

# Retos de las comunicaciones para USVs y aplicaciones de los UAVs cautivos

José Antonio Rodríguez Negro – GRADIANT

I Foro Técnico Civil UAVs Initiative

Lugo, Marzo 2019



[+34] 986 120 430 | [gradiant@gradiant.org](mailto:gradiant@gradiant.org) | [www.gradiant.org](http://www.gradiant.org)

# Contenido

---



¿Qué es Gradiant?



USVs



UAVs cautivos





**GRADIANT**  
Centro Tecnológico de  
Telecomunicacións de  
Galicia



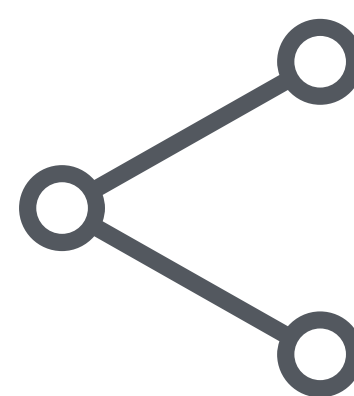
# Gradient, centro tecnológico TIC

- Activo desde 2008
- Especializado en desarrollo tecnológico y transferencia a la industria



## conectividad

- Subsistemas de Comunicaciones (digitales y analógicos)
- IoT (Internet of Things)
- Sistemas Integrados y Onboard
- Redes



## inteligencia

- *Data Analytics* y *Big Data*
- Análisis inteligente de vídeo
- Gestión y despliegue de infraestructura IT avanzada
- *Learning Analytics* y *Adaptative Learning*
- Bioinformática

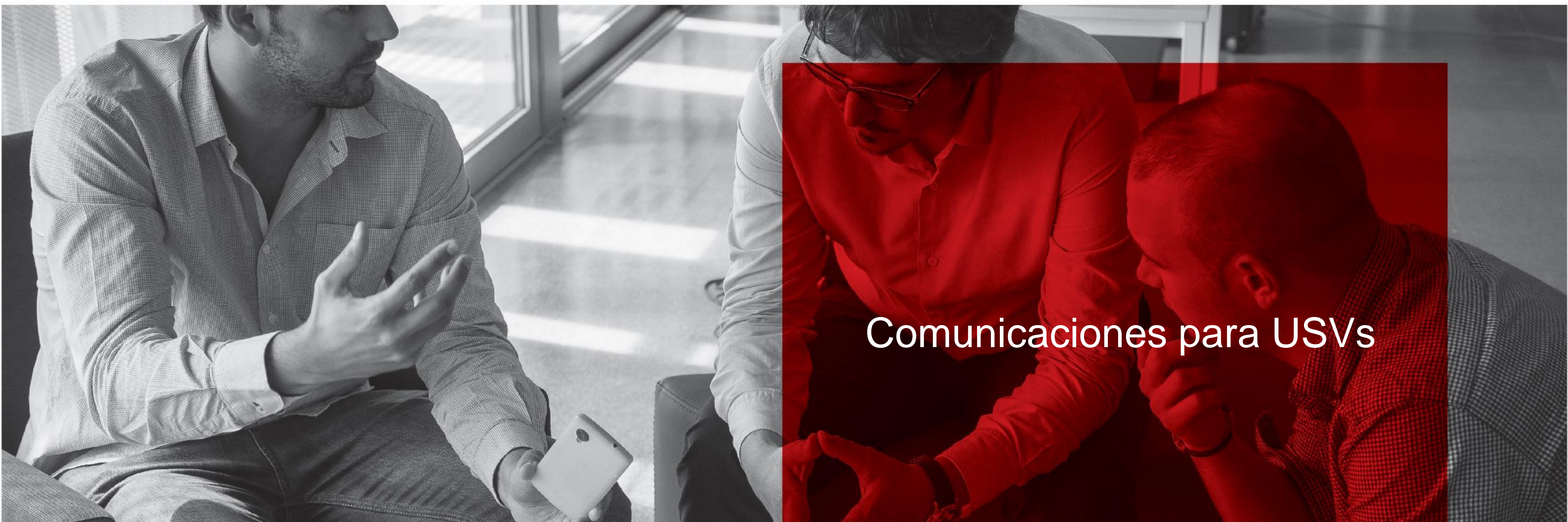


## seguridad

- Seguridad de la información
- Seguridad en Cloud
- Sistemas de protección de la Privacidad
- *Privacy by Design*
- Sistemas biométricos









