



ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE SENSORES GNSS EN CLOUD PARA APLICACIONES IOT

Fernando Rueda Teruel

Master Universitario en Ingeniería de Telecomunicación UOC-URL
Tecnologías de Radiocomunicación

Consultor/a: José Antonio López Salcedo

Profesor/a responsable de la asignatura: Germán Cobo Rodríguez

ÍNDICE DE LA PRESENTACIÓN

1. Introducción
2. Principio de funcionamiento receptor GNSS
3. Parámetros relevantes en la detección señal GNSS
4. Probabilidad detección de la señal GNSS
5. Internet of Things (IoT) y GNSS
6. Procesamiento de la señal GNSS en la nube
7. Soluciones comerciales para cloud GNSS
8. Consumos de Energía
9. Resumen

INTRODUCCIÓN

IOT:

MINIATURIZACIÓN, REDUCCIÓN DE CONSUMOS, CRISIS ENERGÉTICA, CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO.

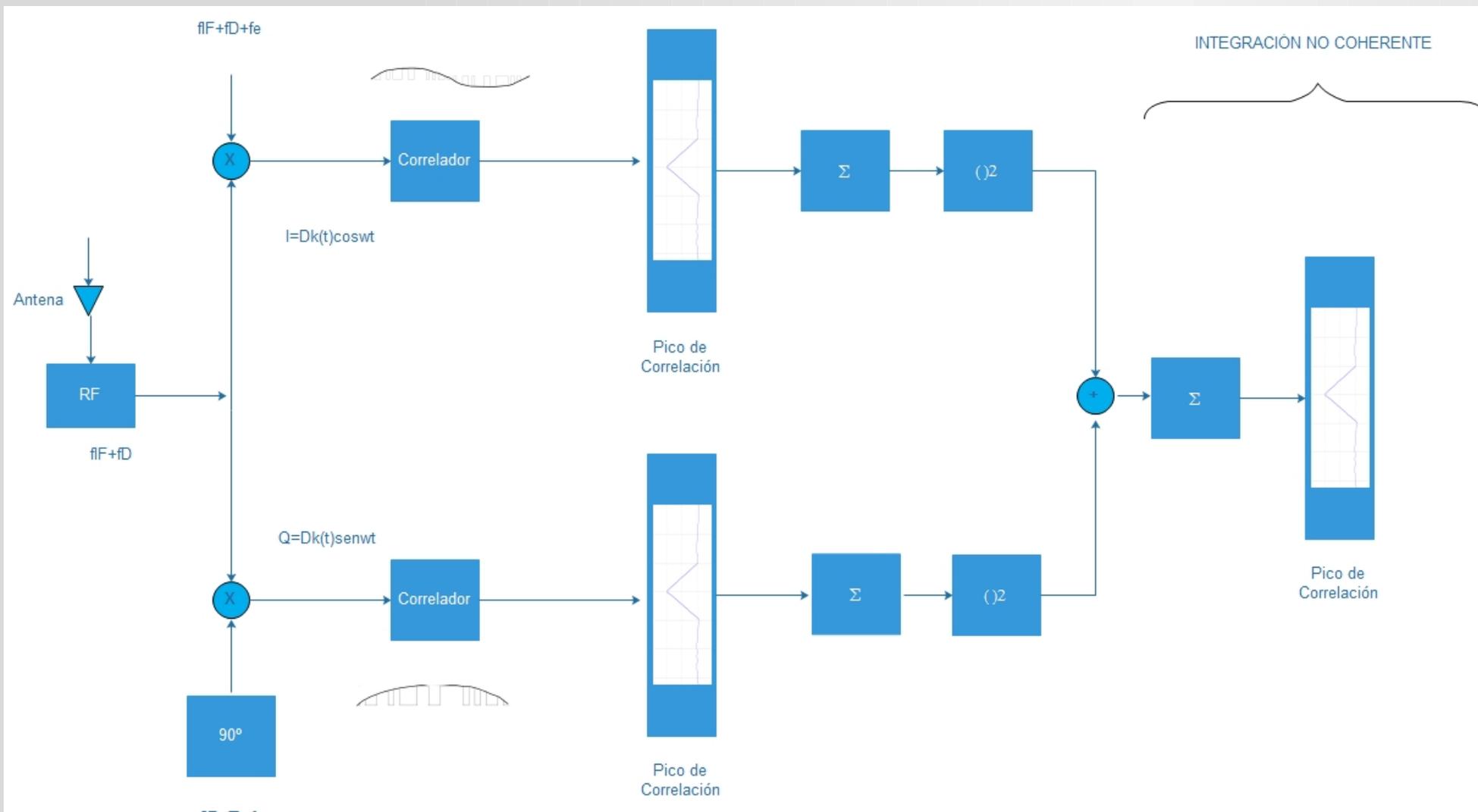
SOLUCIONES:

OPTIMIZANDO EL CONSUMO DE ENERGÍA DEL HARDWARE
OPTIMIZANDO LA EFICIENCIA DEL SOFTWARE.
RECOLECTANDO ENERGÍA DEL ENTORNO.

¿PROCESAMIENTO EN LA NUBE?

