



Atacama  
Large  
Millimeter /  
submillimeter  
Array

Proyecto de práctica profesional

# Interferómetro de dos antenas

Louise Dauvin Gutiérrez

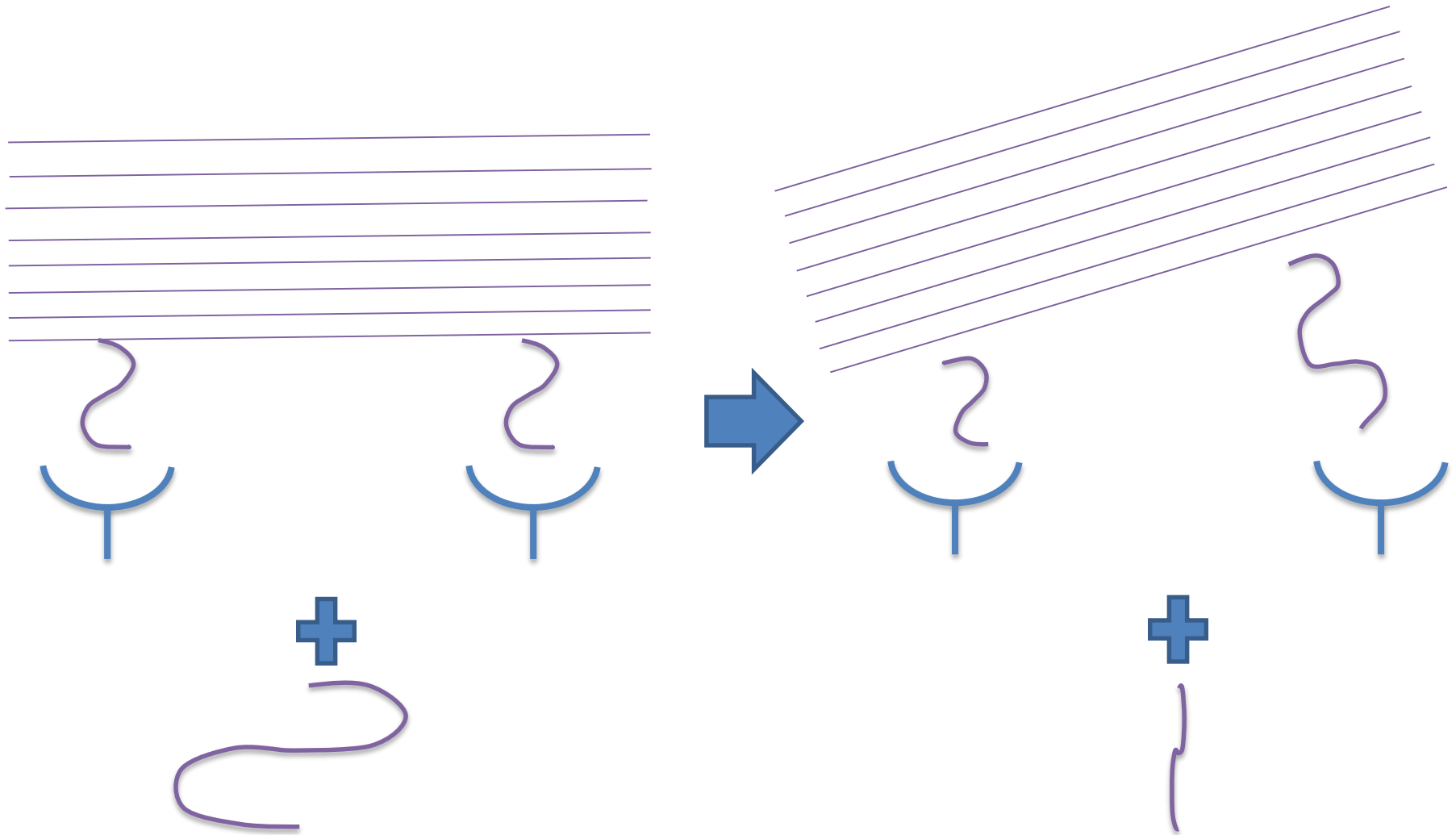
Febrero 2016

# Objetivos

- Desarrollo de interferómetro de bajo costo para fines educativos
- Implementación de hardware y software del dispositivo
- Medir el diámetro angular de una fuente extendida a través del instrumento