# ¿Qué es un USV? Aplicaciones

## USV: Unmanned Surface Vehicle

### Aplicaciones:

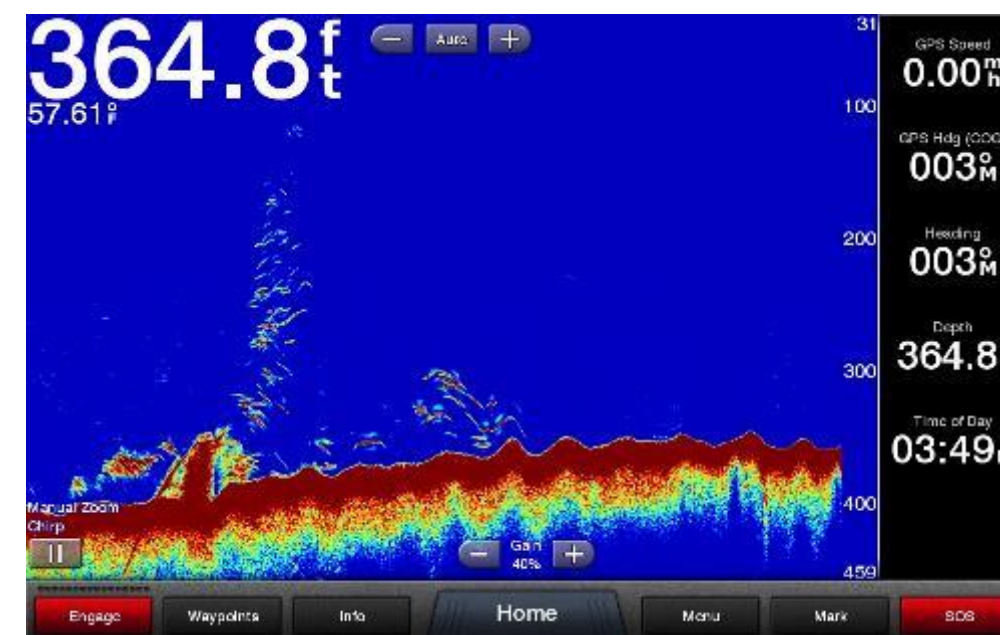
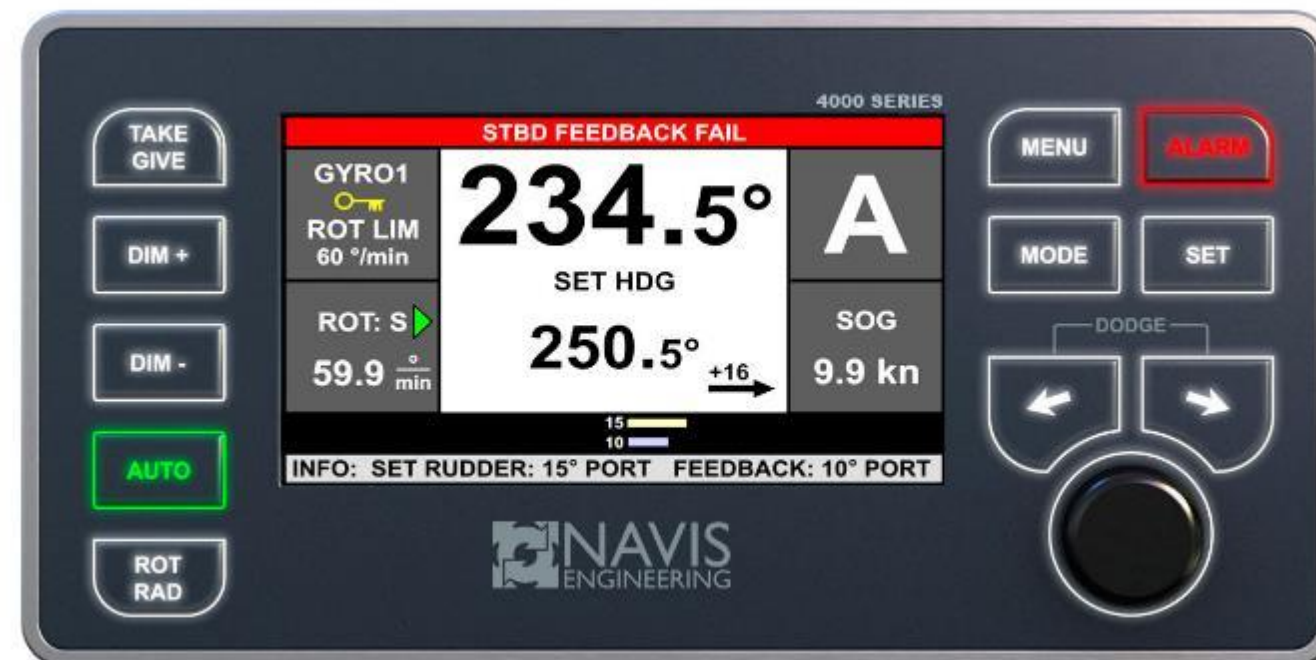
- Misiones de búsqueda y rescate.
- Vigilancia marítima.
- Oceanografía.
- Control de infraestructuras.
- ...





# Necesidad de las comunicaciones en un USV

El piloto remoto debe poseer la misma información que a bordo de la embarcación:



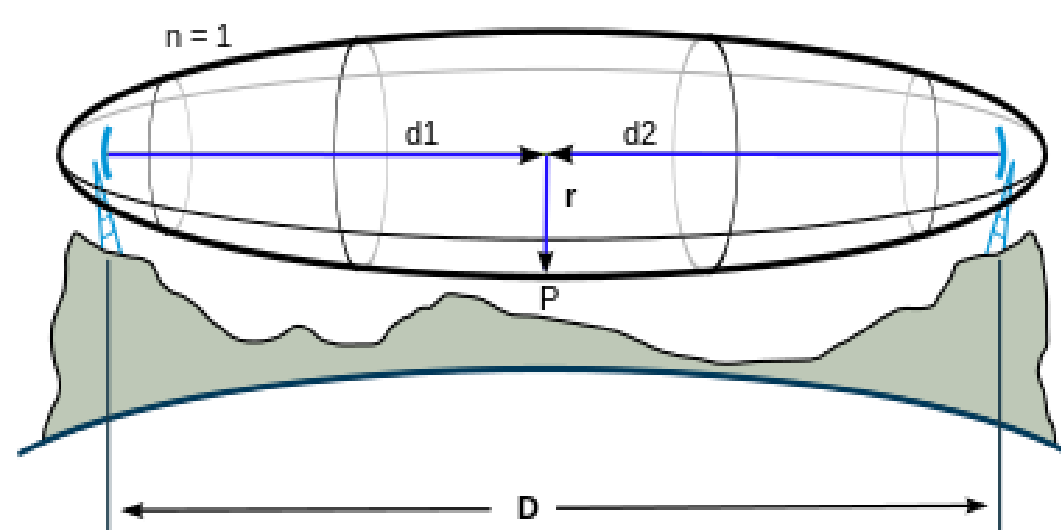
- Control de los motores y el rumbo.
- Información sobre el estado y posición de la embarcación.
- Cámaras de vídeo (visible e IR)
- Información del radar.
- Información de AIS.
- Sonar.
- Comunicaciones de voz.
- Control de otras cargas de pago.





