

LIFI: EL FUTURO DE LAS COMUNICACIONES VLC

Realizado por Rafael Arellano García

Consultor: Ferrán Adelantado Freixer

Grado de Tecnologías de Telecomunicación

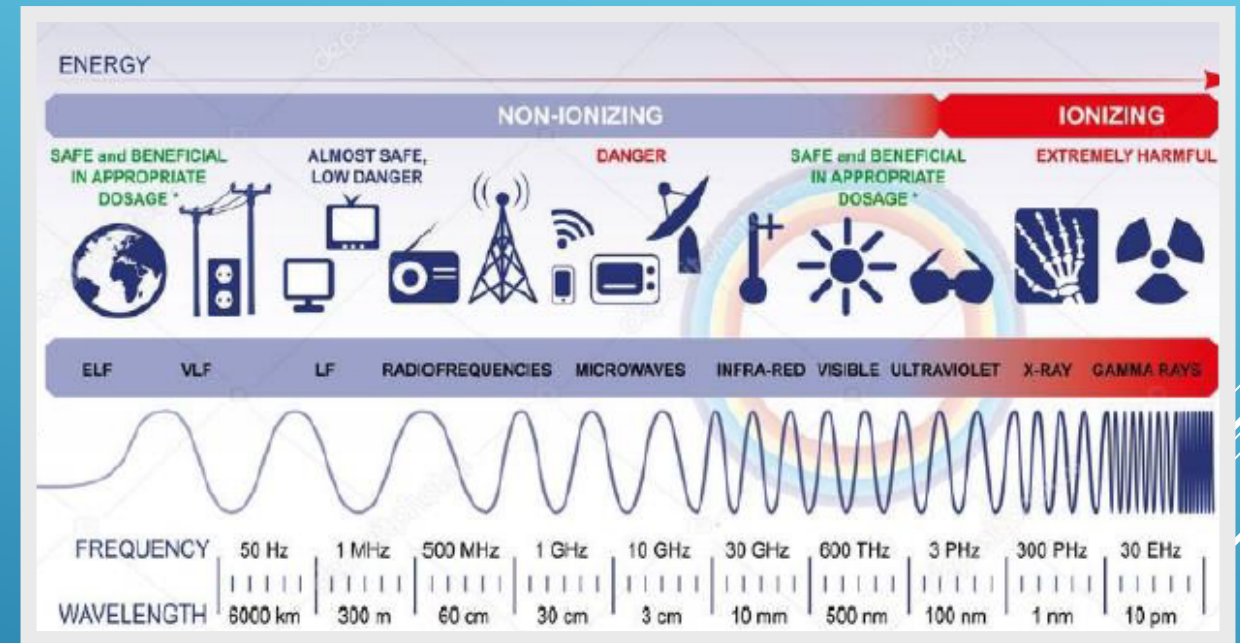


CONTENIDO

- Introducción
 - ▮ Objetivos y metodología
 - ▮ Problemática de las comunicaciones RF
 - ▮ ¿Qué es LiFi?
 - ▮ ¿Cómo funciona?
 - ▮ Actuales campos de investigación
 - ▮ Productos LiFi
 - ▮ Estándar 802.15.7
 - ▮ Comparación con otras tecnologías inalámbricas
 - ▮ Modelo de propagación LOS
 - ▮ Análisis de parámetros
 - ▮ Conclusiones
- 
- Several white lines of varying lengths and orientations are positioned in the bottom right corner of the slide, creating a modern, abstract graphic element.

INTRODUCCIÓN

- Se necesitan buscar alternativas a las comunicaciones basadas en radiofrecuencia
- Esto es debido a:
 - Congestión de la banda de RF
 - Interferencias entre señales de RF
 - Aumento del consumo de datos
 - Necesidad de mayores velocidades y ancho de banda



OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Objetivos:

- ▶ Analizar la tecnología LiFi
- ▶ Analizar sus posibles ventajas
- ▶ Analizar el posible futuro de esta tecnología

Metodología usada:

- ▶ Lectura y análisis de artículos y *papers*
 - ▶ Análisis de documentación técnica
 - ▶ Búsqueda de webs de referencia y de fabricantes
- 
- Several white lines of varying lengths and orientations are positioned in the bottom right corner of the slide, creating a modern, abstract graphic element.