# Fundamento científico

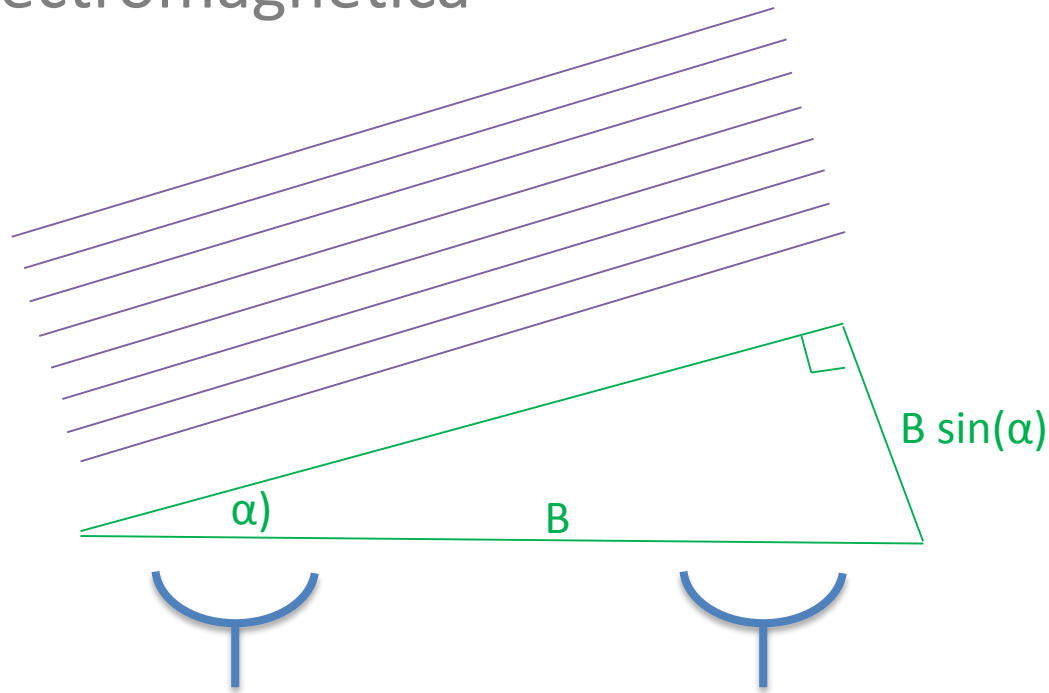
## Interferometría



-Interferencia constructiva y destructiva

# Fundamento científico

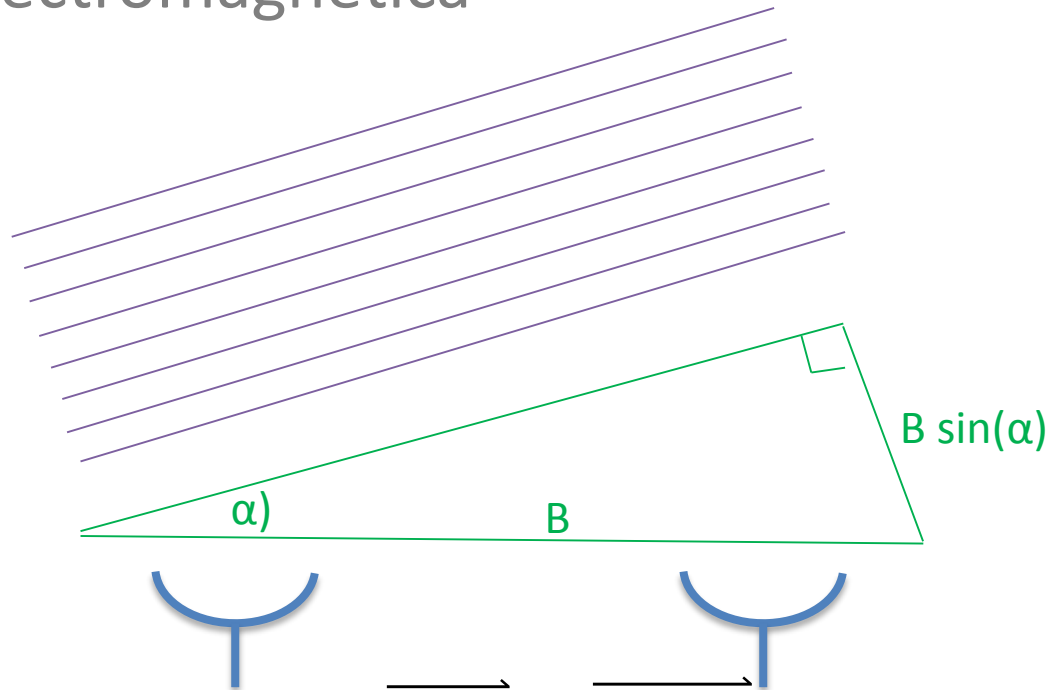
## Radiación electromagnética



- Ecuaciones de Maxwell:  $\vec{E}(t) = \vec{E}(\theta_0)\cos(2\pi\nu t)$
- Potencia de la suma de señales  $P(t) = \langle \overline{E_{total}(t)}^2 \rangle$

# Fundamento científico

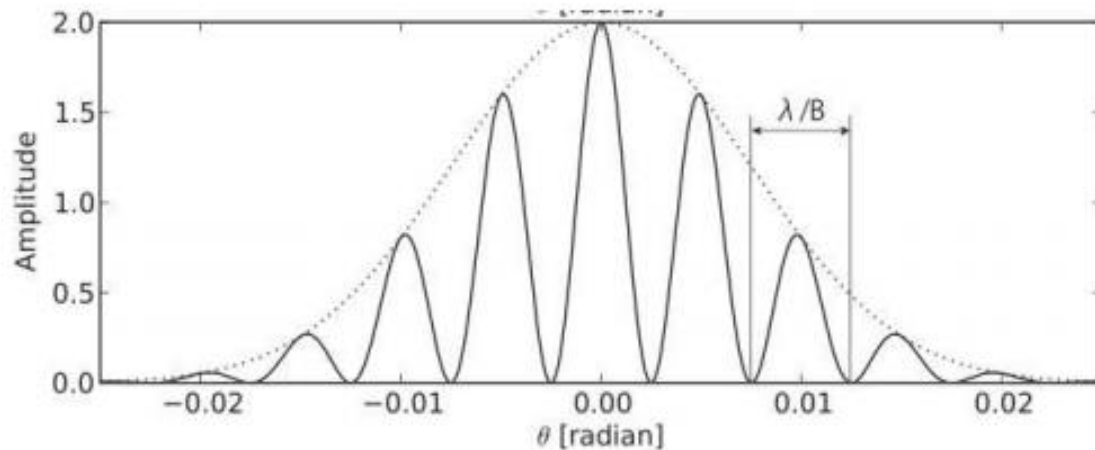
## Radiación electromagnética



- Ecuaciones de Maxwell:  $\vec{E}(t) = \vec{E}(\theta_0)\cos(2\pi\nu t)$
- Potencia de la suma de señales:  $P(t) = \langle \overline{E_{total}(t)}^2 \rangle$
- Objeto extendido -> varias fuentes puntuales-> integración = FT de densidad de energía

# Fundamento científico

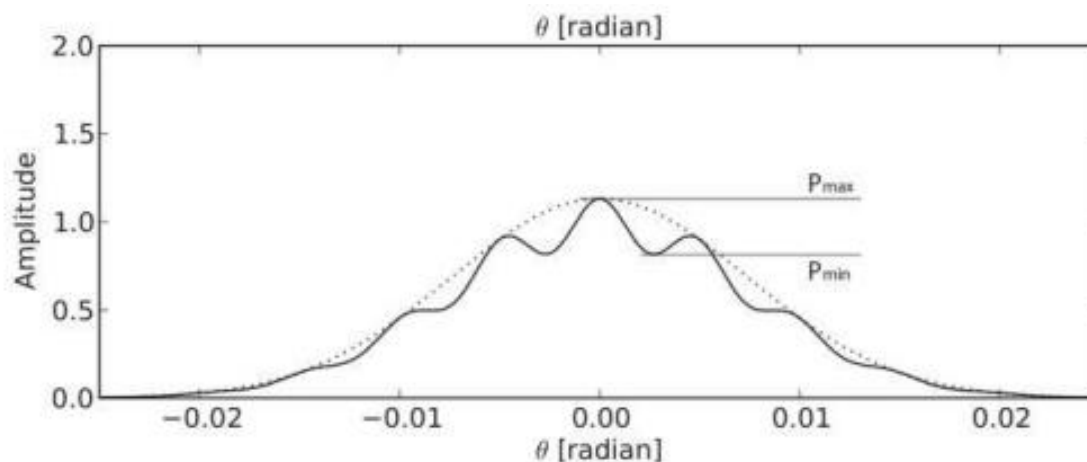
## Función de visibilidad



$$V = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_{max} + P_{min}} = \text{sinc} \left( \pi \frac{B}{\lambda} \Theta \right)$$