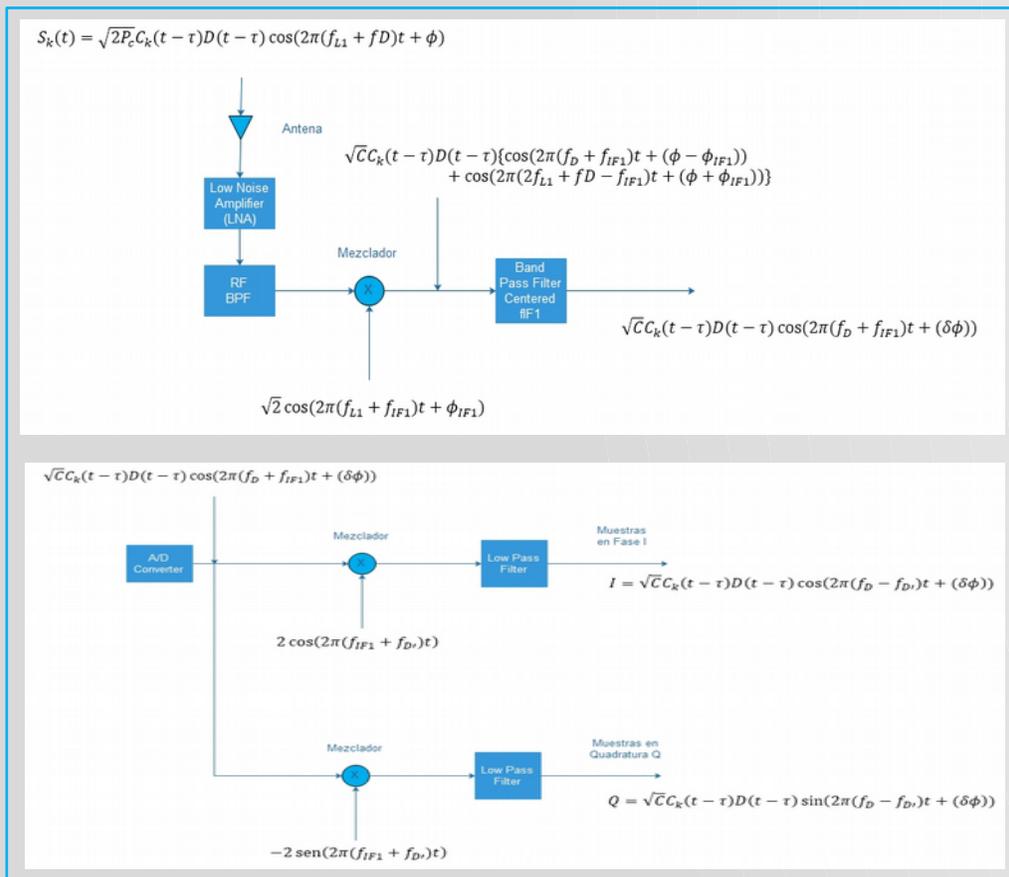


PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO RECEPTOR GNSS (I)

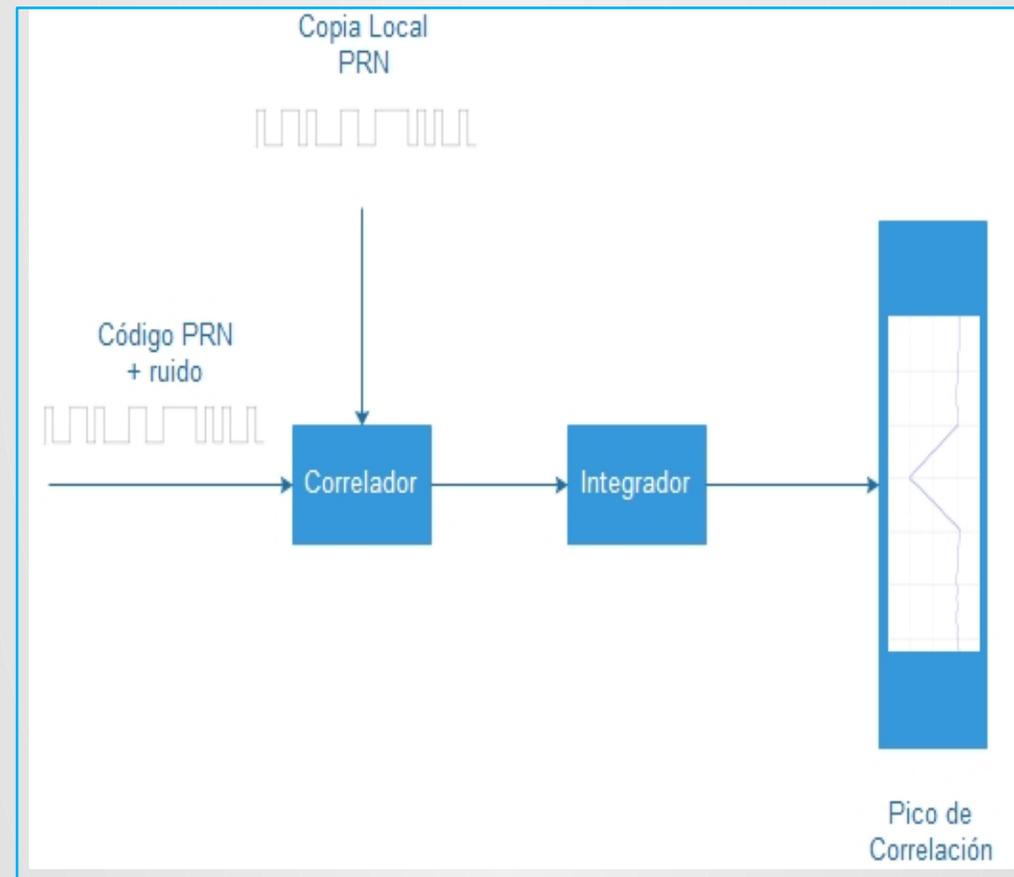


PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO RECEPTOR GNSS (II)