# Retos de las comunicaciones marítimas: LoS

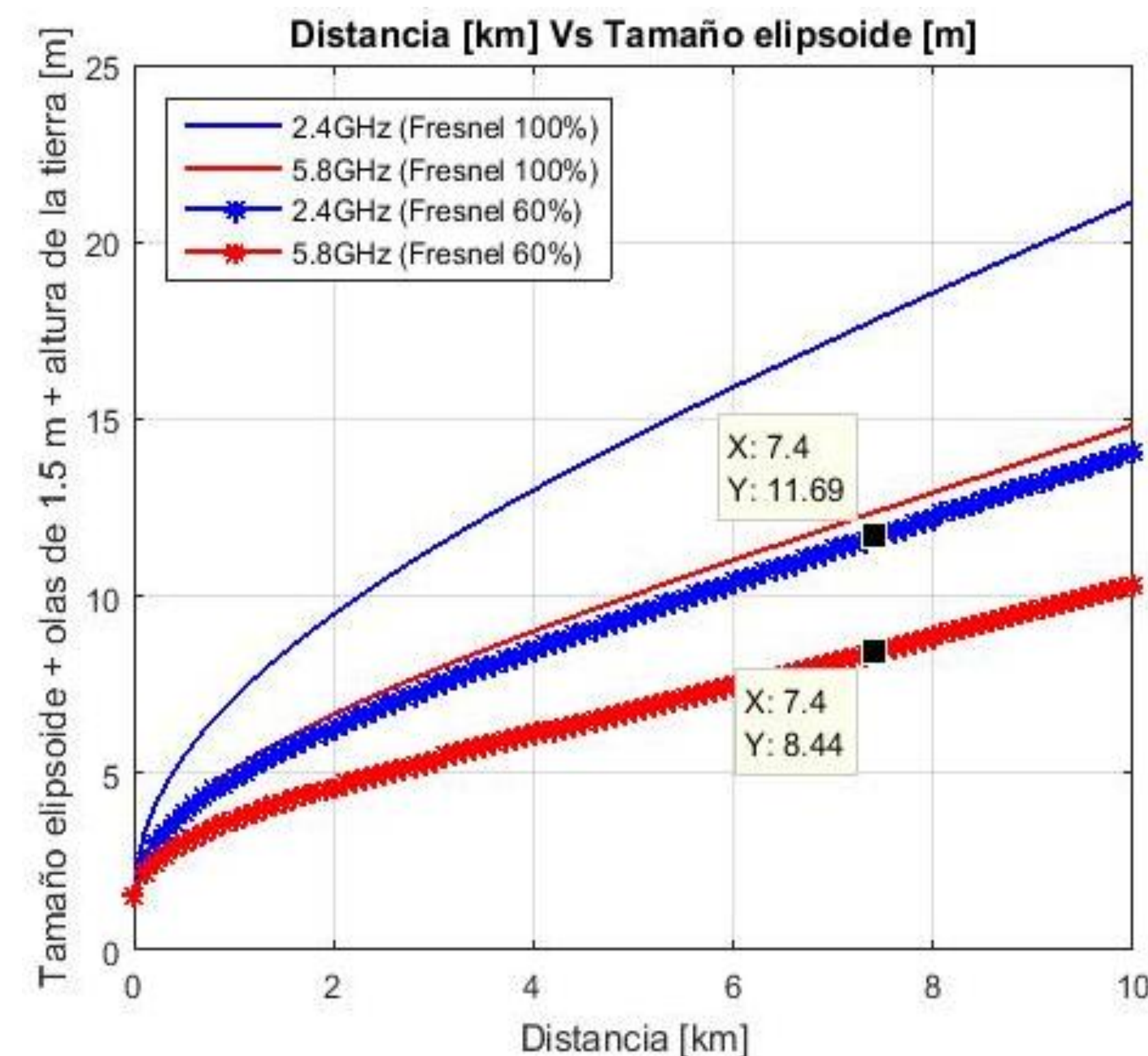
Debe existir visión directa entre las antenas del radioenlace.



Condiciones LoS = 1er elipsoide de Fresnel despejado al menos un 60%.