↓ Taylor

$$\Theta \approx \frac{\sqrt{6} \lambda}{\pi B} \sqrt{1 - V}$$

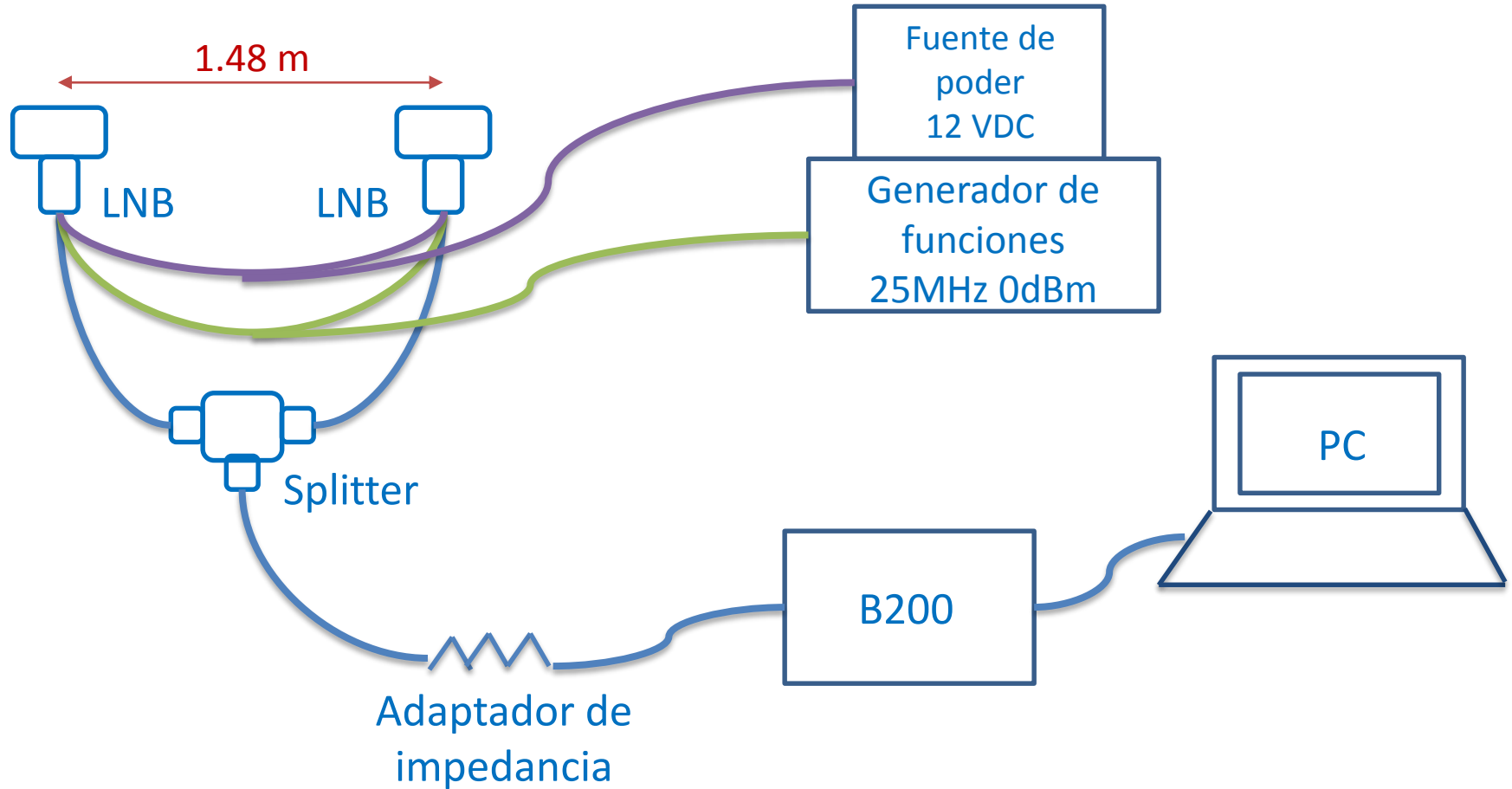


$$v_{sol} = \frac{\lambda/B}{t} = v_{sol \max} \cos(dec)$$

Tomada de: <http://astro.sunysb.edu/>

# Hardware

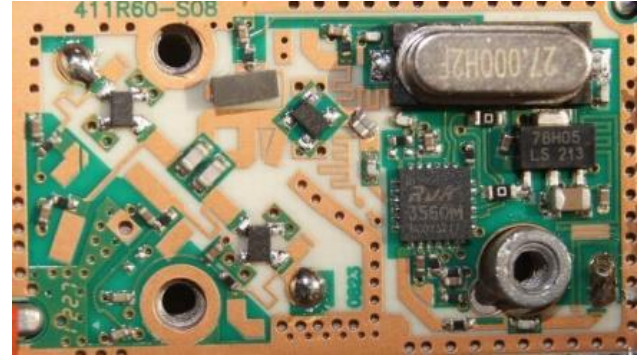
## Esquema general



# Hardware

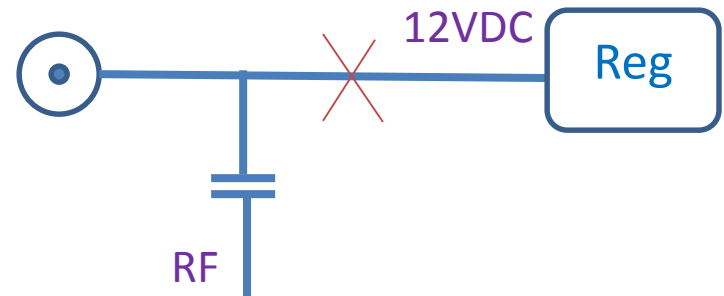
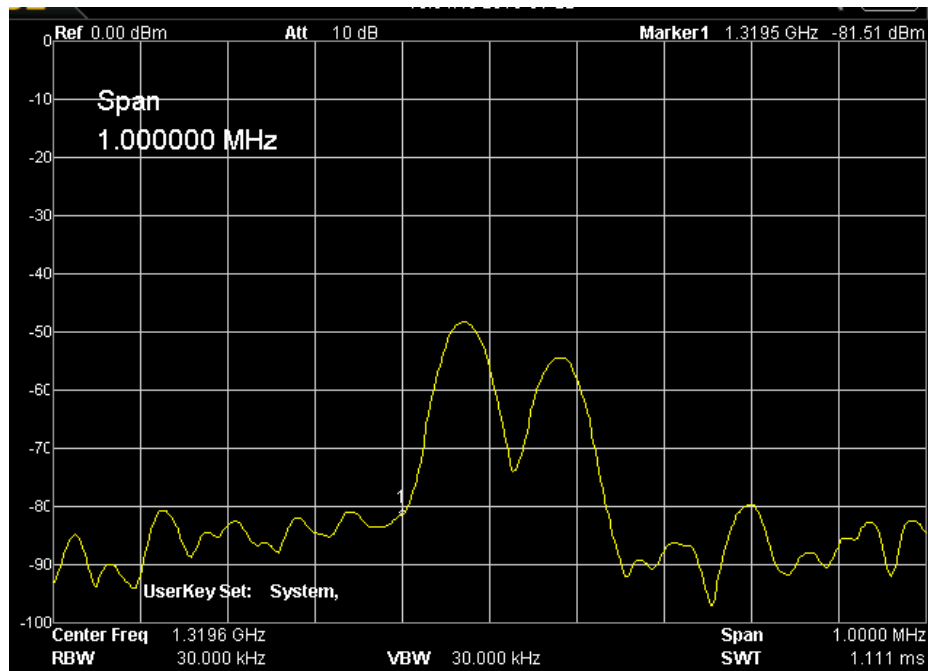
## LNB- Low Noise Block