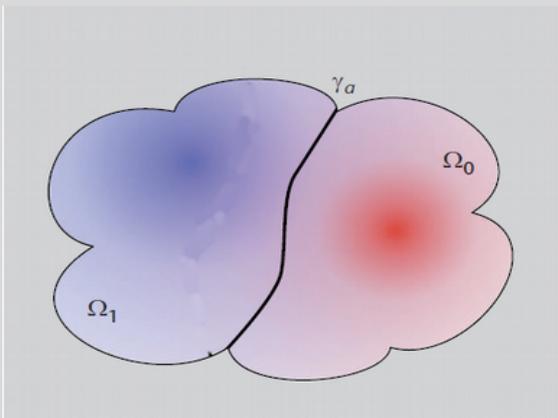
FRONT-END



PROCESAMIENTO SEÑAL



PROBABILIDAD DETECCIÓN SEÑAL GNSS



Espacio de Observaciones

$$P_d = \text{probabilidad (decidir } H_1 | H_1) = \int_{\Omega_1} f(r; H_1) dr$$

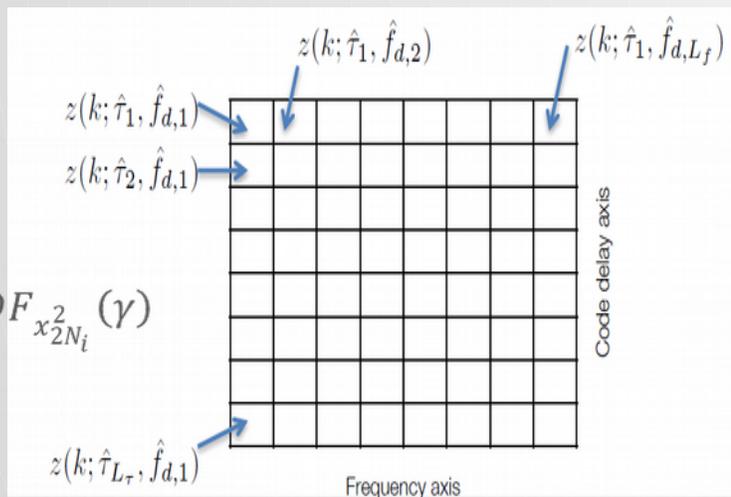
$$P_{fa} = \text{probabilidad (decidir } H_1 | H_0) = \int_{\Omega_1} f(r; H_0) dr$$

Considerando una sola celda

$$P_{fa} = \text{prob} (\xi(\hat{\tau}, \hat{f}_d) > \gamma | H_0)$$

$$= \int_{\gamma}^{\infty} f(\xi; H_0) d\xi = 1 - \int_{-\infty}^{\gamma} f(\xi; H_0) d\xi = 1 - CDF_{x_{2N_i}^2}(\gamma)$$

$$\gamma = Q_{X_{2N_i}^2}^{-1}(P_{fa})$$



múltiples celdas de búsqueda

$$PFA(\gamma) = N_{\tau} * N_f * Pfa(\gamma)$$

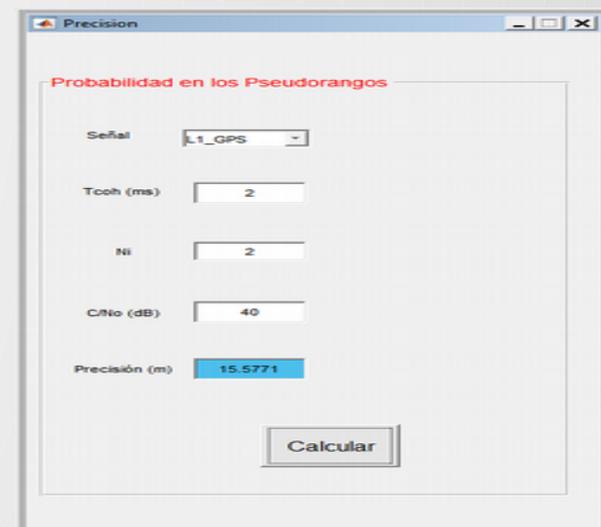
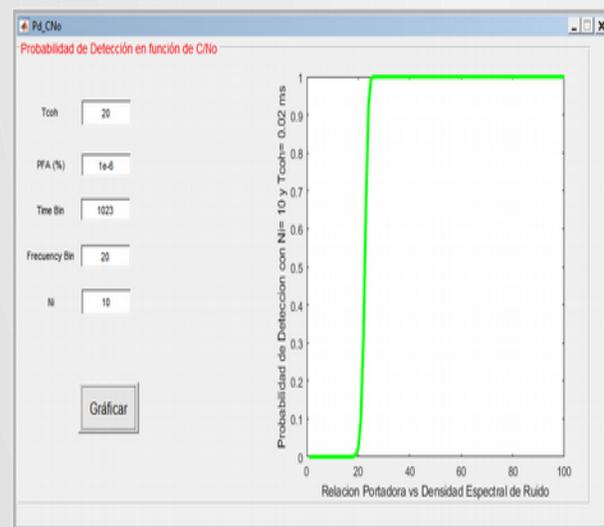
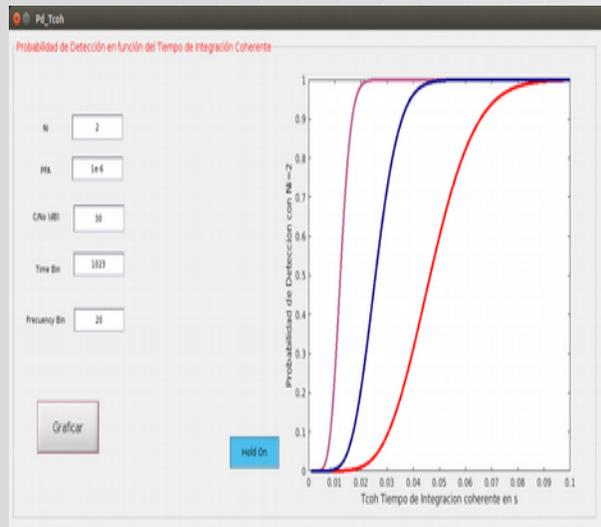
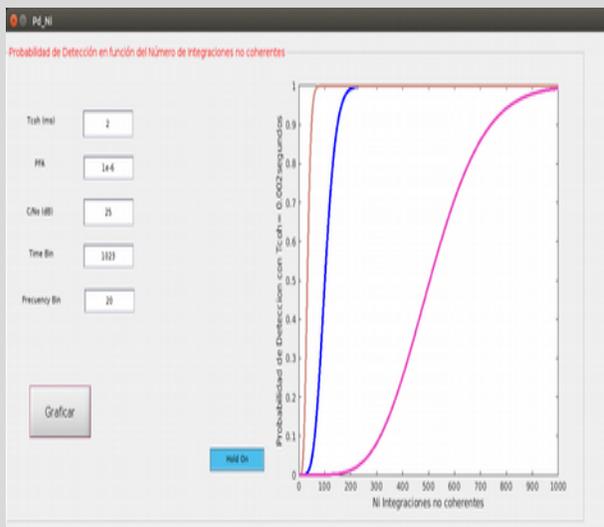
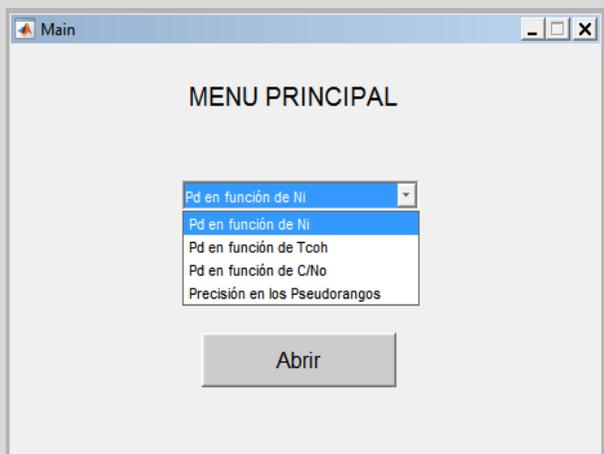
$$P_D(\gamma) \approx \text{prob} (\xi(k; \hat{\tau}_{ok}, \hat{f}_{d_{ok}}) | H_1 > \gamma)$$