Principales condicionantes para la existencia de línea de vista:

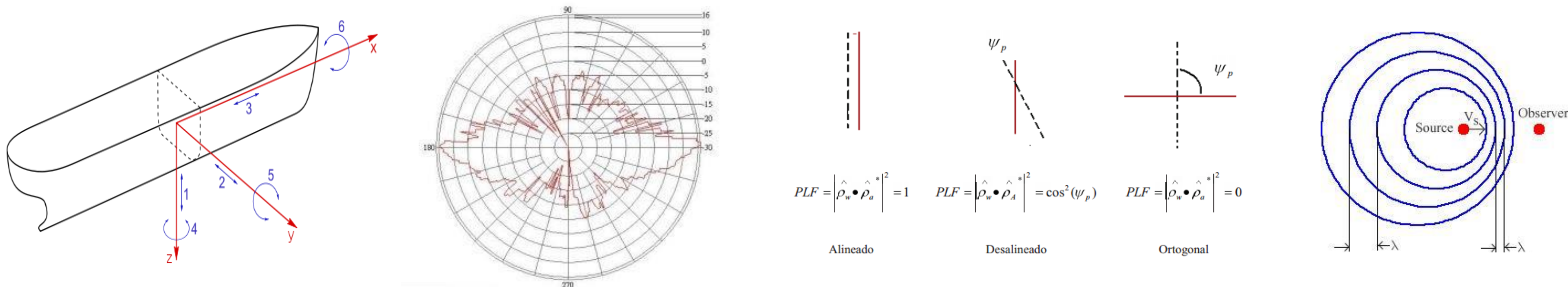
- La altura de las antenas (principal factor).
- El oleaje influye en la altura de la antena del barco (oleaje de 1,5 metros).
- Consideración de la curvatura de la tierra (aprox. 1 metro para 4 NM).
- Frecuencia del enlace (a mayor frecuencia menor diámetro del elipsoide).





# Retos de las comunicaciones marítimas: efectos dinámicos

## Movimientos del barco, apuntamiento de las antenas, factor de polarización.



El USV está en constante movimiento: escora, cabeceo, guiñada.

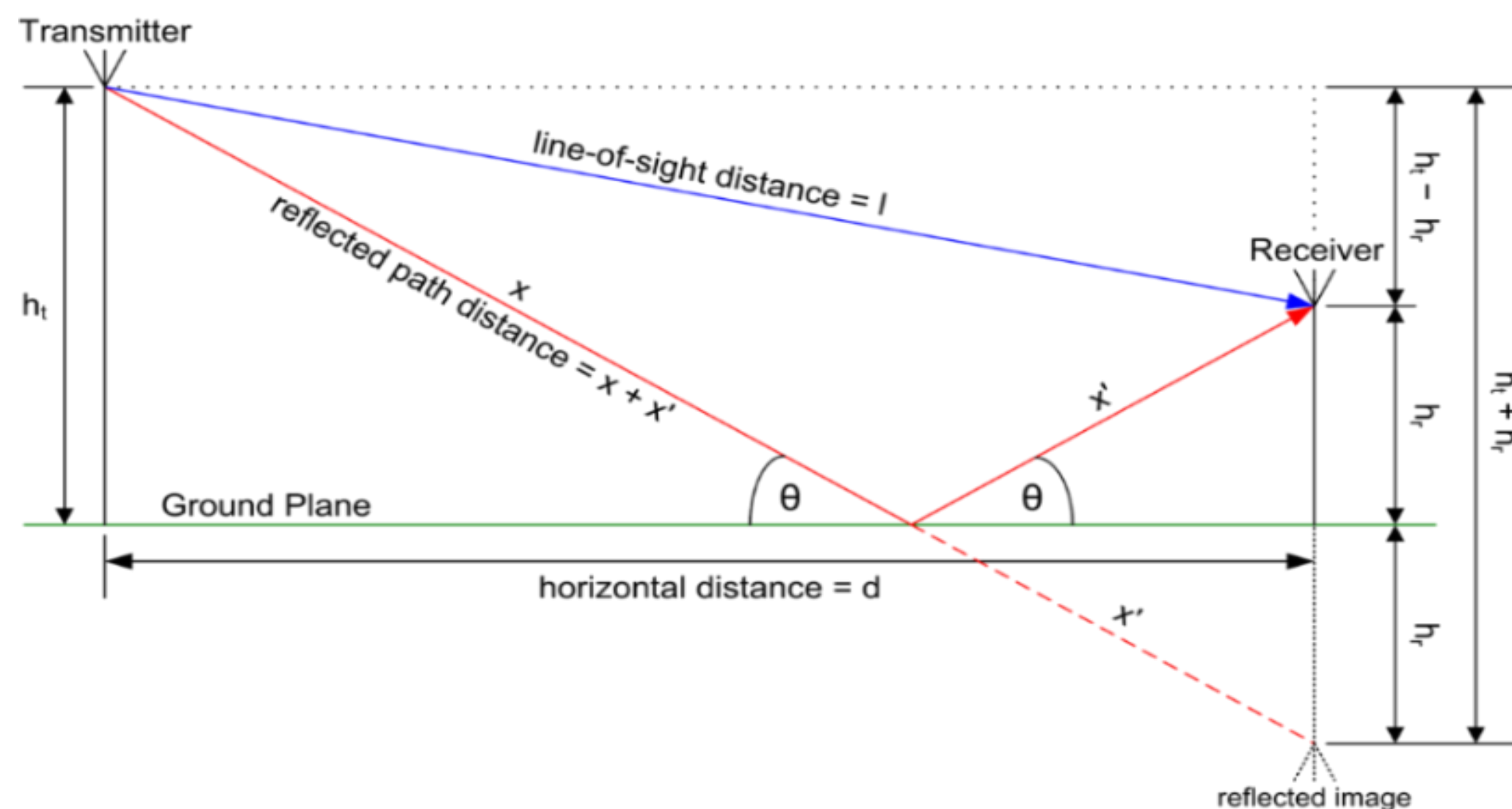
- Estos movimientos provocan que las antenas no siempre se encuentren alineadas en la dirección de máxima radiación (pérdidas por apuntamiento).
- La escora y el cabeceo provocan que las polarizaciones de las antenas no se encuentren alineadas. El USV soporta un balanceo de  $\pm 35^\circ$ , (PLF de 0,671). En el punto máximo de la oscilación la antena en recepción captaría un 67,1% de la energía que es transmitida por la otra.

