

# Superficies reflectoras inteligentes para mejora eficiente de la cobertura en redes 5G y 6G de ondas milimétricas

**Eduardo Martínez de Rioja del Nido**

*Grupo de Ingeniería de Microondas y  
Sistemas de Radiocomunicación*  
Universidad Rey Juan Carlos

**MW-ROOM**

 **Universidad  
Rey Juan Carlos**

**Daniel Martínez de Rioja del Nido**

*Grupo de Electromagnetismo Aplicado*  
Universidad Politécnica de Madrid

**gea**  
Grupo de  
Electromagnetismo  
Aplicado

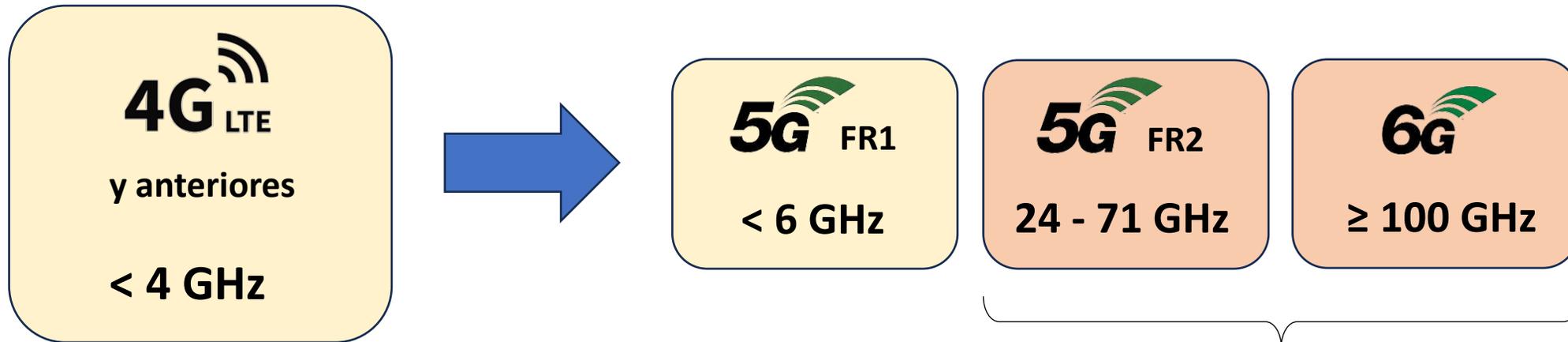
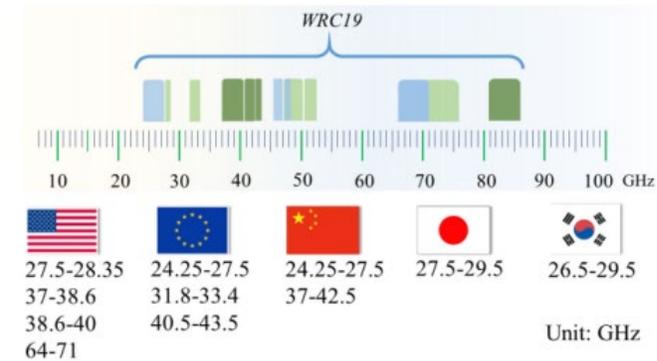
**POLITÉCNICA**  
UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



- 1 — Motivación y objetivos**
- 2 — Superficies Reflectoras Inteligentes:  
¿qué son? ¿cómo funcionan?**
- 3 — Proyectos de investigación en curso**
- 4 — Conclusiones**



➤ **Redes 5G y 6G en bandas de milimétricas:**



Mayor ancho de banda disponible



Mayor capacidad, mayor tasa binaria, menor latencia, etc.



Frecuencias más altas



Mayores pérdidas de propagación y de penetración en objetos



[1] W. Hong, et al., "The Role of Millimeter-Wave Technologies in 5G/6G Wireless Communications," IEEE Journal of Microwaves., 2021.

[2] S. Salous et al., "Millimeter-wave propagation: Characterization and modeling toward fifth-generation systems," IEEE Antennas and Propag. Mag., 2016.



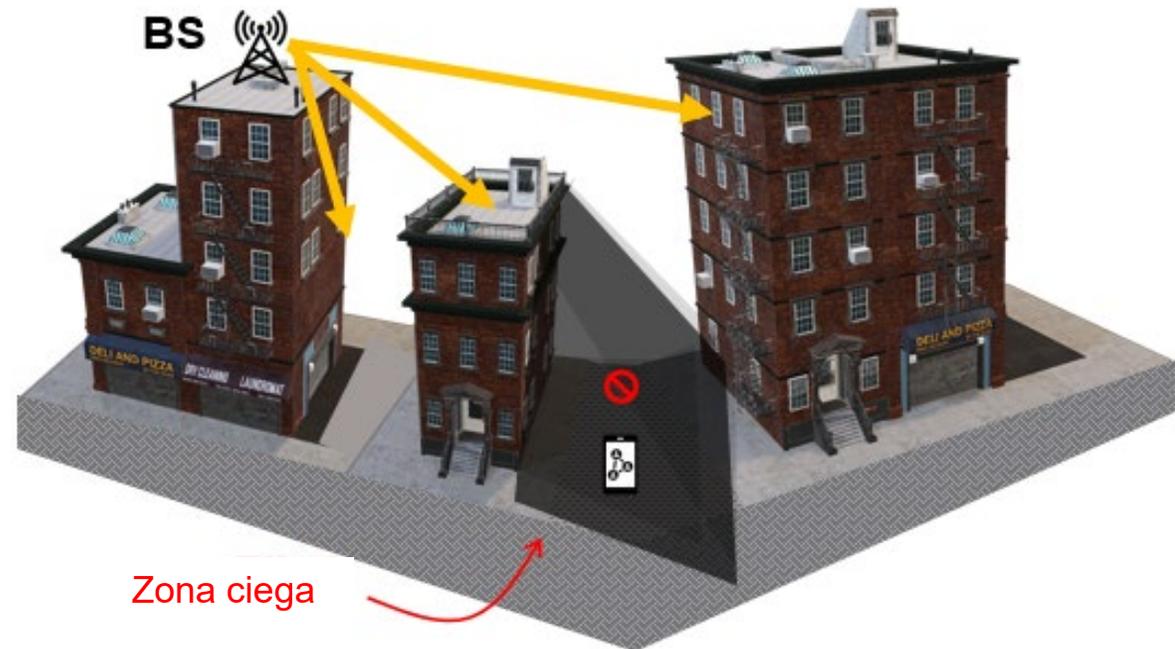
➤ **Reto:** condiciones de propagación más adversas.