$$= Q_{x_{2N_i}^2}(N_i SNR_{coh})(\gamma)$$

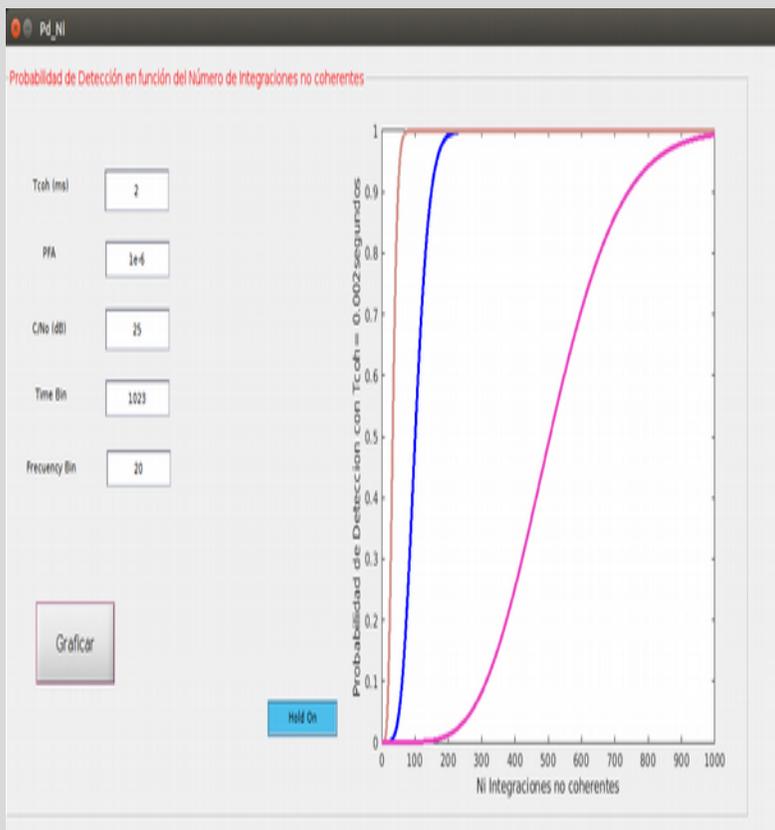
GUI. PROBABILIDAD DE DETECCIÓN

Pd en función de T_{coh} , N_i , C/N_0 y PFA

Precisión en los pseudorangos:
 GPS L1,L5 y Galileo E1,E5 y E6



GUI. PROBABILIDAD DE DETECCIÓN PD (NI)