- Oscilador local de 25MHz
- Evitar bias tee



Tomada de:

<http://members.inode.at/576265/rainradar.html>

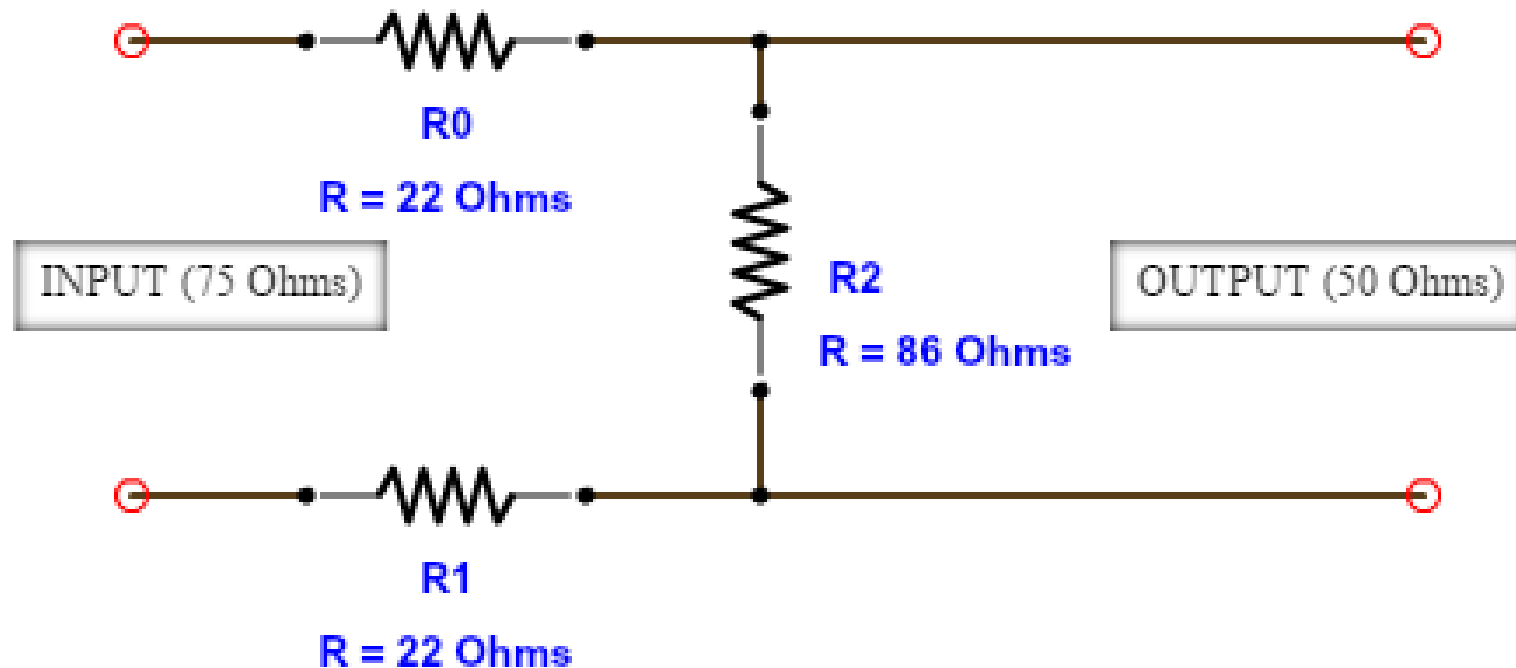




# Hardware

## Adaptador de impedancia

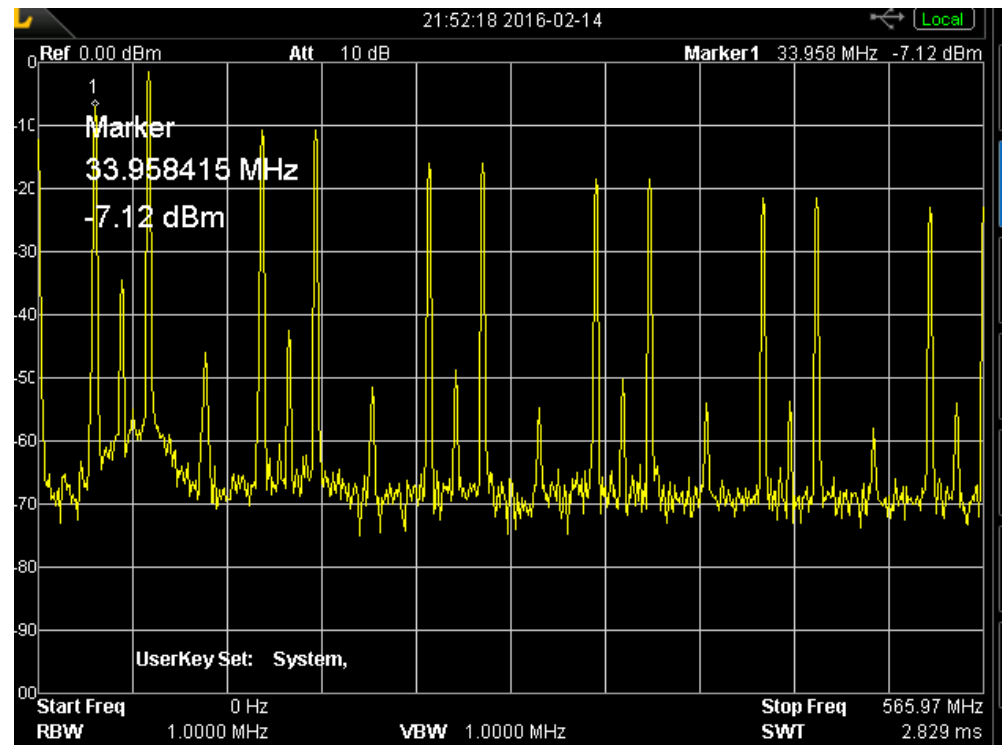
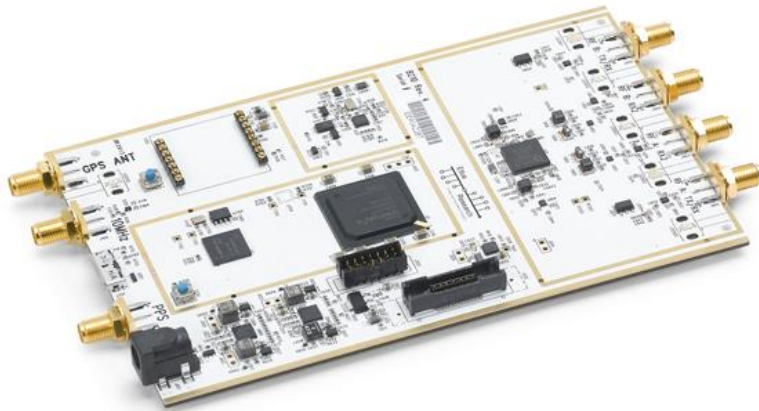
- Atenuación: 5.7 dBm