- Mayores pérdidas de propagación → Menor distancia de cobertura.
- Mayores pérdidas de penetración → Bloqueo producido por obstáculos.

➤ Aparición de **zonas ciegas (sin cobertura)** en escenarios interiores y exteriores.

¿Cómo lo resolvemos?

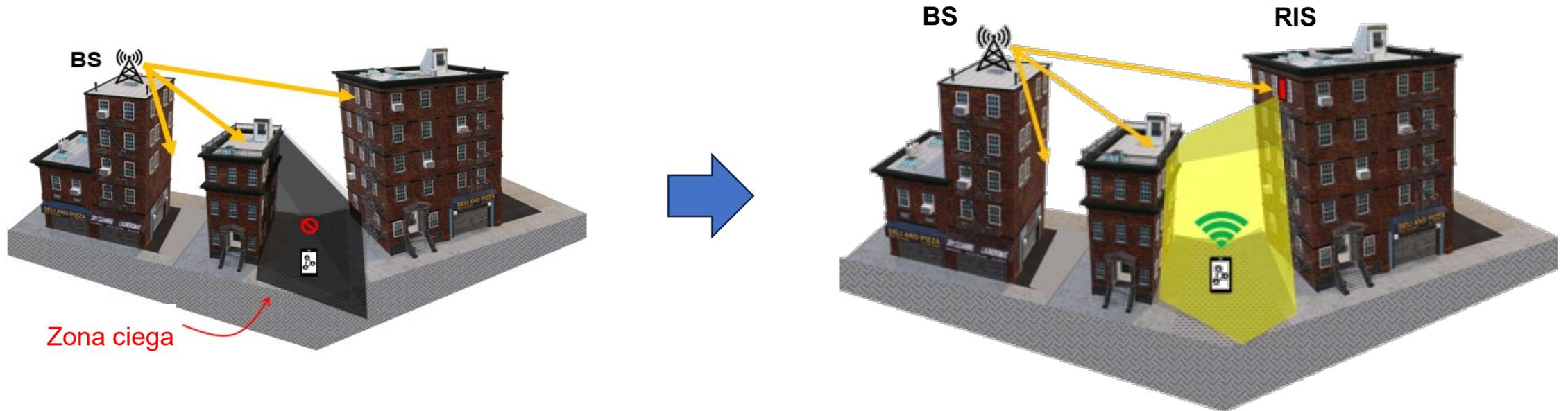
¿Instalamos más estaciones base, con celdas más pequeñas?





## ➤ Superficies Reflectoras Inteligentes (RIS):

- Solución energéticamente eficiente, de bajo coste y con bajo impacto visual.
- Mejora de la cobertura de zonas ciegas.
- Aparición de *entornos radio inteligentes*.





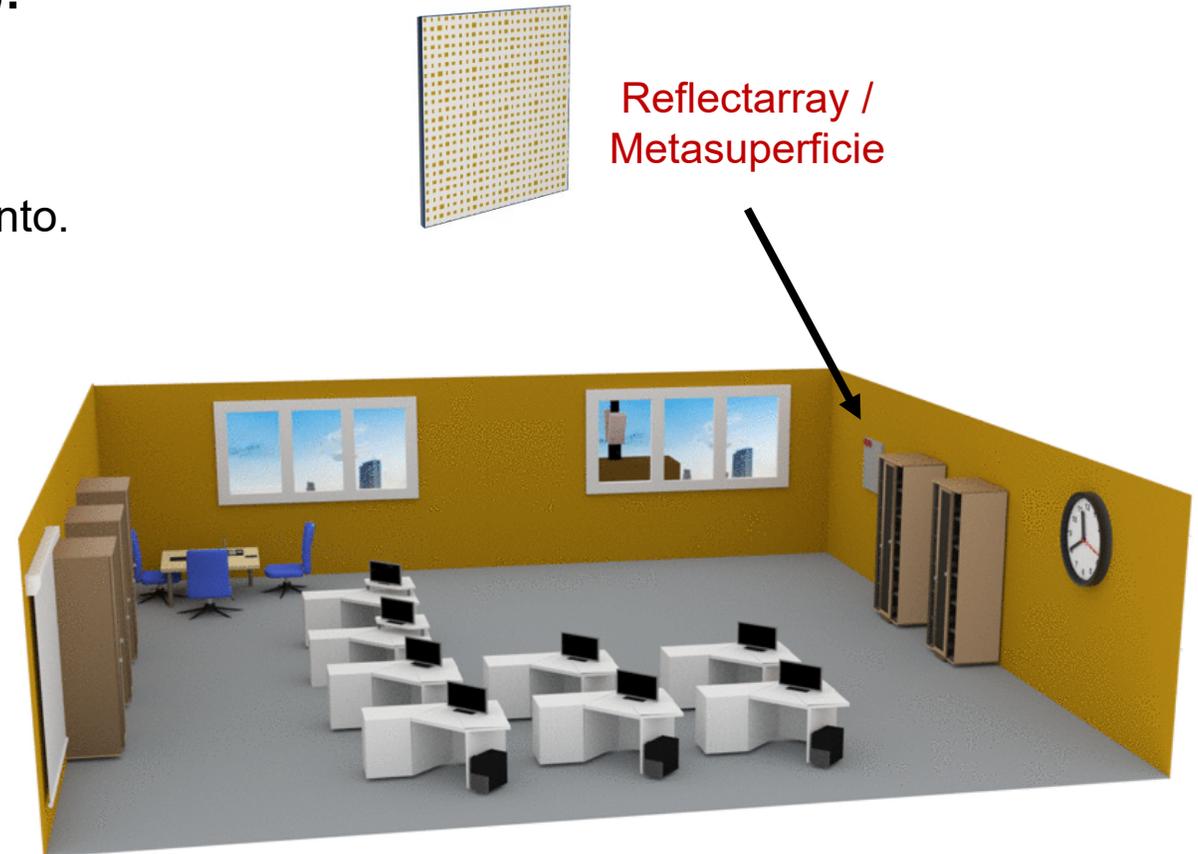
## ➤ Superficies Reflectoras Inteligentes (RIS):