1. El usuario fija PFA

2. El usuario introduce Tcoh

3. El usuario introduce C/No

4. Creamos un vector de Ni=1 a 1000
 $Ni = \text{linspace}(1, 1000, 1000);$

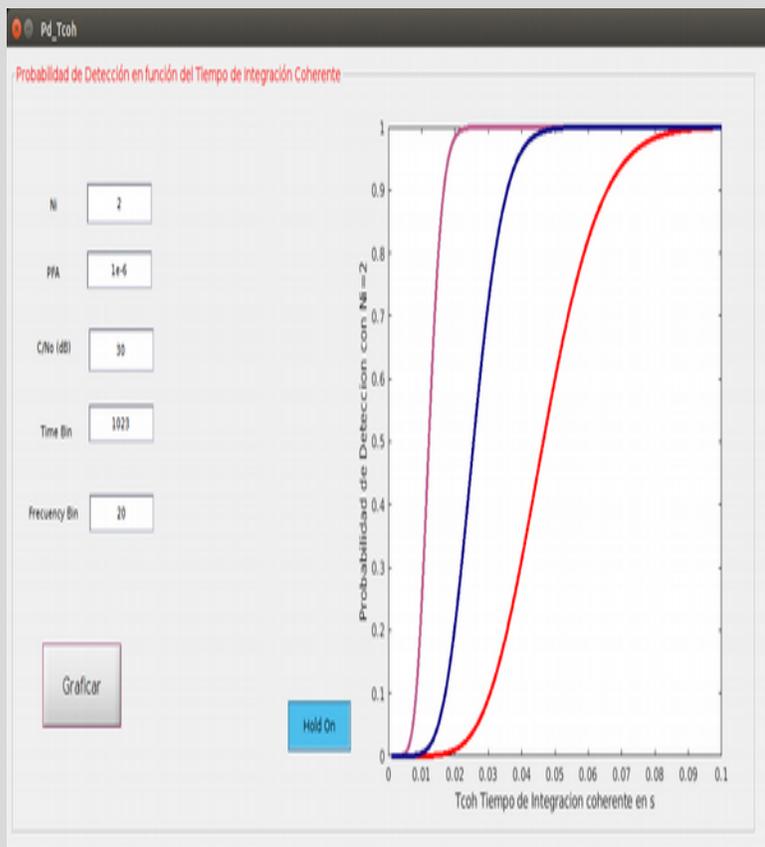
5. Calculamos γ threshold: $(PFA(\gamma) = N_t * N_f * Pfa(\gamma))$
 $\text{gamma} = \text{inc}(\chi^2_{2Pfa}, 2 * Nf, 2 * Ni)$

6. Calculamos SNR a la salida de correlador coherente
 $SNR_{out} = SNR_{in} * 2 * 10 * (CNo / 20) * Tcoh$

7. Obtenemos la Pd:

$$Pd_{Ni} = 1 - \text{erfc}(\sqrt{\text{gamma} * SNR_{out} * Ni})$$

GUI. PROBABILIDAD DE DETECCIÓN PD (TCOH)



1. El usuario introduce PFA

2. El usuario introduce Ni

3. El usuario introduce C/No

4. Creamos un vector de Tcoh = 1 ms a 100 ms
 $T_{coh} = \text{inspace}(10^{-3}, 100 \cdot 10^{-3}, 100000);$

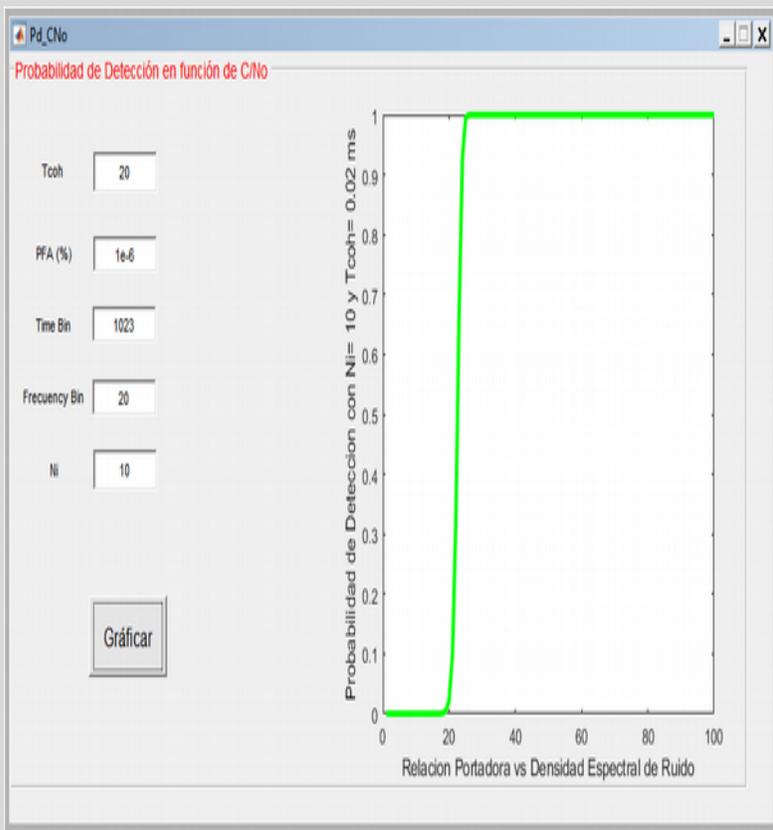
5. Calculamos Threshold: $(PFA(\gamma) = N_{\tau} * N_f * Pfa(\gamma))$
 $\text{gamranchi}(\text{inv}(1 - PFA), 2 * N_i)$

6. Calculamos SNR a la salida del correlador coherente
 $SNR_{out} = SNR_{in} * 2 * 10 * (C/No / 20) * T_{coh}$

7. Obtenemos la Pd:

$$Pd_Tcoh = 1 - \text{erfc}(\sqrt{\text{gamma} * 2 * N_i * SNR_out / \text{board} * N_i})$$

GUI. PROBABILIDAD DE DETECCIÓN PD (C/NO)



1. El usuario introduce PFA

2. El usuario introduce Ni

3. El usuario introduce Tcoh

4. Creamos un vector de C/No en dB de 100 dB
 $C/No_{dB} = \text{inspace}(1, 100, 100);$

5. Calculamos el threshold: $(PFA(\gamma) = N_t * N_f * Pfa(\gamma))$
 $\text{gamma} = \text{gamrchi}(\text{invch}(2 * Pfa, 2 * Ni))$