PROBLEMAS DE LAS COMUNICACIONES RF

Los problemas actuales de las comunicaciones RF son:

- ▶ Problemas de capacidad
 - ▶ Disponibilidad de frecuencias libres
 - ▶ Eficiencia energética
 - ▶ Seguridad
 - ▶ Interferencias Electromagnéticas (EMI)
- 
- Several white lines of varying lengths and orientations are positioned in the bottom right corner of the slide, creating a modern, abstract graphic element.

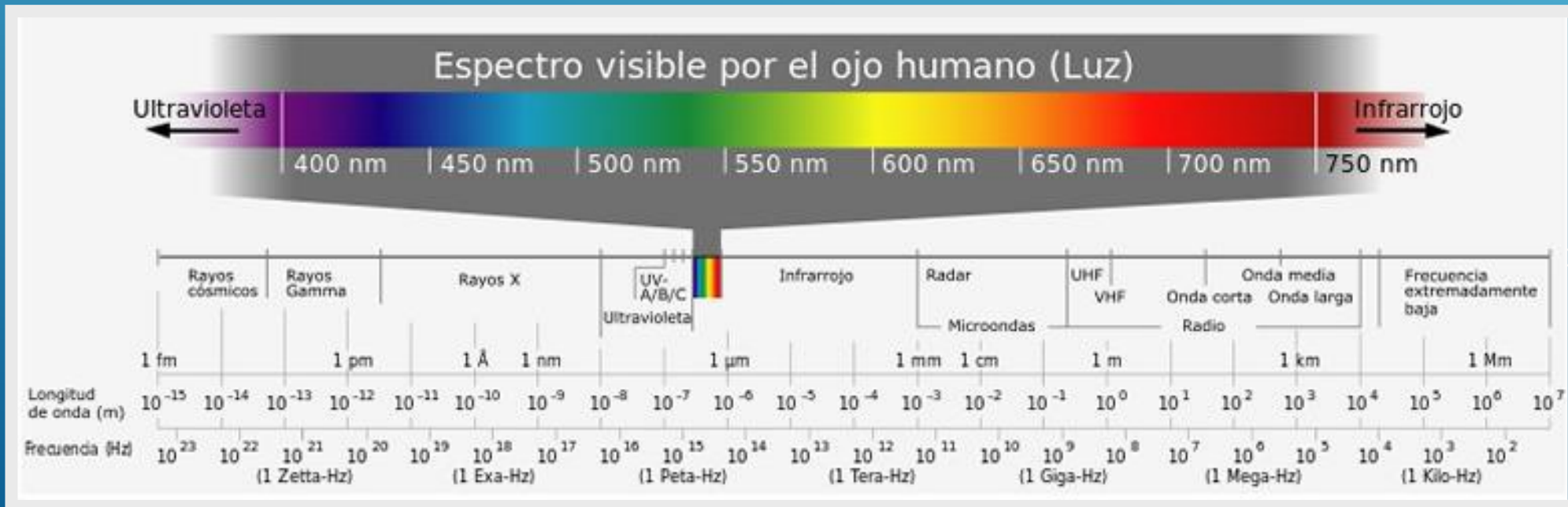
¿QUÉ ES LIFI?



- ▮ Utiliza la luz visible
- ▮ Mayor ancho de banda y velocidad de transmisión que RF
- ▮ Gran eficiencia energética
- ▮ Mínimo desembolso para su implantación
- ▮ Solo da cobertura donde ilumina
- ▮ Cumple el estándar IEEE 802.15.7

¿QUÉ ES LIFI?