### ❑ RIS pasivas (*electromagnetic skins*):

- Bajo coste de fabricación y mantenimiento.
- Energéticamente eficiente.
- Cobertura fija.

### ❑ RIS reconfigurables:

- Mayor complejidad y coste.
- Mayor consumo energético.
- Cobertura reconfigurable.

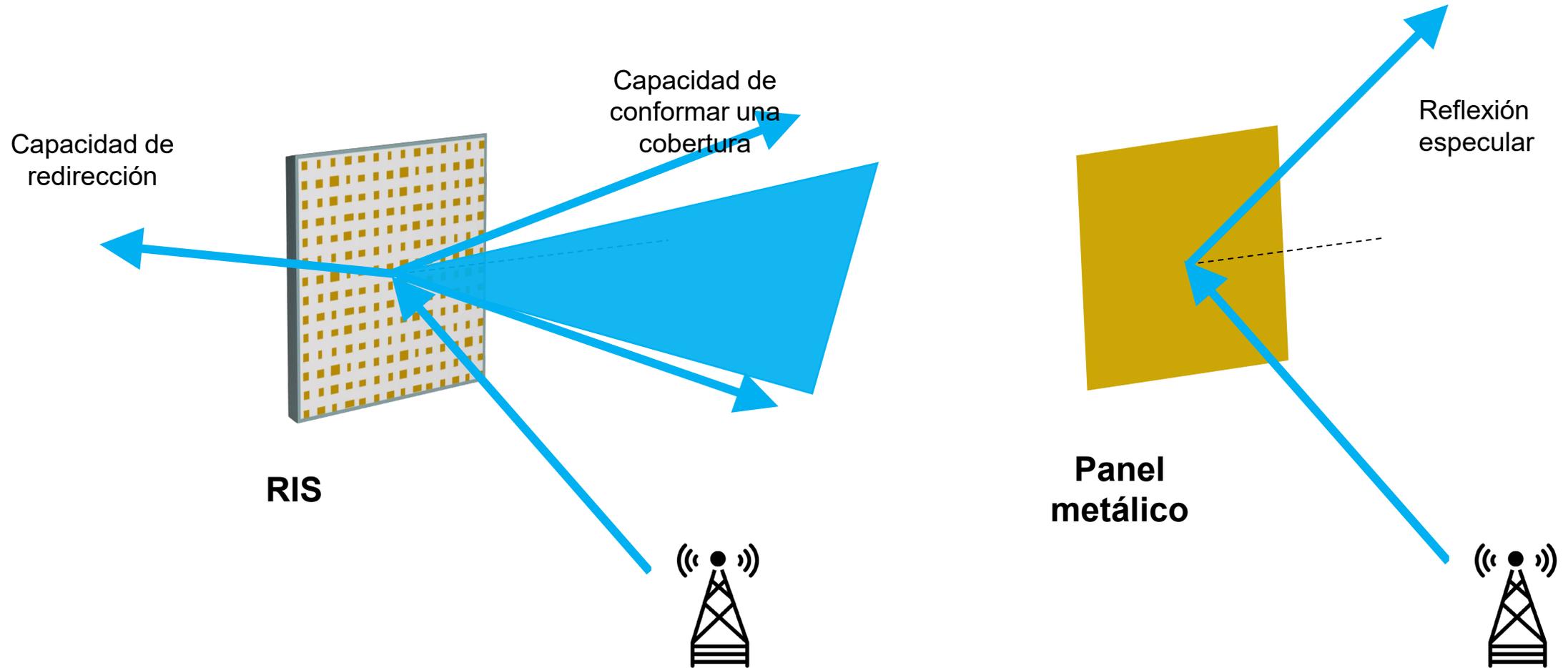


[3] E. Martínez-de-Rioja et al., "Passive dual-polarized shaped-beam reflectarrays to improve coverage in millimeter-wave 5G networks," EuCAP 2021.