6. Calculamos SNR a la salida del correlador coherente
 $SNR_{out} = SNR_{in} * 2 * 10 * \log(C/No / 10) * Tcoh$

7. Obtenemos la Pd:

$$Pd_{C/No} = 1 - \text{erfc}(\sqrt{\text{gamma} * 2 * Ni * SNR_{out} / \text{band} * Ni})$$

GUI. PRECISIÓN EN LOS PSEUDORANGOS

Precisión en los Pseudorangos

Señal:

Tcoh (ms):

Ni:

C/No (dB):

BW Receiver (MHz):

Precisión (m):

1. El usuario introduce Señal (GPS L5/L5, Galileo E1/E5/E6)

2. El usuario introduce Tcoh

3. El usuario introduce Ni

4. El usuario introduce C/No

5. El usuario introduce el BW del receptor

5. Calculamos la Precisión (CRB).

$$var(\tau) \geq \frac{1}{2 * \left(\frac{E_s}{N_o}\right) B_{ms}^2} \quad \frac{E_s}{N_o} = \frac{C * Tcoh * Ni}{N_o}$$

$$var(\tau) \geq \frac{1}{2 * \left(\frac{C}{N_o} * Tcoh * Ni\right) B_{ms}^2}$$

precisión = c * \sqrt{CRB}

INTERNET OF THINGS Y GNSS (I)



IoT entre € 1 trillón y € 7 trillones en ingresos en 2020

Infinidad de aplicaciones IoT que requieren posicionamiento:

- UAVs (Drone Delivery)
- Asset Tracking (Objects & People)
- Healthcare Monitoring
- Emergency Applications
- Precision Agriculture
- Ubiquity
-etc.

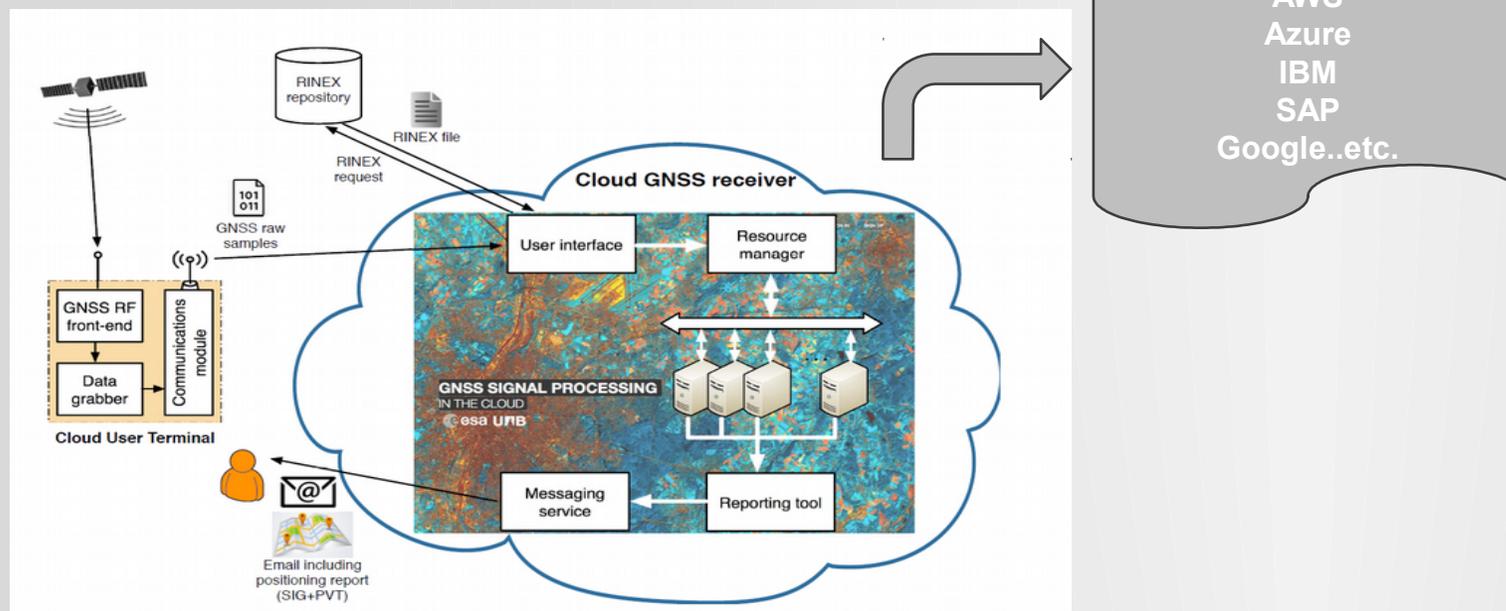
Tendencia:

Miniaturización, reducción de consumos, Crisis energética, capacidad de procesamiento.

INTERNET OF THINGS Y GNSS (II)



Posible solución=Procesamiento en la nube



- Terminal de usuario : sencillo Receptor RF+Data Grabber+Módulo comunicación con la nube.
- Cloud front-end: Servicio Web GNSS Raw+ Parámetros de Configuración.
- Cloud back-end: Procesamiento de señales y generación informes.