# Hardware

## FPGA-B200

- Cobertura de RF: 70 MHz – 6 GHz
- Frecuencia de salida mínima: 34MHz, 50MHz
- Tasa de muestreo / Ancho de banda:
  - 'O' - Overrun ~5M
  - 'U' - Underrun ~7M



# Software

## GNU Radio

- Librería para Python
- Open source
- Especializada en hardware para señales de radio
- GNU Radio Companion



# Software

## Adquisición de datos

Datos de  
FPGA B200  
Rx  
USRP source



Complejos

Sub-muestreo



Complejos

FFT



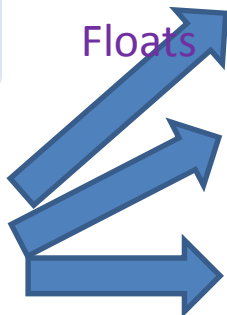
Floats

$|FFT|^2$



Floats

Promedio



File sink

Integración

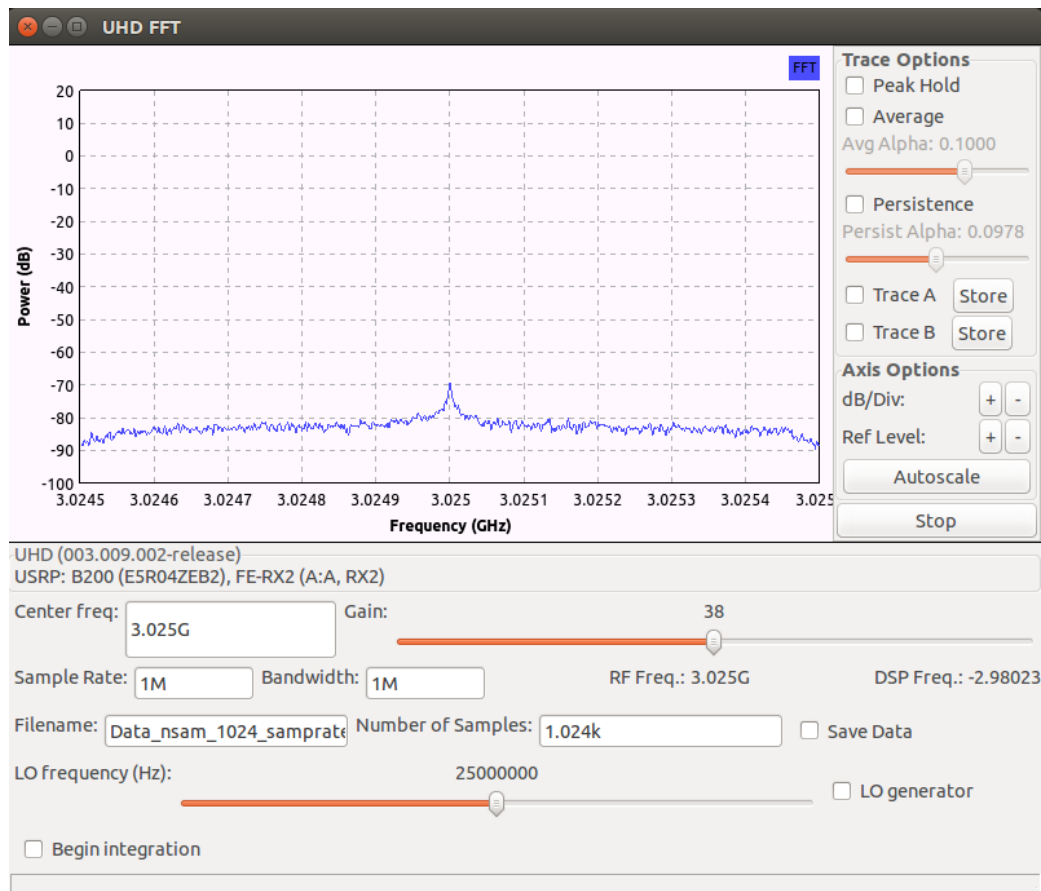
Log

Floats

File sink [mW]