[4] E. Martínez-de-Rioja et al., "Enhancement of 5G millimeter-wave coverage in indoor scenarios by passive shaped-beam reflectarray panels," EuCAP 2022.

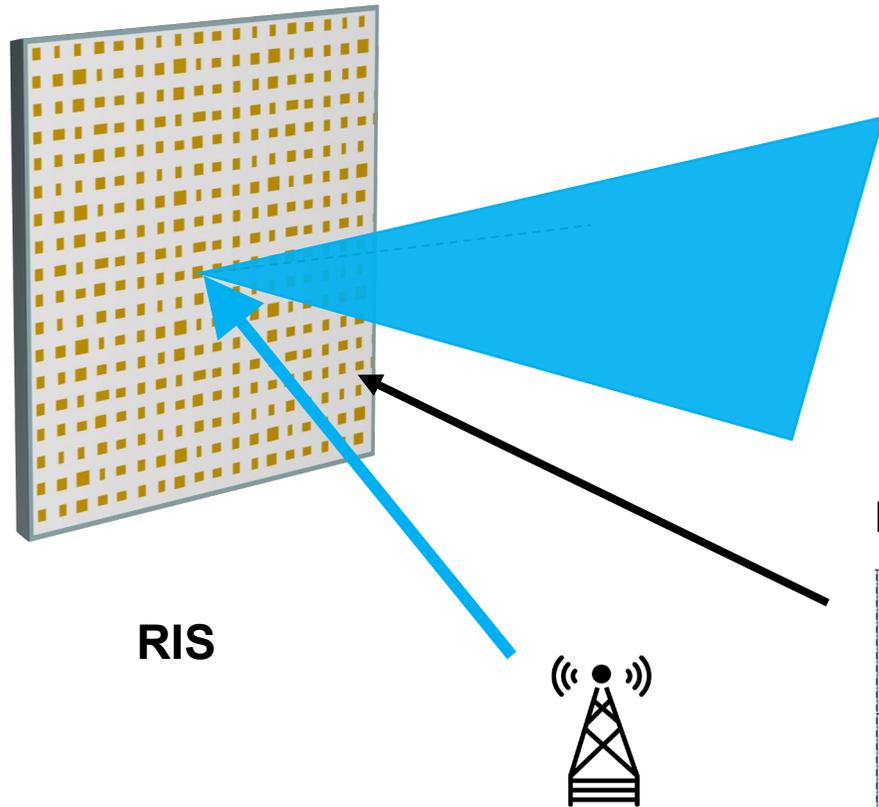


➤ **Principio de funcionamiento:** ¿Qué significa “inteligente”?





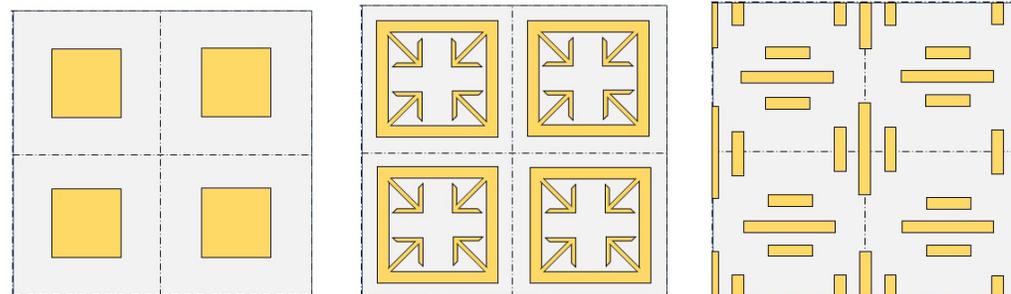
➤ Principio de funcionamiento:



	RIS	Plano Metálico
Reflejar la señal		
Redireccionar la señal		
Conformar la cobertura		

Y muchas cosas más!

Diversas topologías de elementos:

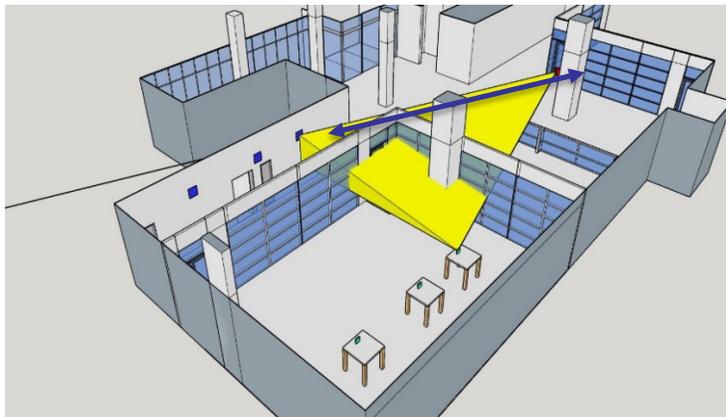




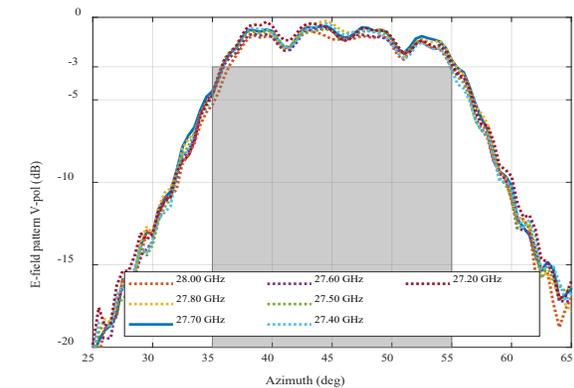
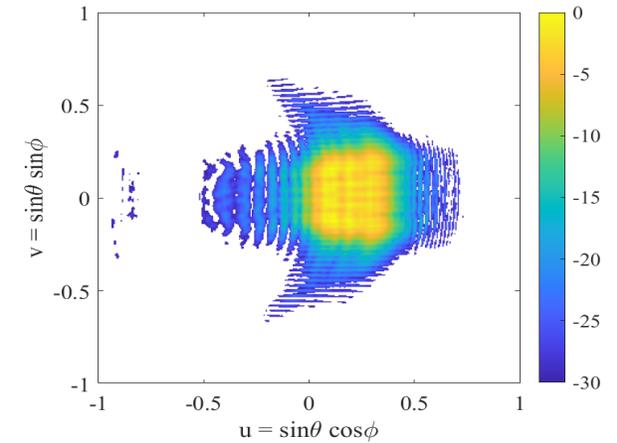
➤ Diseños de RIS pasivas 5G:

RIS de haz conformado y polarización dual.  
Banda de frecuencia: 28 GHz (5G FR2).

Cobertura interior: edificio de oficinas.



Prototipo de 40 cm x 40 cm, medido en cámara anecoica

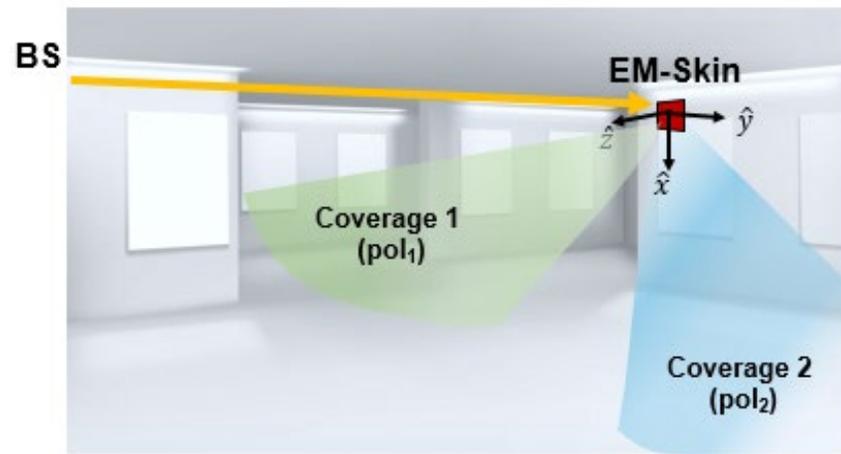


[5] A. F. Vaquero et al., “Smart Electromagnetic Skin to Enhance Near Field Coverage in mm-Wave 5G Indoor Scenarios”, IEEE TAP, May 2024.

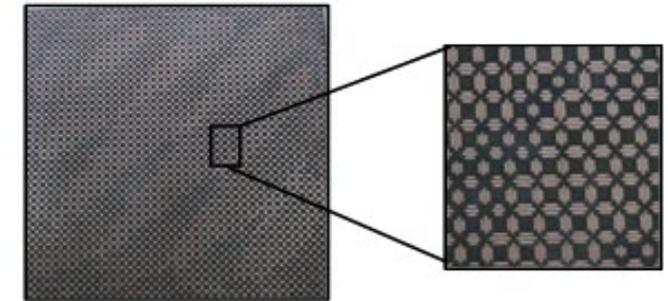
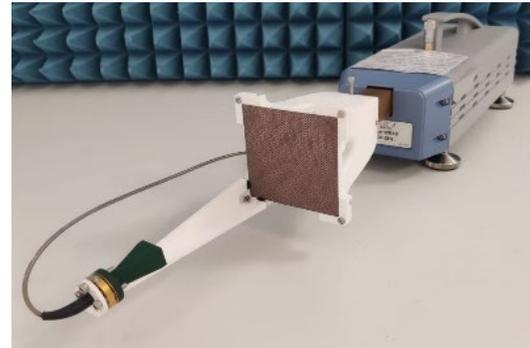


### ➤ Diseños de RIS pasivas 6G:

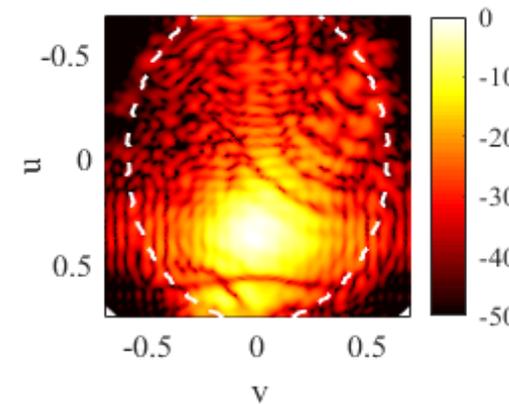
RIS con 2 haces ensanchados.  
Banda de frecuencia: 100 GHz (6G)  
Cobertura diferente en cada polarización.



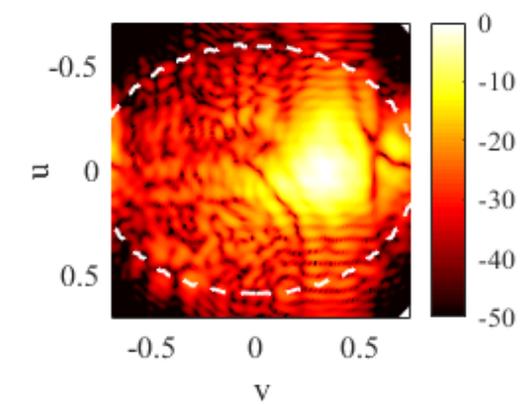
Prototipo de 7 cm x 7 cm



Polarización Vertical



Polarización Horizontal



[6] E. Martínez-de-Rioja et al., "Dual-Coverage Electromagnetic Skin with Independent Shaped Beams for Sub-THz 6G Communications," IEEE Access, Sept. 2024.