INTERNET OF THINGS Y GNSS (II)



Análisis Receptores en el mercado (Dispositivos SDR):

Front end	Interface	Frequency range	Bandwidth	ADC resolution	IC	Mode
ADALM-Pluto	USB 2.0	325 MHz - 3.8 GHz	61.44 MHz	12 bit I/Q	Analog Devices AD9363	Full duplex
Airspy Mini	USB 2.0	24 MHz - 1.8 GHz	6 MHz	12 bit I/Q	Rafael Micro R820T2	Receive only
BladeRF	USB 3.0	300 MHz - 3.8 GHz	40 MHz	12 bit I/Q	LimeMicro LMS6002D	Full duplex
FreeSRP	USB 3.0	70 MHz - 6 GHz	61.44 MHz	12 bit I/Q	Analog Devices AD9364	Full duplex
HackRF	USB 2.0	1 MHz - 6 GHz	20 MHz	8 bit I/Q	Maxim MAX2837 / 5864	Half duplex
LimeSDR	USB 3.0/PCIe	100 kHz - 3.8 GHz	61.44 MHz	12 bit I/Q	Lime Micro LMS7002M	Full duplex
RTL-SDR	USB 2.0	24 MHz - 1.766 GHz	2.4 MHz	8 bit I/Q	Realtek RTL2832U	Receive only
SDRplay	USB 2.0	1 kHz - 2 GHz	6 (10) MHz	14 (8) bit I/Q	Mirics Msi001	Receive only
Sidekiq	Mini PCIe	70 MHz - 6 GHz	50 MHz	12 bit IQ	Analog Devices AD9361*	Full duplex
SiGe GN3S	USB 2.0	1.57542 GHz	8 MHz	4 bit I/Q	SiGe SE4110L	Receive only
USRP N210	Gigabit Ethernet	0 - 6 GHz	25 MHz (50 MHz)	14 (8) bit IQ	Analog Devices AD9361	Full duplex
USRP X310	Gigabit Ethernet	0 - 6 GHz	200 MHz	14 bit IQ	Analog Devices AD9361	Full duplex
XTRX	Mini PCIe	100 kHz - 3.8 GHz	160 MHz	14 bit IQ	Lime Micro LMS7002M	Full duplex

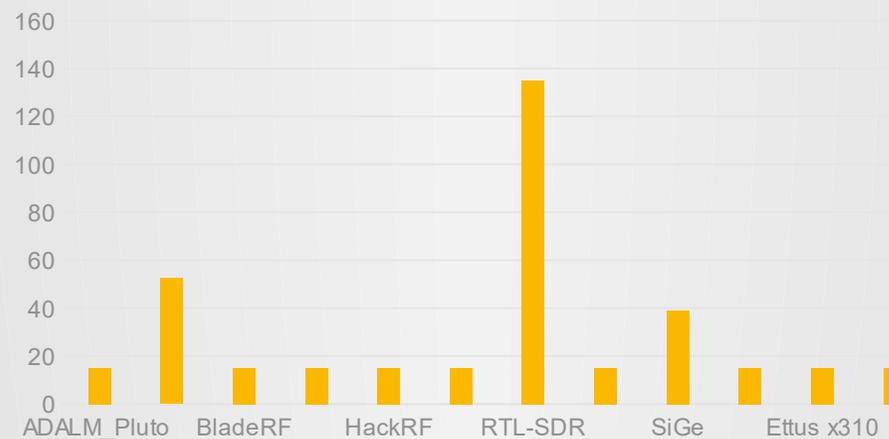
- No es la solución idónea
- No se hace uso de los recursos del dispositivo SDR (FPGA)
- Interfaces cableados (no Wireless)
- Uso de Raspberry Pi 3 (WiFi)

CONSUMO DE ENERGÍA (I)

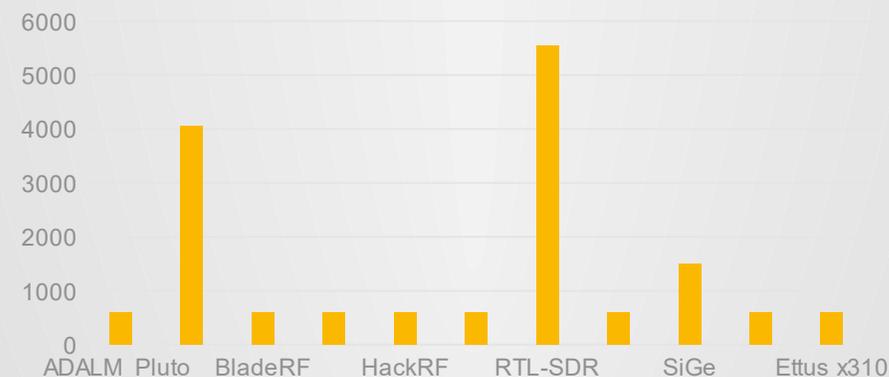


GPS/L1							
Dispositivo	Aplicación	Precisión requerida	C/No	Tsignal (ms)	Quantization	BW	chunk_size (KB)
ADALM_Pluto	outdoor opensky	2	44	10	2	61,44 (20,46)	153,6
Airspy Mini	outdoor opensky	2	44	35	2	6	26,25
BladeRF	outdoor opensky	2	44	10	2	40 (20,46)	100
Free_SRP	outdoor opensky	2	44	10	2	61,44 (20,46)	153,6
HackRF	outdoor opensky	2	44	10	2	20	50
LimeSDR	outdoor opensky	2	44	10	2	61,44 (20,46)	153,6
RTL-SDR	outdoor opensky	2	44	90	2	2,4	207,36
Sideqik	outdoor opensky	2	44	10	2	50(20,46)	153,6
SiGe	outdoor opensky	2	44	26	2	8	26,598
Ettus 210	outdoor opensky	2	44	10	2	25(20,46)	250
Ettus x310	outdoor opensky	2	44	10	2	200(20,46)	500
XTRX	outdoor opensky	2	44	10	2	160(20,46)	400
ADALM_Pluto	outdoor urbano	2	28	400	2	61,44(20,46)	6144
Airspy Mini	outdoor urbano	2	28	2700	2	6	2025
BladeRF	outdoor urbano	2	28	400	2	40(20,46)	4000
Free_SRP	outdoor urbano	2	28	400	2	61,44(20,46)	6144
HackRF	outdoor urbano	2	28	400	2	20	2000
Lime SDR	outdoor urbano	2	28	400	2	61,44(20,46)	6144
RTL-SDR	outdoor urbano	2	28	3700	2	2,4	8524,8
Sideqik	outdoor urbano	2	28	400	2	50(20,46)	6144
SiGe	outdoor urbano	2	28	1000	2	8	1023
Ettus 210	outdoor urbano	2	28	400	2	25(20,46)	10000
Ettus x310	outdoor urbano	2	28	400	2	200(20,46)	20000
XTRX	outdoor urbano	2	28	400	2	160(20,46)	16000