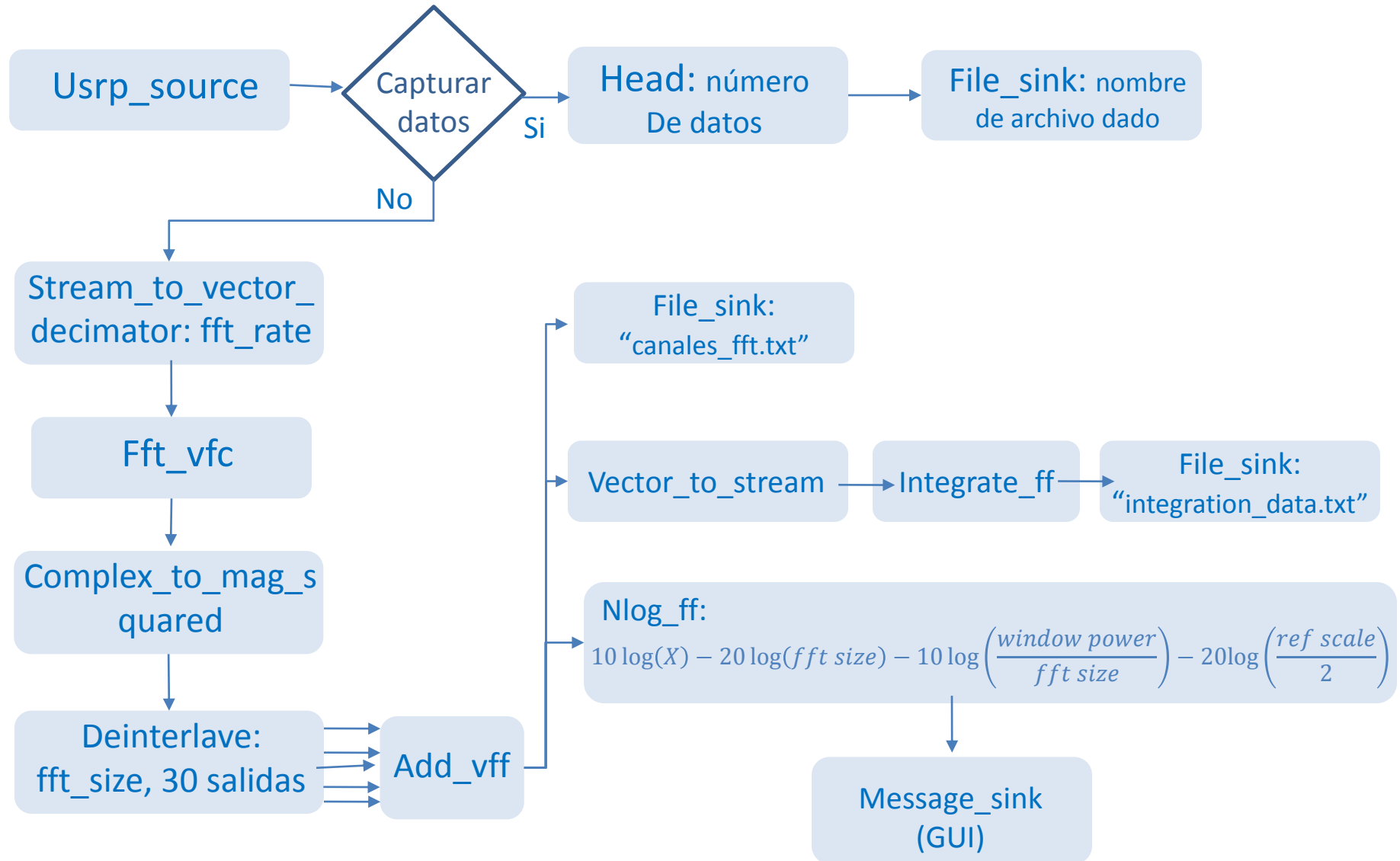
Floats

Interfaz gráfica [dBm]



# Software

## Detalle de bloques



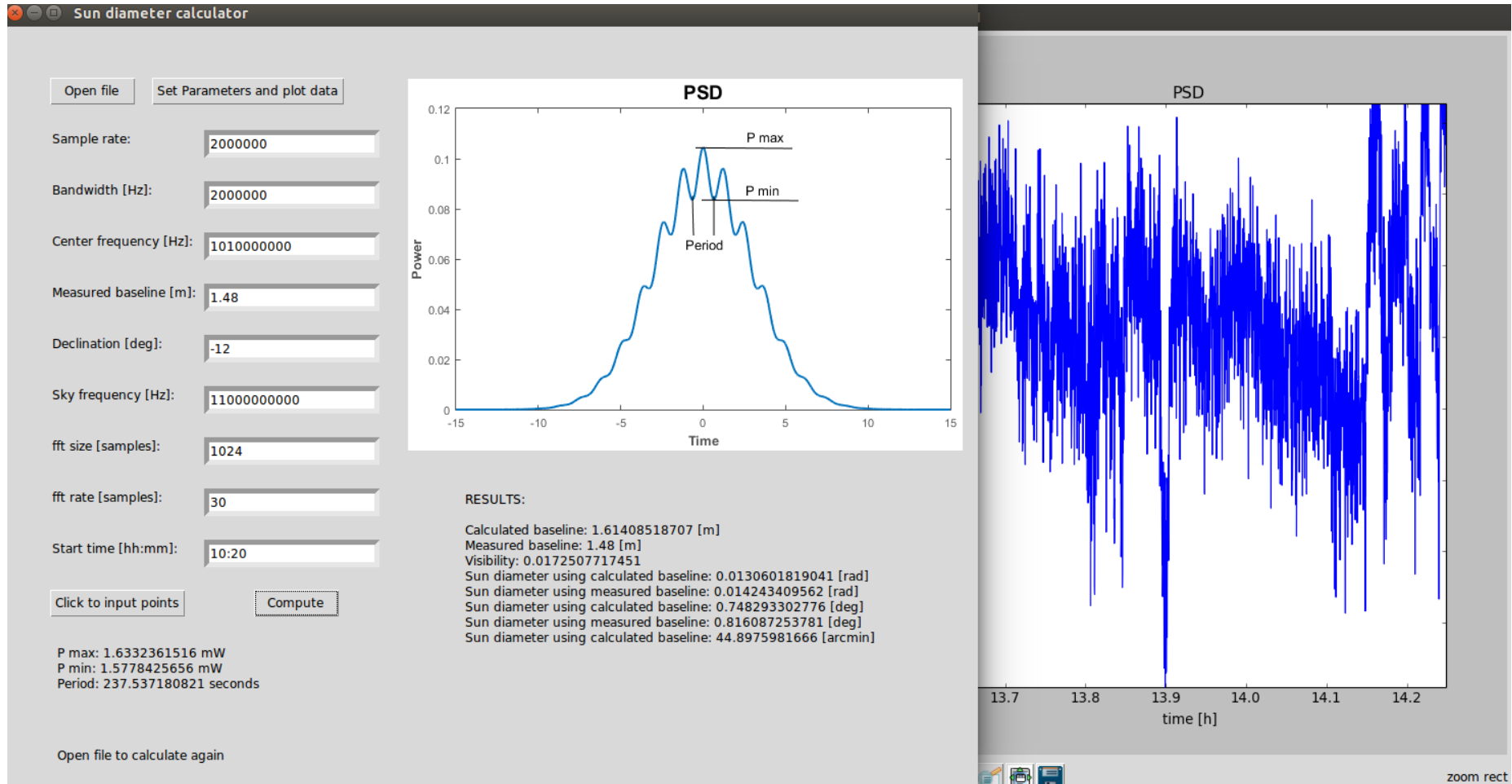
# Software

## Parámetros

- Frecuencia central
- Ancho de banda
- Tasa de muestreo
- Ganancia
- FFT size
- FFT rate