➤ Diseños de RIS multi-banda:

RIS de doble banda (26-30 y 38-40 GHz).

Cobertura diferente en cada banda.

Eliminación de zonas de sombra en exteriores.



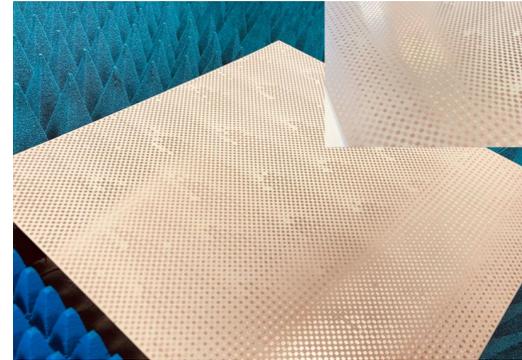
[7] E. Martinez-de-Rioja et al., "Dual-Band Electromagnetic Skin with Independent Reflection Performance at 28 and 39 GHz for 5G Millimeter-Wave Communications," IEEE AWPL, Jul. 2024.



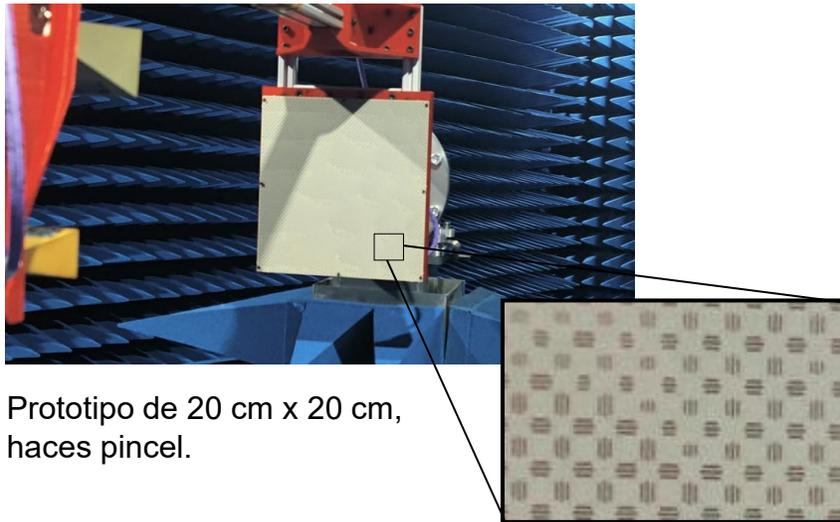
➤ Diseños de RIS multi-banda:

RIS de doble banda (26-30 y 38-40 GHz).  
Cobertura diferente en cada banda.

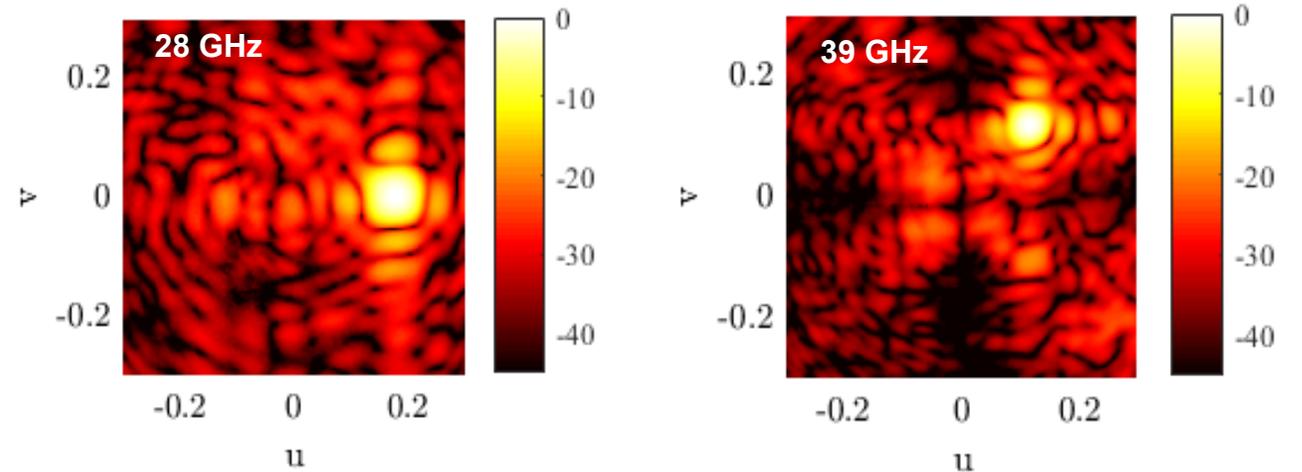
Eliminación de zonas de sombra en exteriores.



Prototipo de 30 cm x 30 cm,  
haces ensanchados.