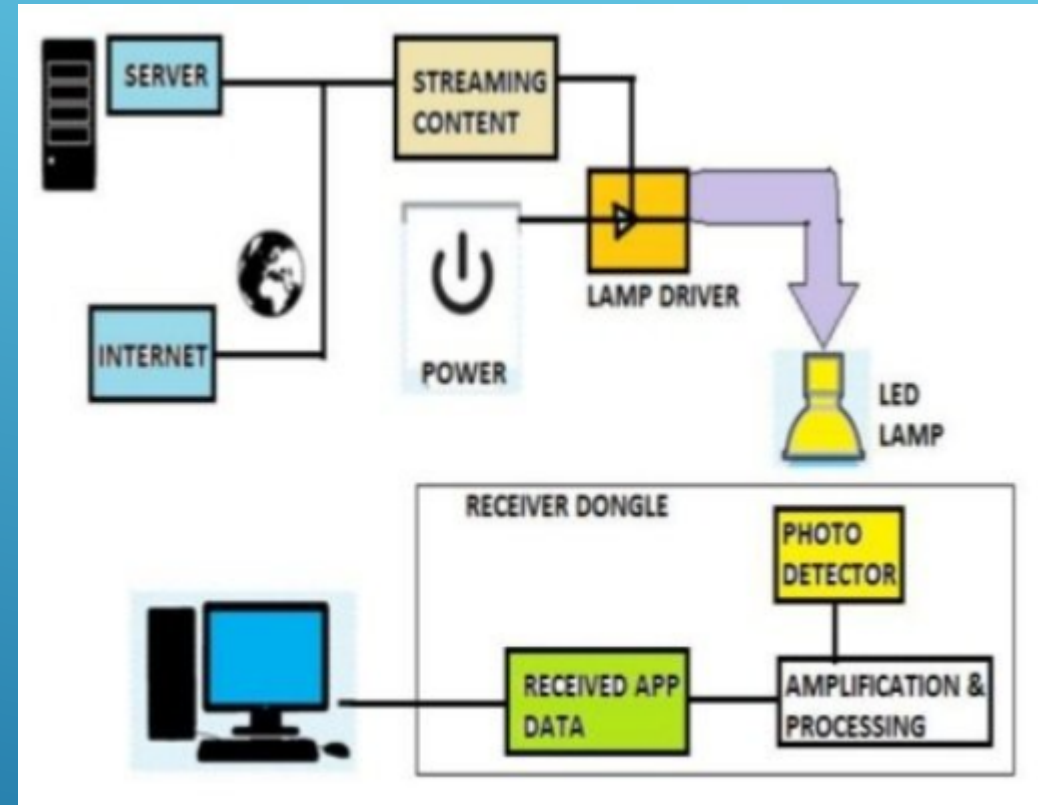
- ▶ Utiliza la parte visible del espectro electromagnético (400 THz – 800 THz)
- ▶ Parte del espectro sin regular
- ▶ Puede ofrecer comunicación mientras ilumina



¿CÓMO FUNCIONA?

Esta compuesto por:

- ▶ Transmisor (LED)
- ▶ Canal de visión directa
- ▶ Receptor (Fotodiodo)



ACTUALES CAMPOS DE INVESTIGACIÓN

Organización	Área de investigación	País
NASA & LVX	Investigación y desarrollo de nuevas aplicaciones para VLC y LiFi	EEUU
Universidad de Oxford	Enlaces de hasta 224Gbps	Reino Unido
Instituto Fraunhofer Heinrich Hertz	Prototipo de luz visible bidireccional en tiempo real de 500Mbps	Alemania
Universidad de Edimburgo	Propiedades de comunicación de los diodos láser de luz visible	Escocia
	Modulación OFDM para comunicaciones VLC	
Disney Research	Comunicación de dispositivo a dispositivo de baja velocidad	Suiza
Varias universidades e institutos	Coexistencia entre WiFi y LiFi	Global
Comisión europea	Proyecto OMEGA: VLC a 100 Mbps	UE
Keio University Group	Sistemas de modulación para semáforos	Japón
Universidad de Boston	Sistema híbrido de RF y VLC	EEUU
KAIST University	Técnicas de control de atenuación en VLC	Corea