# Software

## Análisis de datos

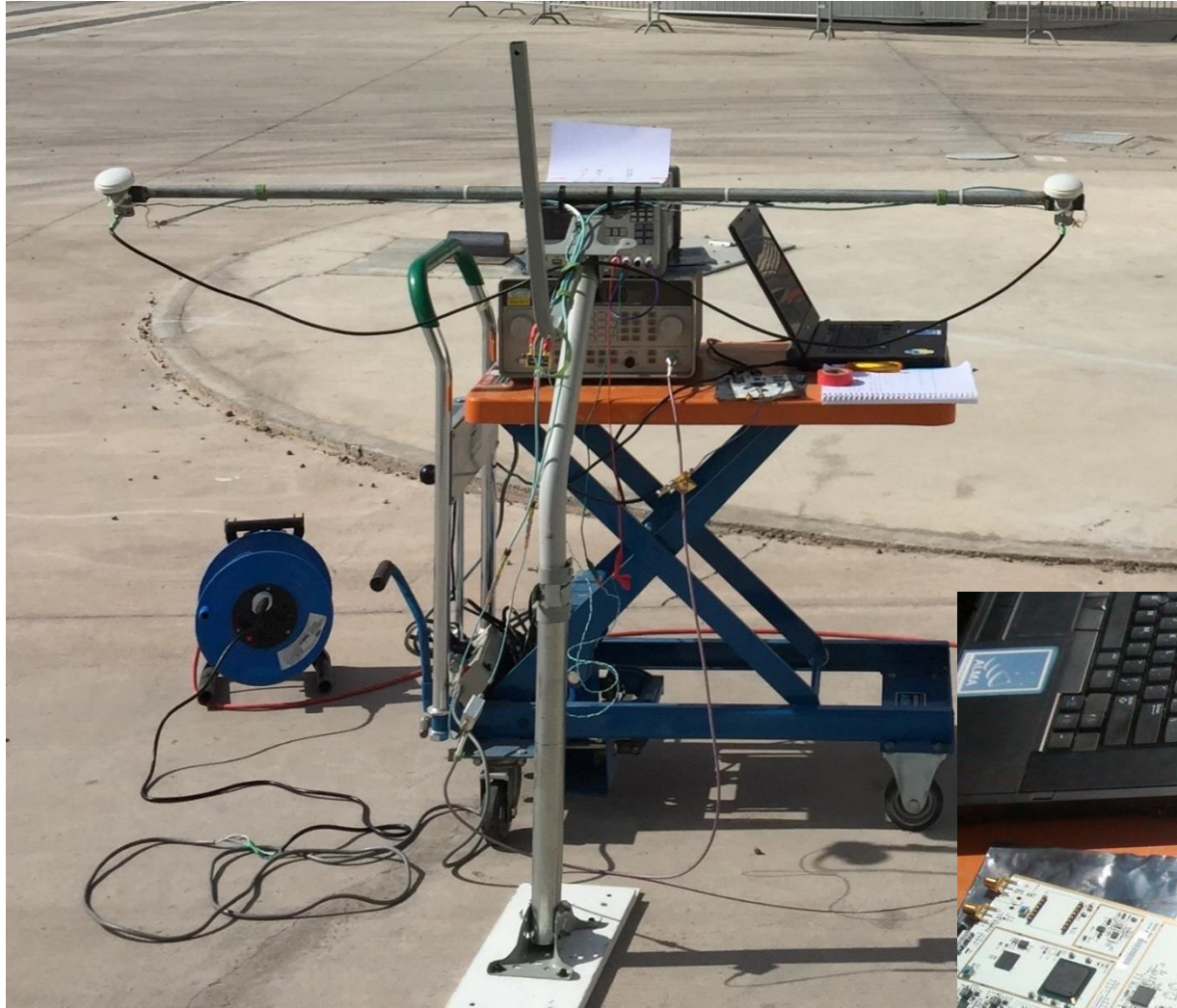


-Datos binarios – Little endian

-python offline\_proc\_gui.py / python offline\_proc.py

# Montaje

## Hardware - Setup



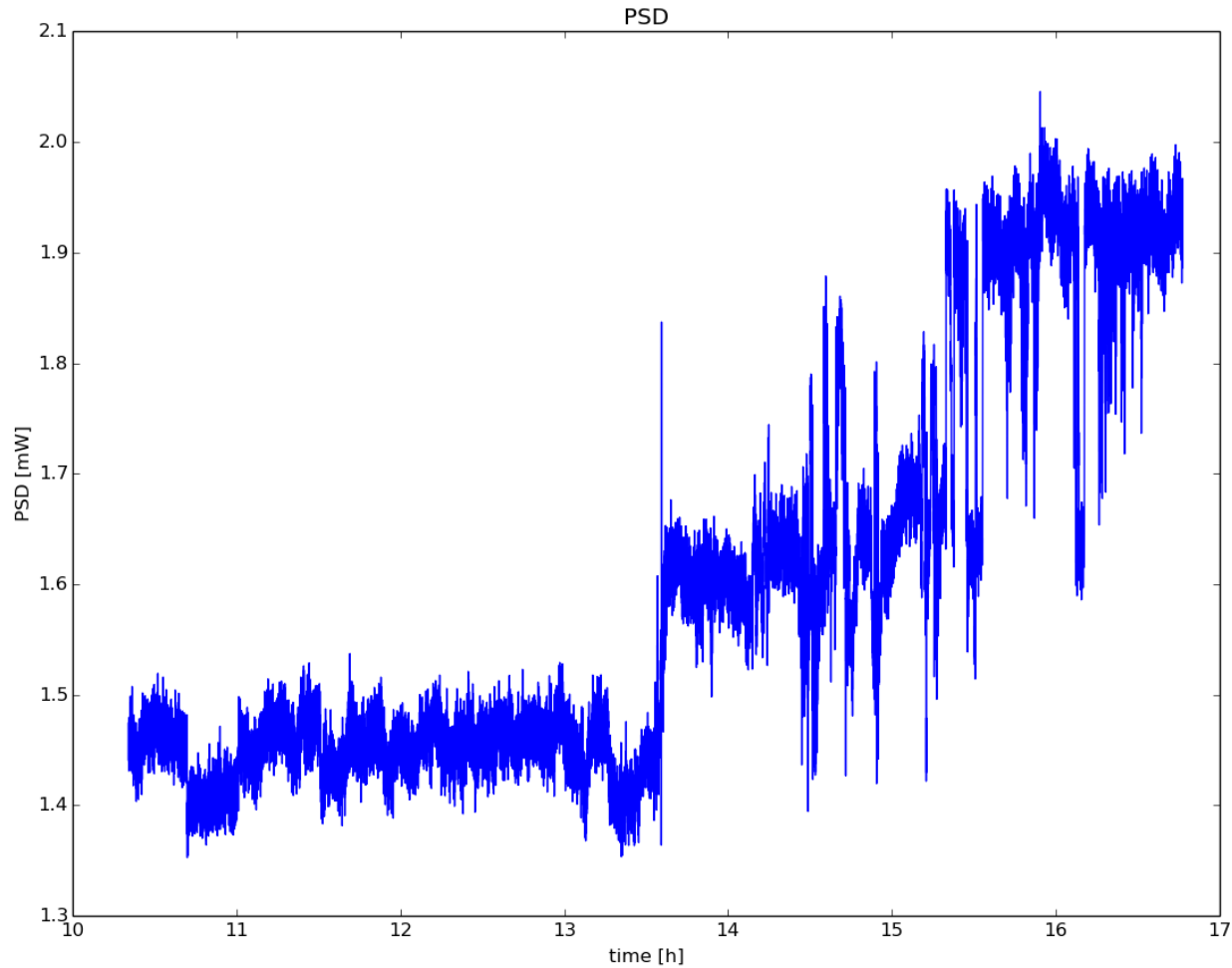
- Alineación E-O
- Elevación  $\sim 77^\circ$