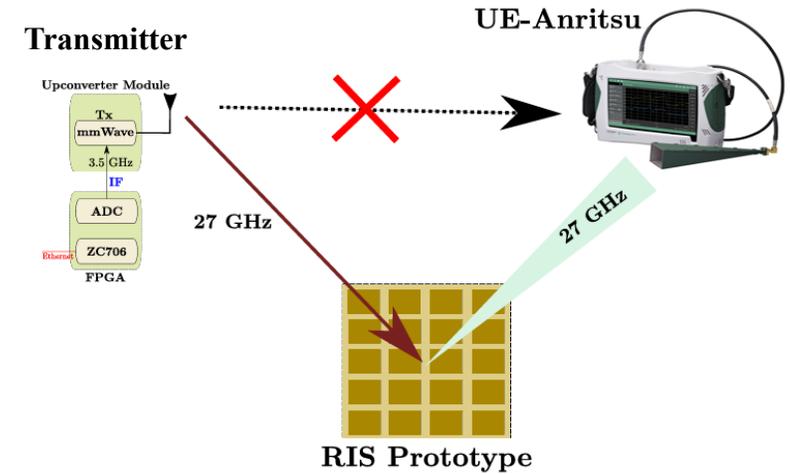
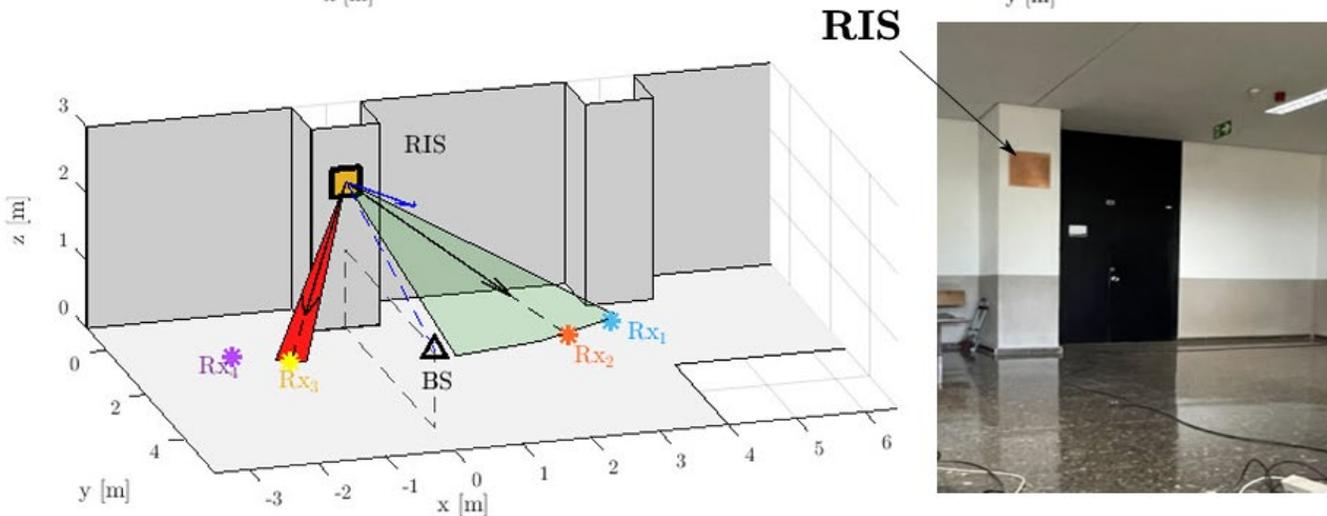
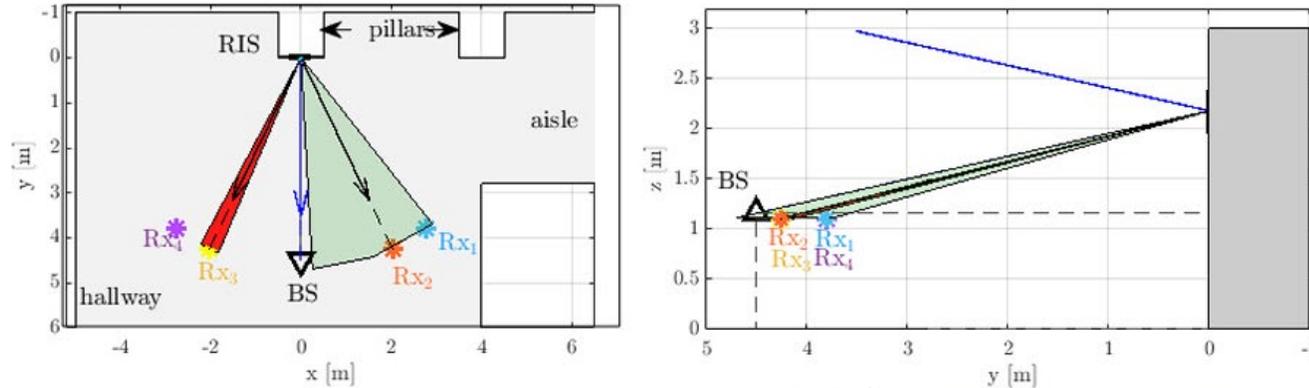
Prototipo de 20 cm x 20 cm,  
haces pincel.



[7] E. Martinez-de-Rioja et al., "Dual-Band Electromagnetic Skin with Independent Reflection Performance at 28 and 39 GHz for 5G Millimeter-Wave Communications," IEEE AWPL, Jul. 2024.