El USV puede alcanzar una velocidad de 30 nudos (~55 km/h): se produce un desplazamiento de la frecuencia debido al efecto Doppler, este desplazamiento será mayor cuanto mayor sea la frecuencia de operación del enlace.



# Modelo de canal

## Modelo de propagación de dos rayos con tierra plana



- Basado en óptica geométrica
- Considera la altura de las antenas.
- Compuesto por dos rayos: directo y reflejado.
- Potencia recibida oscila en según la fase de las componentes directa y reflejada.

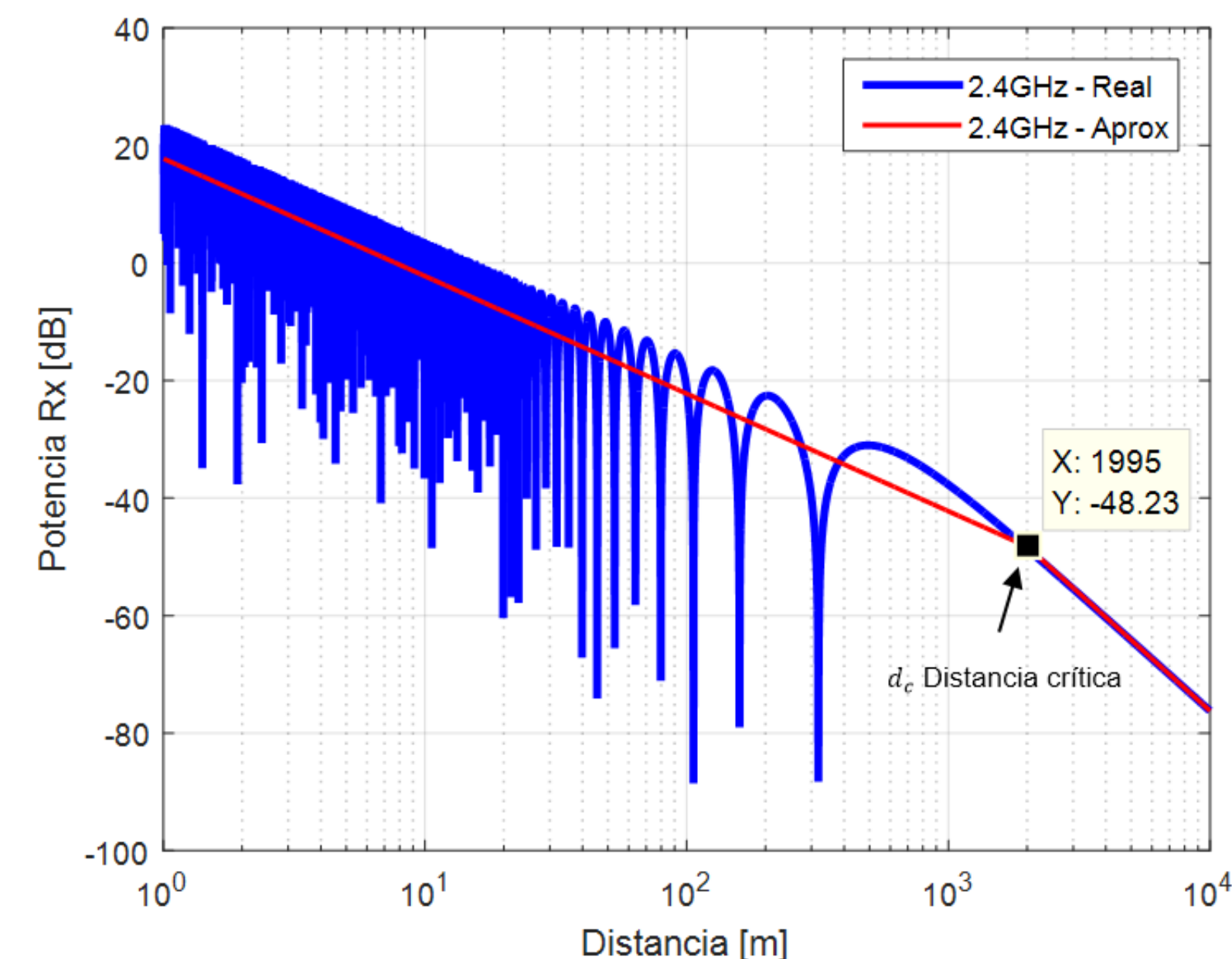


Gráfico de la potencia en recepción real (azul) y aproximada (roja).



# Alternativas y solución propuesta

## Revisión de distintas tecnologías y propuesta de equipos

Tecnologías	Tasa	Distancia	Movilidad	Necesidad de visión directa
802.11/ac	Muy alta	Muy baja	Muy baja	Alta
802.11/ac (modificado)	Muy alta	Muy alta	Muy baja	Alta
802.11/p (V2X)	Baja	Baja	Muy alta	Baja
802.16/e (WIMAX)	Muy baja	Media	Alta	Baja
LTE-U	Alta	Media/Alta	Baja/Media	Baja
Radio módems	Muy baja/ Baja/ Media	Media/Alta	Media/Alta	Alta

### Características de la solución:

- Operación en banda ISM.
- Antena sectorial en tierra.
- Antena omnidireccional embarcada (3dB BW=80°).
- Aumento de la altura de las antenas.
- Radio módem resistente al efecto Doppler.

