



## Tercera Red de Monitoreo

Equipo ANE



Universidad Nacional de Colombia  
Signal Processing and Recognition Group - SPRG

October 1, 2024



# Preparación del Equipo - Antenas

## ■ Antenas:

- Toagle Antenna: Área efectiva  $A_e = \frac{\lambda^2 G}{4\pi}$



- ANT 500 Antenna:





# Preparación del Equipo - Transmisor, Receptor y Software

- **Transmisor:** USRP B200 mini.



- **Receptor:** HackRF One.

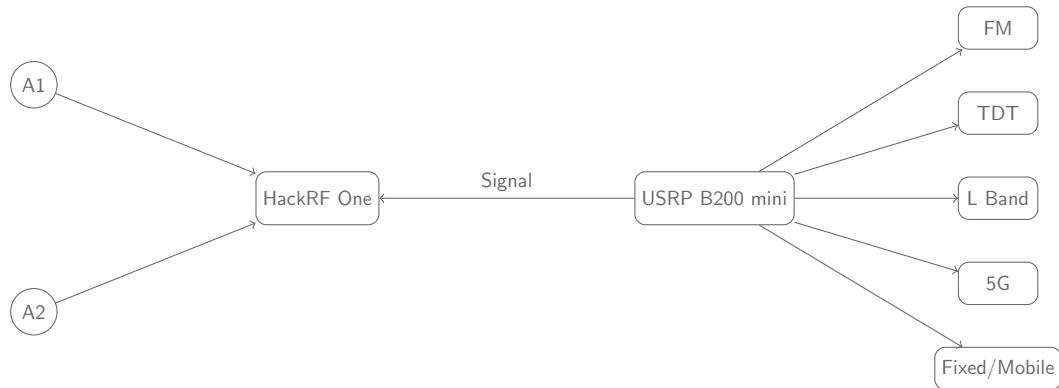


- **Software:** Python para control de transmisión/recepción.



# Configuración del Sistema

- 1 Conectar las antenas al HackRF One.
- 2 Configurar el USRP B200 mini con Python para transmitir en las siguientes bandas:
  - Servicios Fijos y Móviles
  - FM (88-108 MHz)
  - TDT (470-790 MHz)
  - Banda L (1-2 GHz)
  - 5G (hasta 3.5 GHz)
- 3 Configurar HackRF One para recibir en las frecuencias correspondientes.





# Procedimiento de Medición

- **Calibración inicial:** Medición de señal de referencia.
- Captura de datos con HackRF One en cada banda.
- Registro de intensidad de campo eléctrico con dispositivo manual.
- Cálculo de potencia en dBm con la ecuación:

$$P_{dBm} = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{mW}}{1mW} \right)$$

- $\eta = 377$  ohmios (impedancia del espacio libre).



center				
Index	Emisora	Frecuencia (MHz)	Potencia (dBm)	Campo Eléctrico 377 (V/m)
0	Olímpica Stereo	89.7	-9.52	0.2052
1	Radio Nacional de Colombia	90.1	-14.29	0.1185
2	Radio Uno	91.7	-8.21	0.2386
3	La W Radio	92.5	-17.09	0.0858
4	La FM	94.3	-5.90	0.3114
5	Tropicana	95.5	-11.61	0.1612
6	RCN Radio	98.7	-15.02	0.1089
7	La Mega	100.7	-14.27	0.1188
8	Los 40	101.7	- 18.29	0.0748
9	Radio Tiempo	102.7	-15.58	0.1022

**Table:** Datos de las emisoras con sus frecuencias, potencias en dBm y campos eléctricos a 377.

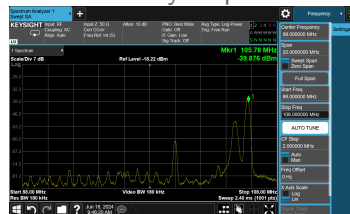
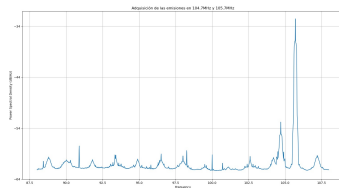


# Validación Experimental

- Uso de analizador de espectro y dispositivo de medición de campo manual.



- Comparación de datos entre HackRF One y dispositivos externos.



- Calibración adicional si se encuentra discrepancia.
- Confirmación de precisión en bandas objetivo.





# Pruebas en Bandas Específicas

## ■ Servicios Fijos y Móviles:

- Cálculo de la distancia mínima usando la fórmula de Fresnel.

$$d = \sqrt{\frac{4\lambda D}{\pi}}$$

donde  $\lambda$  es la longitud de onda y  $D$  es la distancia entre las antenas.

## ■ FM (88-108 MHz):

- Medición en entorno libre de interferencias.

## ■ TDT (470-790 MHz):

- Medición con filtros pasa banda.



# Pruebas en Bandas Específicas

## ■ Banda L (1-2 GHz):

- Uso del modelo de Hata para estimar pérdidas.

$$PL(dB) = 69.55 + 26.16 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10}(h_{\text{trans}}) - a(h_{\text{rec}}) + [44.9 - 6.55 \log_{10}(h_{\text{trans}})] \log_{10}(d)$$

donde  $f$  es la frecuencia en MHz,  $h_{\text{trans}}$  y  $h_{\text{rec}}$  son las alturas de las antenas, y  $d$  es la distancia en km.

## ■ 5G (hasta 3.5 GHz):

- Cálculo de la primera zona de Fresnel.

$$r_1 = 17.32 \sqrt{\frac{d}{4f}}$$

donde  $r_1$  es el radio de la zona de Fresnel en metros,  $d$  es la distancia en kilómetros, y  $f$  es la frecuencia en GHz.



# Conclusiones

- El HackRF One es adecuado para mediciones de RF en varias bandas.
- La calibración adecuada asegura mediciones precisas.
- Los resultados son consistentes con dispositivos de medición estándar.
- Este enfoque es aplicable para análisis en FM, TDT, Banda L y 5G.