<http://www.sunearthtools.com/>





# Resultados



Frecuencia central: 1.01GHz

Ancho de banda: 2MHz

Tasa de muestreo: 2Msamp/s

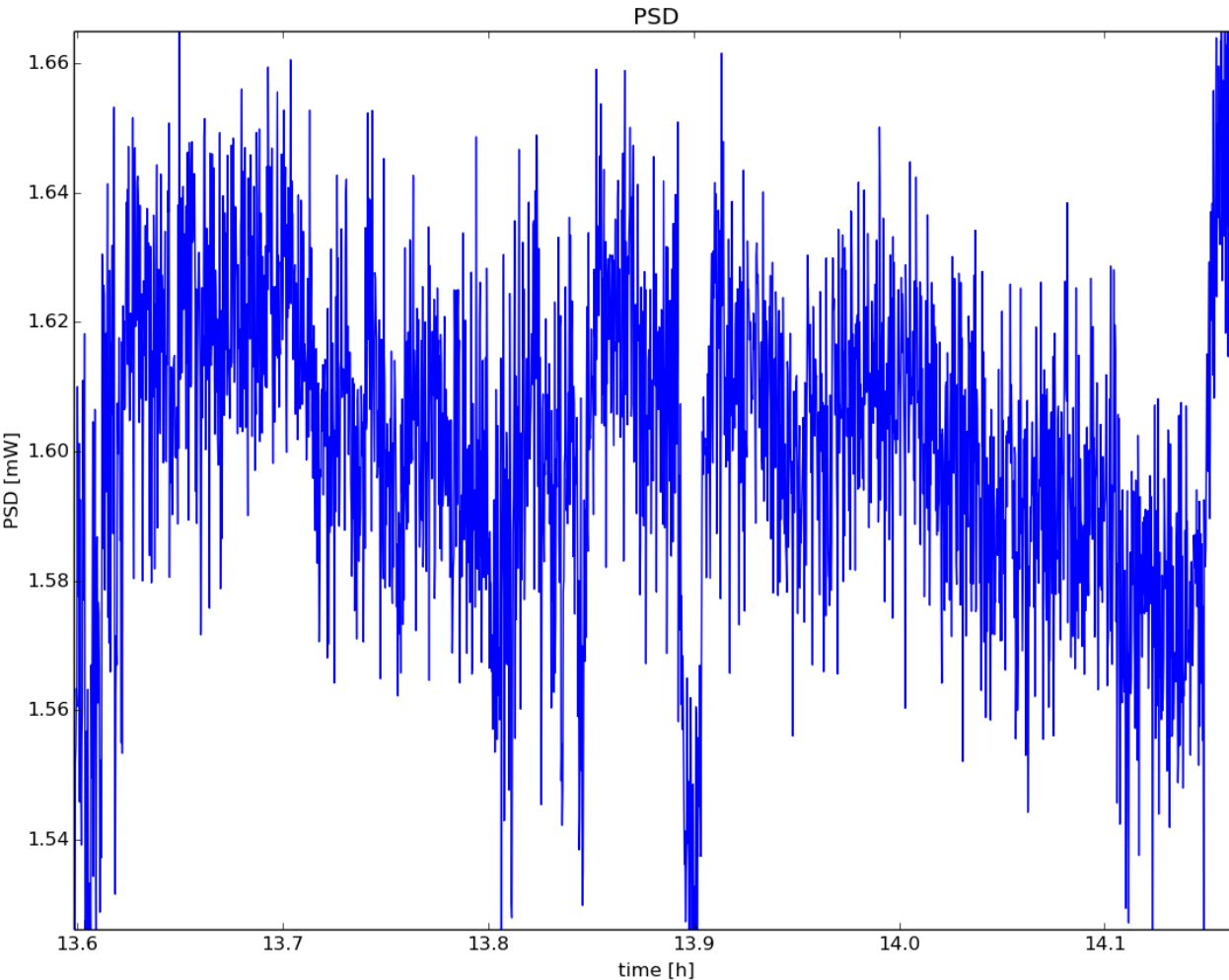
Ganancia: 38

FFT size: 1024 samp

FFT rate: 30 fft/s

# Resultados

## Medición 2



Pmax= 1.63 mW

Pmin: 1.58 mW

Periodo=  $\lambda/B$ : 237.54 s

Baseline calculada: 1.61 m

Visibilidad: 0.017

Diámetro del sol: 44.9 arcmin

# Conclusiones

- Saltos por ajuste de ganancia en LNB
- Problema si el ajuste de ganancia no es el mismo para ambos LNBs
- Ancho de banda pequeño
- Tasa de muestreo elimina algunas muestras
- Temperatura FPGA

# Pasos a seguir

- Diseñar circuito para generar LO a partir de cristales de cuarzo. Eliminar generador de funciones
- Determinar si el ajuste de ganancia es el mismo para ambos LNBS
- Programar un barrido en frecuencia para generar un ancho de banda mayor
- Determinar si es posible independizar el ancho de banda de los datos y la tasa de muestreo
- Guardar el tiempo en que se adquiere cada muestra



Atacama  
Large  
Millimeter /  
submillimeter  
Array

Proyecto de práctica profesional

# Interferómetro de dos antenas



Louise Dauvin Gutiérrez