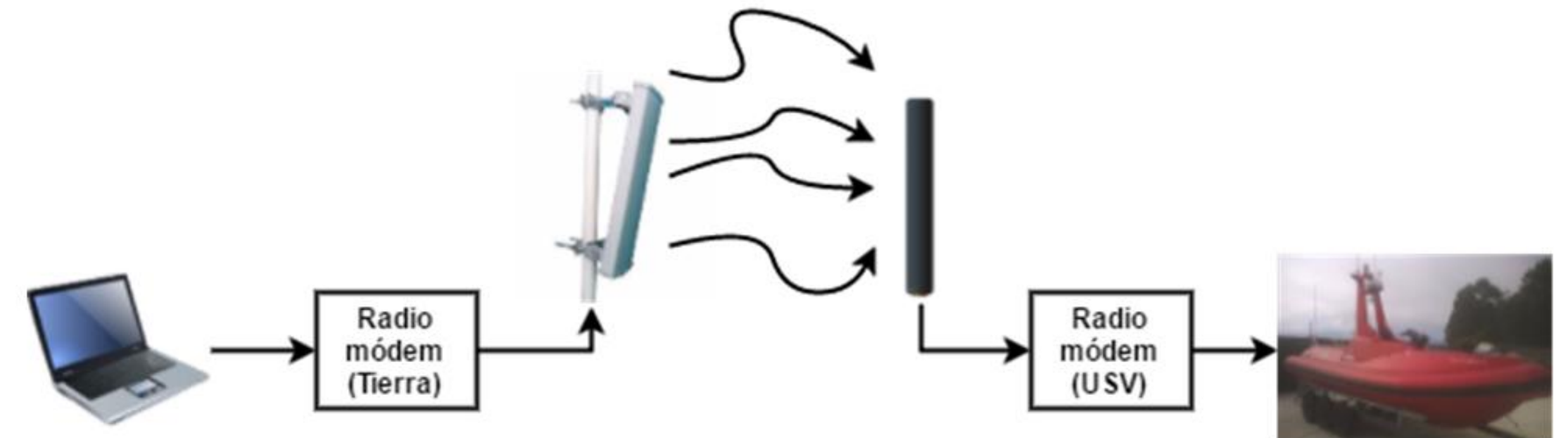
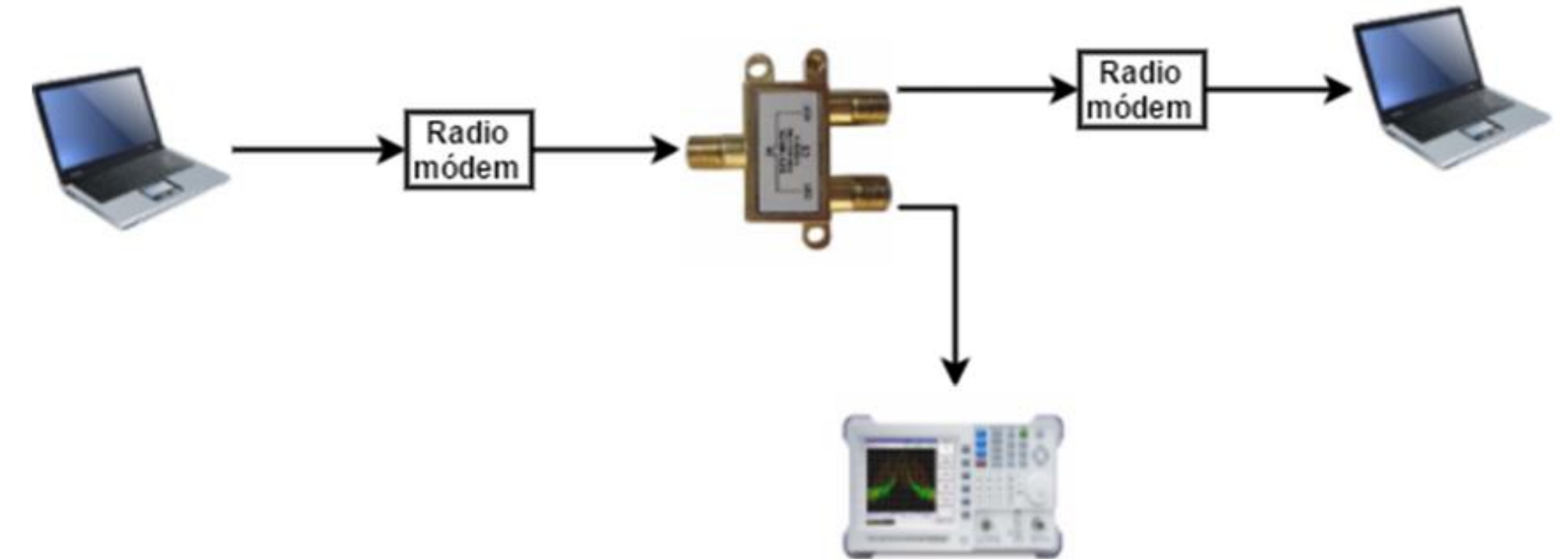




# Pruebas e integración

## Fases:

1. Caracterización equipos en laboratorio.
2. Determinación de tasa binaria con flujos de datos simulados.
3. Integración física en USV y centro de mando.
4. Pruebas estáticas flujos simulados.
5. Pruebas dinámicas flujos simulados.
6. Pruebas en condiciones reales: en movimiento y flujos de datos de los equipos reales.