GPS/L1.Consumption mW (opensky)



GPS/L1.Consumption mW (urbano)

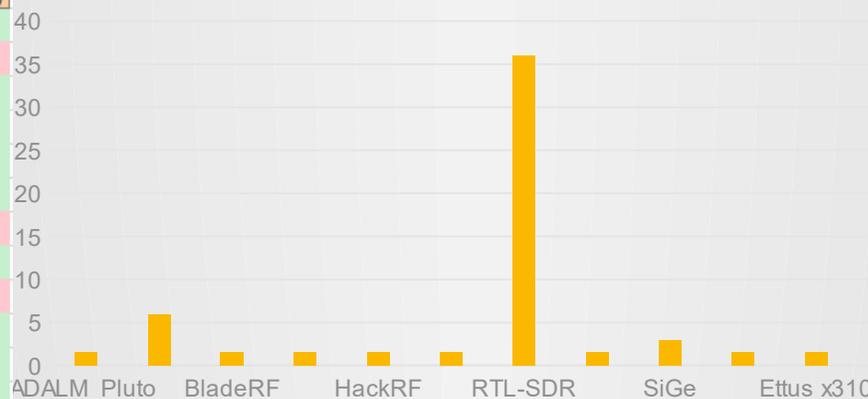


CONSUMO DE ENERGÍA (II)

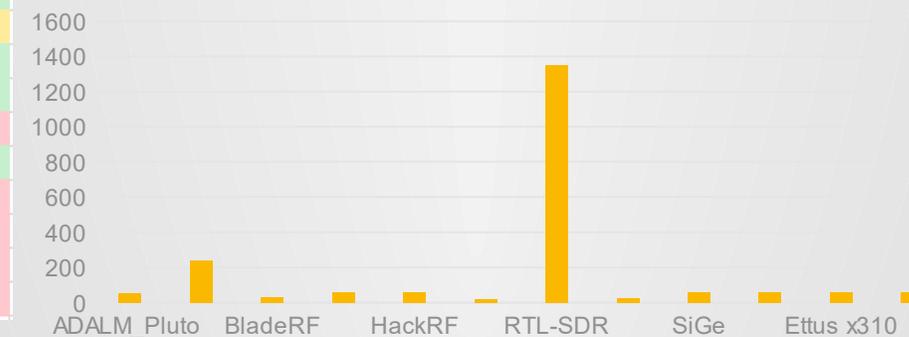


Galileo/E5							
Dispositivo	Aplicación	Precisión requerida	C/No	Tsignal (ms)	Quantization	BW	chunk_size (KB)
ADALM_Pluto	outdoor opensky	2	44	1	2	61,44 (51,150)	15,36
Airspy Mini	outdoor opensky	2	44	4	2	6	3
BladeRF	outdoor opensky	2	44	1	2	40	10
Free_SRP	outdoor opensky	2	44	1	2	61,44(51,150)	15,36
HackRF	outdoor opensky	2	44	1	2	20	5
LimeSDR	outdoor opensky	2	44	1	2	61,44(51,150)	15,36
RTL-SDR	outdoor opensky	2	44	24	2	2,4	55,296
Sideqik	outdoor opensky	2	44	1	2	50	15,36
SiGe	outdoor opensky	2	44	2	2	8	2,046
Ettus 210	outdoor opensky	2	44	1	2	25	25
Ettus x310	outdoor opensky	2	44	1	2	200(51,150)	50
XTRX	outdoor opensky	2	44	1	2	160(51,150)	40
ADALM_Pluto	outdoor urbano	2	28	35	2	61,44(51,150)	537,6
Airspy Mini	outdoor urbano	2	28	160	2	6	120
BladeRF	outdoor urbano	2	28	20	2	40	200
Free_SRP	outdoor urbano	2	28	40	2	61,44(51,150)	614,4
HackRF	outdoor urbano	2	28	40	2	20	200
Lime SDR	outdoor urbano	2	28	14	2	61,44(51,150)	215,04
RTL-SDR	outdoor urbano	2	28	900	2	2,4	2073,6
Sideqik	outdoor urbano	2	28	17	2	50(51,150)	261,12
SiGe	outdoor urbano	2	28	40	2	8	40,92
Ettus 210	outdoor urbano	2	28	40	2	25	1000
Ettus x310	outdoor urbano	2	28	40	2	200(51,150)	2000
XTRX	outdoor urbano	2	28	40	2	160(51,150)	1600

Galileo/E5.Consumption mW (opensky)



Galileo/E5.Consumption mW (urbano)



RESUMEN



- Procesamiento de señales débiles → Tiempos de señal elevados
- Inevitable consumo de energía
- Correlación proceso más demandante → Lo trasladamos a la nube
- Análisis de dispositivos SDR utilizados como cabezales RF
- Infrutilización de dichos dispositivos (FPGA)
- Análisis de los consumos en entornos outdoor → Opensky, urbano
- Pendiente análisis módulos Wireless eMTC, NB-IOT y EC-GSM-IoT

¡MUCHAS GRACIAS!