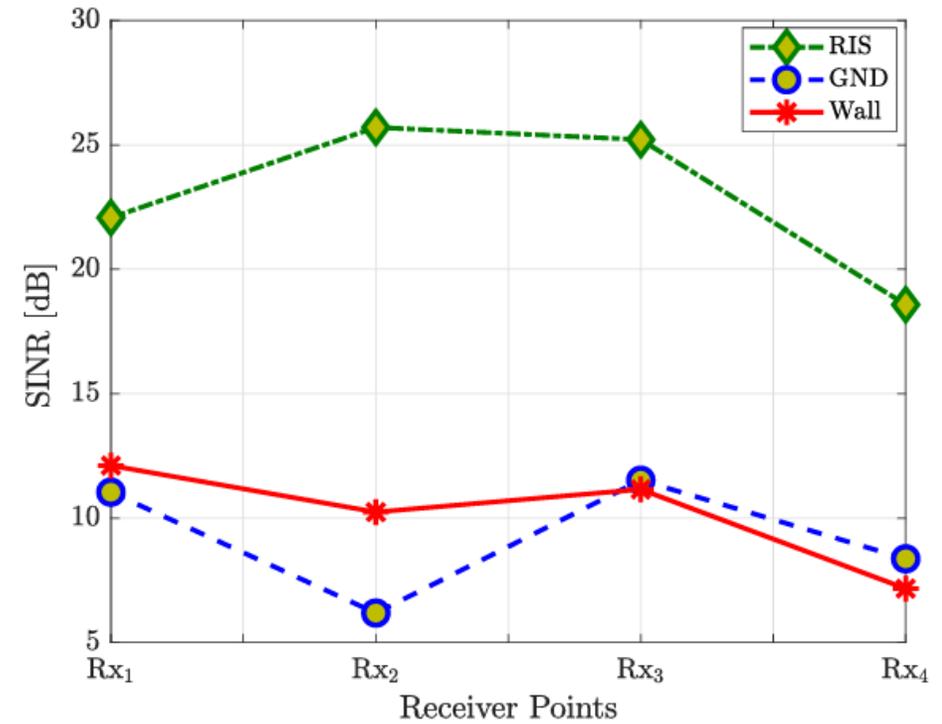
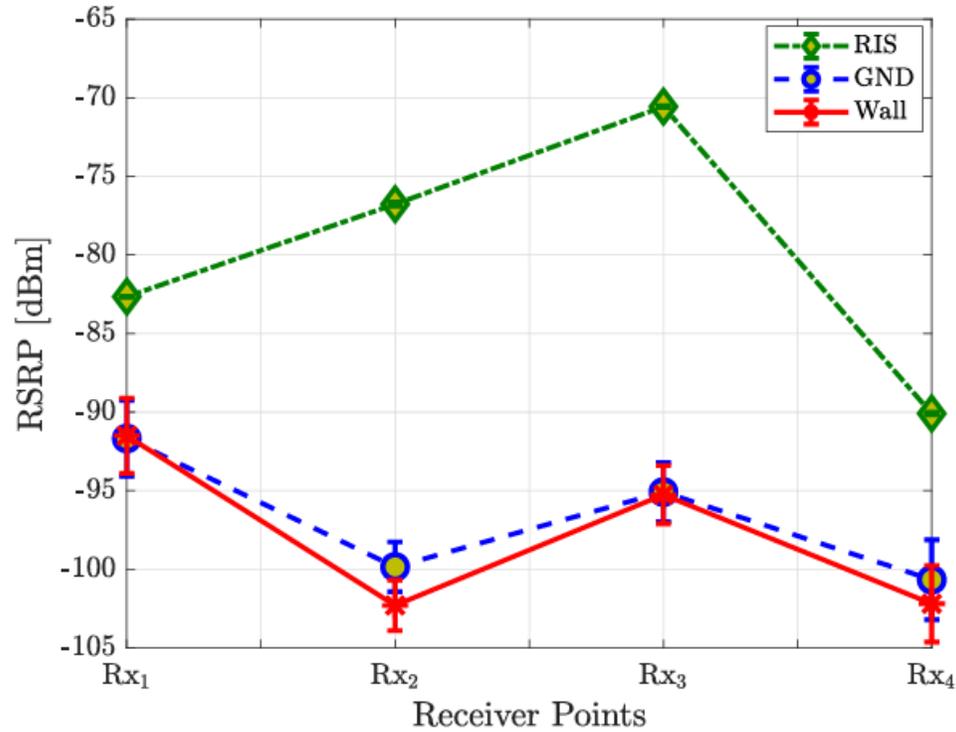
➤ Evaluación de prestaciones: escenario real (27 GHz)



Parameters	FR2 5G signal
$F_s$	50 MHz
Modulation	16-QAM
Target Code Rate	1/2
Subcarriers $\times$ RB	12
$N_{symbol}^{slot}$	14
Slots $\times$ Subframe	8
$n_f^\mu$	80
SS/PBCH Block	slot 0
Subcarrier Spacing	120 kHz
Number of Cell ID	0



➤ Evaluación de prestaciones: escenario real (27 GHz)





## Conclusiones:

- Nuevas redes 5G y 6G en bandas de milimétricas.
  - Reto: ¿cómo resolver los problemas de cobertura?
- Superficies reflectoras inteligentes (RIS):
  - Tecnología de bajo coste.
  - Energéticamente eficiente.
  - Bajo impacto visual en el entorno.
- Desarrollo de “entornos radio inteligentes”.

**¡Muchas gracias!**



Este trabajo ha sido financiado por  
el Ministerio de Ciencia e Innovación y la Agencia Estatal de Investigación mediante los proyectos  
PID2020-114172RB-C21-2, TED2021-131975A-I00 y TSI-063000-2021-83,  
los dos últimos cofinanciados por la Unión Europea dentro del plan NextGeneration EU,  
y la Comunidad de Madrid, dentro del Acuerdo Multianual con la Universidad Rey Juan Carlos, Línea de Acción 1,  
Proyecto de Jóvenes Doctores INCREASE-5G (Ref. F858)