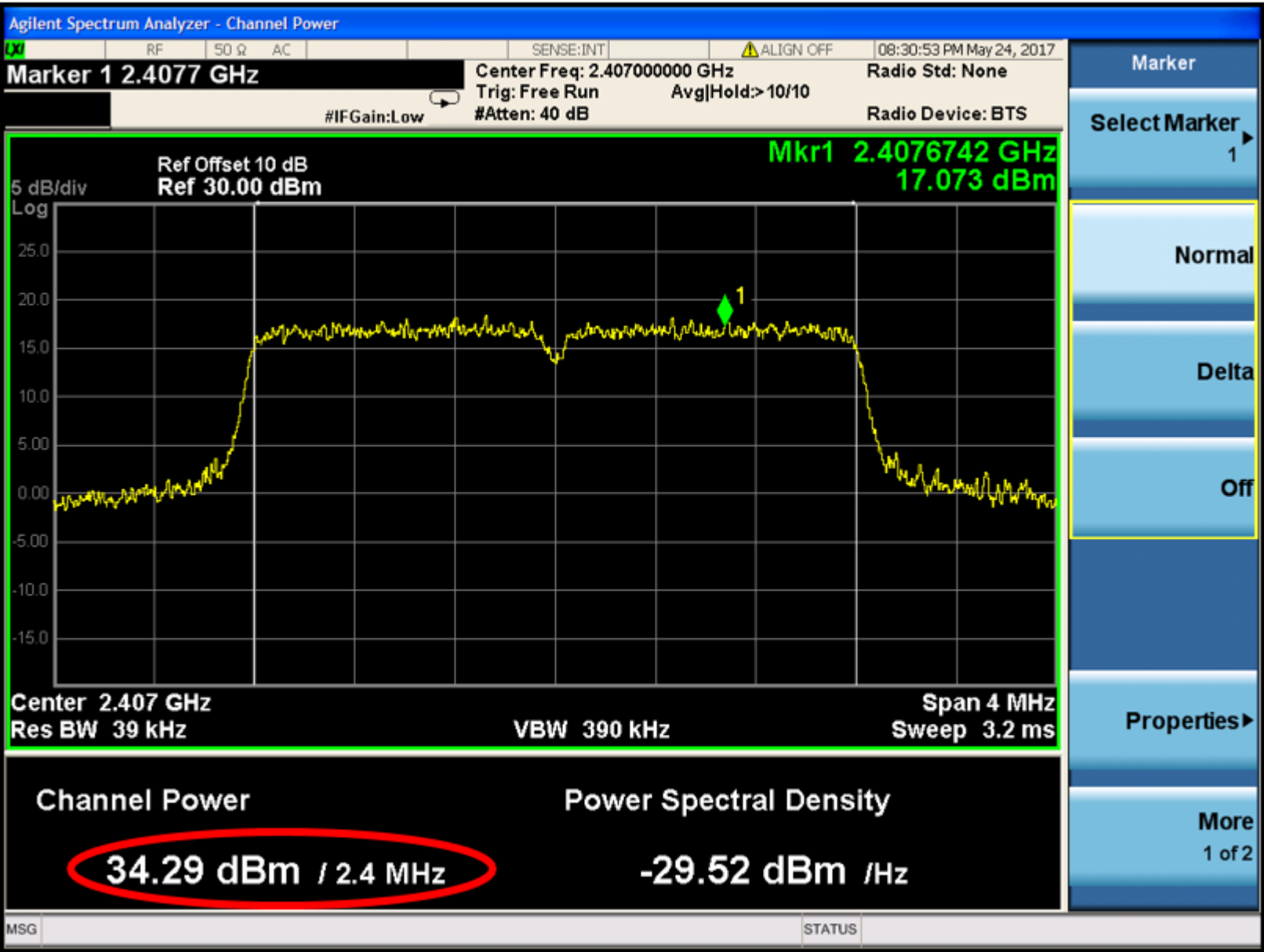
# Resultados

Distancia	4NM		5NM	
	(7,41)		(9,26 km)	
Pot. Tx.	30 dBm	40 dBm	30 dBm	40dBm
SNR	18 dB	25 dB	25 dB	20 dB
RSSI	-71 dBm	-63 dBm	-75 dBm	-67 dBm
Tx Rate	6,95 Mbps	11,1 Mbps	3,19 Mbps	6,8 Mbps

Resultados potencia de transmisión 30 dBm y tráfico UDP.



Variación del RSSI con la rotación de la antena 90°.



