal (izquierda), SC (derecha)

- Campaña de validación del 4 al 7 de Setiembre 2012
- Se realizaron estimaciones de drifts para las direcciones zonal y vertical
- Se comparó los resultados con los almacenados en la base de datos Madrigal, los cuales fueron obtenidos con librerías desarrolladas en IDL



Conclusiones

- El proyecto Signal Chain es un software que funciona como herramienta de procesamiento de datos para el Radio Observatorio de Jicamarca.
- El uso de herramientas de software libre como Python y Eclipse han sido una poderosa ayuda, así como el soporte brindado por la comunidad de software libre.
- El diseño flexible del software permitió, en su primera etapa, el procesamiento de datos de diferentes experimentos como el MST-ISR-EEJ.
- El mismo diseño ha permitido el desarrollo de diversos módulos destinados a realizar algoritmos más avanzados como los requeridos en Perfilador de Vientos, Meteoros, Drifts.
- Las validaciones han permitido mejorar y evaluar el verdadero desempeño de las librerías desarrolladas.



Referencias

- Balsey, Ben (1981). The MST technique - a brief review. Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics, 43(5/6).
- Briggs, B.H. (1984). The analysis of spaced sensor records by correlation techniques. International Council of Scientific Unions Middle Atmosphere Program, Vol. 13, pp. 166-186.
- Holdsworth, D.A., I.M. Reid y M.A. Cervera, (2004). Buckland Park all-sky interferometric meteor radar. Radio Science, 39 (5).
- Jones, J., A.R. Webster y W.K. Hocking (1998). An improved interferometer design for use with meteor radars. Radio Science, 33(1).
- Kudeki, E., S. Bhattacharya y R. Woodman (1999). A new approach in incoherent scatter F region ExB drift measurements at Jicamarca. Journal of Geophysical Research: Space Physics, Vol. 104.
- Suárez, D. (2013). Signal Chain: Reporte 2013. Radio Observatorio de Jicamarca, Lima, Perú.
- Scipión, D. (2011). Characterization of the Convective Boundary Layer through a combination of Large-Eddy Simulations and a Radar Simulator (Grado de Doctor). Norman, Oklahoma. University of Oklahoma, School of Electrical and Computer Engineering, 2011, pp. 43-48.