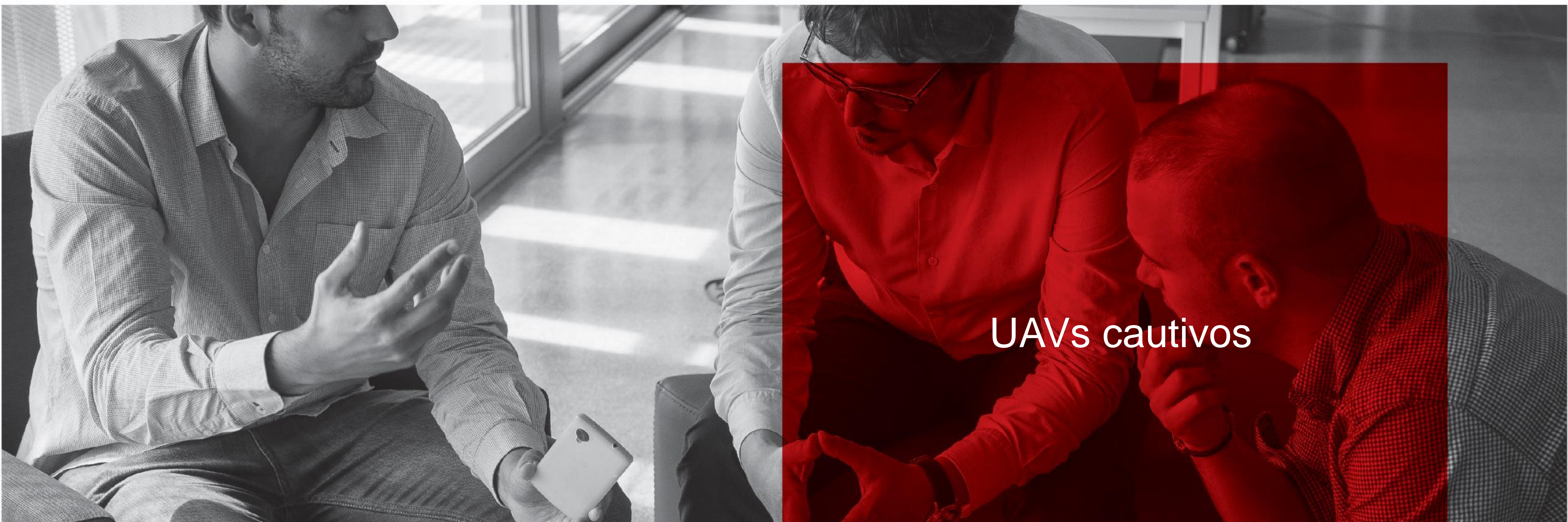
Medida de potencia con analizador de espectro (BW = 2 MHz).

	Client (192.168.168.12) --> Server (192.168.168.11) Slave (192.168.168.2) --> Master (192.168.168.1)						Client (192.168.168.11) --> Server (192.168.168.12) Master (192.168.168.1) --> Slave (192.168.168.2)					
	BW = 8 MHz		BW = 4 MHz		BW = 2 MHz		BW = 8 MHz		BW = 4 MHz		BW = 2 MHz	
	QPSK_1/2 (6 Mbps)		16QAM_1/2 (6 Mbps)		64QAM_2/3 (5,5 Mbps)		QPSK_1/2 (6 Mbps)		16QAM_1/2 (6 Mbps)		64QAM_2/3 (5,5 Mbps)	
Distancia [m]	Tasa [Mbps]	Ping [ms]	Tasa [Mbps]	Ping [ms]	Tasa [Mbps]	Ping [ms]	Tasa [Mbps]	Ping [ms]	Tasa [Mbps]	Ping [ms]	Tasa [Mbps]	Ping [ms]
1	6,16	2,81	6,12	3,649	6,04	5,485	6,34	2,578	6,36	3,251	6,27	4,623
10	6,16	2,27	6,12	3,581	6,03	4,996	6,36	4,023	6,35	3,163	6,28	4,655
100	6,15	2,73	6,1	3,709	6,05	4,942	6,35	2,488	6,25	4,168	6,28	4,473
1000	6,11	2,408	6,1	3,328	6,03	4,869	6,3	2,848	6,3	3,127	6,27	4,211
5000	6,04	3,113	6,06	3,148	5,98	4,561	6,3	3,188	6,26	3,93	6,23	4,443
10000	5,96	2,68	6,02	3,844	5,93	4,844	6,23	3,304	6,31	3,089	6,19	4,509
20000	5,77	3,196	5,94	3,159	5,85	4,605	6,08	2,499	6,2	3,377	6,12	4,523

Análisis de los distintos MCS en laboratorio.









# ¿Qué es un UAV cautivo?

**Es un UAV que está unido físicamente, mediante un cable umbilical, a un equipo en tierra.**



El umbilical, además de la sujeción física puede:

- Proporcionar alimentación eléctrica al UAV: mayor autonomía de vuelo.
- Proporcionar un enlace de datos cableado entre el UAV y la estación de tierra.



# Aplicaciones de los UAVs cautivos

---



- Misiones de vigilancia: actúan como “cámaras elevadas” (modo periscopio): control de eventos multitudinarios, vigilancia de grandes áreas...
- Repetidores de comunicaciones: permiten aumentar el radio de cobertura del sistema.





# UAVs cautivo como repetidor de comunicaciones y periscopio del USV

## Retos a afrontar:

- Capacidad de que el UAV siga al vehículo en movimiento: el UAV debe conocer la posición del vehículo con una elevada tasa de refresco.
- Gestión de la tensión del umbilical: el UAV no puede ser verse arrastrado por el cable.
- Gestión de los flujos de comunicación desde y hacia el UAV.





# ¿Preguntas?

José Antonio Rodríguez Negro – GRADIANT

I Foro Técnico Civil UAVs Initiative

Lugo, Marzo 2019



[+34] 986 120 430 | [gradiant@gradiant.org](mailto:gradiant@gradiant.org) | [www.gradiant.org](http://www.gradiant.org)