PRODUCTOS LIFI

Producto	Empresa	País	Año de creación	Velocidad de TX	Utilidad
Li-1st	pureLifi	Reino Unido	2013	11,5 Mbps	Conexión inalámbrica
Li-Flame	pureLifi	Reino Unido	2015	11,5 Mbps	Conexión inalámbrica
LiFi-X	pureLifi	Reino Unido	2016	42Mbps	Conexión inalámbrica
GEOLiFi	OLEDComm	Francia	2011	N/A	Posicionamiento en interiores
LiFiNET	OLEDComm	Francia	2011	30 Mbps	Conexión inalámbrica
LiFiMAX	OLEDComm	Francia	2019	100Mbps	Conexión inalámbrica
HALO	ZERO1	Emiratos Árabes	2017	N/A	Módem
Ores LiFi	Lucibel	Francia	2017	42Mbps	Conexión inalámbrica
Li-Bluetooth	SLUX	Suiza	2017	15 Mbps	Conexión inalámbrica
Geo VLC	LUCIOM	Francia	2013	N/A	Posicionamiento en interiores
LED LiFi	LUCIOM	Francia	2015	20 Mbps	Conexión inalámbrica
GeoLiFi	basic6	EEUU	2015	N/A	Posicionamiento en interiores
LiFi en aviones y oficinas	Velmenni	Estonia	2015	1Gbps	Conexión inalámbrica
Solución dúplex	Fraunhofer IPMS	Alemania	2018	1Gbps	Conexión inalámbrica
Conexión por fotones de luz	LVX System	EEUU	2010	3,Mbps	Conexión inalámbrica
LiFi bidireccional	SISOFT	México	2016	30 Mbps	Conexión inalámbrica
eldoLED	Acuity Bands	EEUU	2014	N/A	Posicionamiento en interiores
BeamCaster	Stins Coman	Rusia	2014	1,25 Gbps	Conexión inalámbrica
Illuma	NASA	EEUU	2019	622Mbps	Comunicación satelital

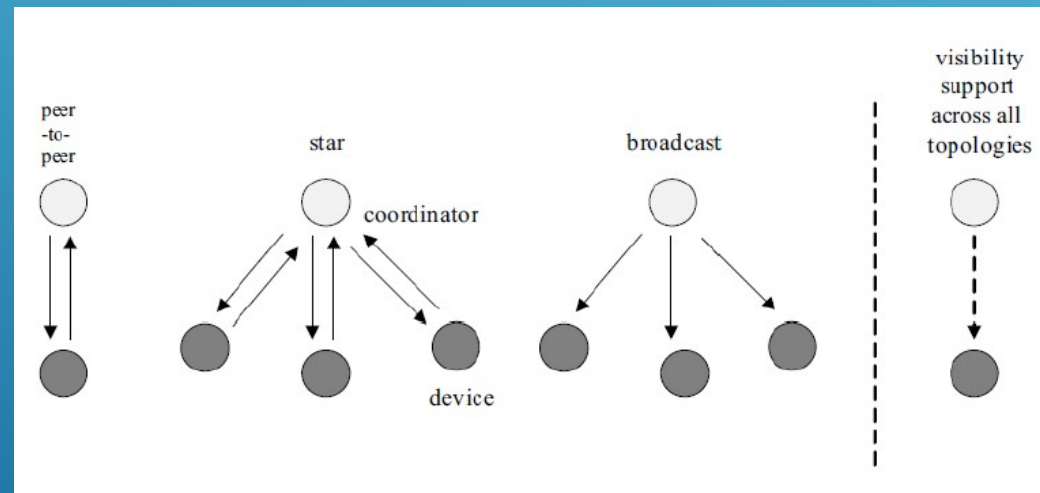


ESTÁNDAR IEEE 802.15.7

Topologías de red

El estándar IEEE 802.15.7 de redes de área personal en comunicaciones por luz visible (VPAN) indica que VLC permite tres tipos topologías:

- ▶ Topología en estrella
- ▶ Topología punto a punto
- ▶ Topología de difusión

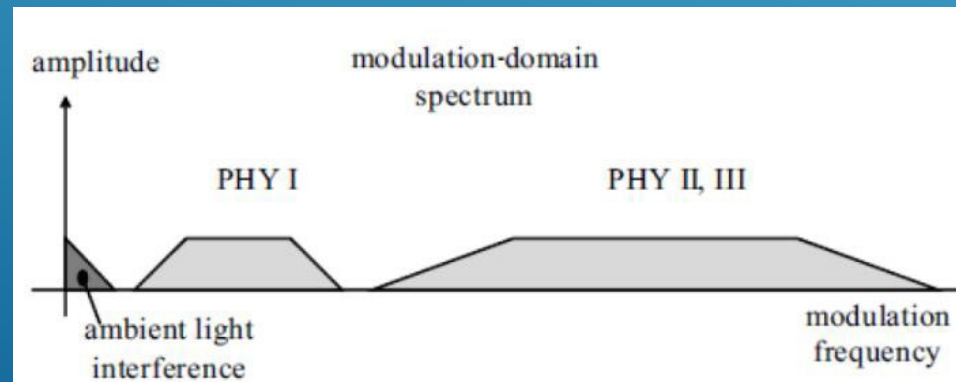


ESTÁNDAR IEEE 802.15.7

Arquitectura subcapa PHY

Existen 3 tipos de capa PHY:

- ▶ PHY I: Uso en exteriores. Tasas de cientos de kbps
- ▶ PHY II: Uso en interiores. Tasas de Mbps
- ▶ PHY III: Múltiples fuentes y detectores de luz. Tasas de Mbps



ESTÁNDAR IEEE 802.15.7

Arquitectura subcapa MAC

La subcapa MAC es la encargada de gestionar:

- ▶ *Beacons*
- ▶ Acceso al medio
- ▶ El slot de tiempo garantizado (GTS)
- ▶ Validación de trama
- ▶ Trama de ACK
- ▶ Asociación y desasociación

Además también se encarga de:

- ▶ Estabilizar el color
- ▶ Control de atenuación del parpadeo
- ▶ Selección de la tasa de reloj

COMPARACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

	LiFi	WiFi	WiMAX	LTE	Bluetooth 5.0	ZigBee	NFC
Norma	IEEE 802.15.7	IEEE 802.11ac	IEEE 802.16m-2011	3GPP 4G	Bluetooth v5.0	IEEE 802.15.4	ISO 14443
Rango de frecuencias	385 - 784 THz	2,4 - 5 GHz	2-11 GHz	Multibanda	2,4 - 5GHz	2,4 GHz	13,56 MHz
Ancho de Banda	Ilimitado	160 MHz	20 MHz	20 MHz	2 MHz	9,15 MHz	13,56 MHz
Velocidad de transmisión	1Gbps	433 Mbps	100 Mbps móvil 1Gbps fijo	326,5 Mbps	50 Mbps	250 kbps	848 kbps
Cobertura	10 m	100 m	70 Km	5 km	240 m	10 m	0,2 m
Perdidas de propagación	170 dB	86 dB	140 dB	125dB (1km)	2dB	3dB	0,5 dB
Consumo	1mW	100 mW	30 W	1,26 W	1mW	1mW	1mW
Latencia	Muy baja	Media	Alta	Muy baja	Baja	Baja	Muy Baja
Medidas de seguridad	Sin regular	Intensidad regulada	Intensidad regulada	Intensidad regulada	Intensidad regulada	Intensidad regulada	Intensidad regulada
Seguridad en la transmisión	Alta	Limitada	Limitada	Media	Alta	Alta	Alta
Coste de red	Bajo	Medio	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo
Complejidad del sistema	Bajo	Alta	Alta	Alta	Bajo	Bajo	Bajo
Impacto medioambiental	No	Si	Si	Si	No	No	No
Interferencias electromagnéticas	No	Si	Si	Si	No	No	Si

- ▮ Más veloz
- ▮ Ancho de banda ilimitado
- ▮ Consumo mínimo
- ▮ Muy baja latencia
- ▮ Muy segura
- ▮ Barata
- ▮ Ecológica
- ▮ Sin interferencias electromagnéticas

MODELO DE PROPAGACIÓN LOS

$$R_0(\phi) = \begin{cases} \frac{(m_l + 1)}{2\pi} \cos^{m_l}(\phi) & \text{para } \phi \in [-\pi/2, \pi/2] \\ 0 & \text{para } \phi \geq \pi/2 \end{cases}$$

Distribución del patrón de radiación

$$m_l = \frac{-\ln 2}{\ln(\cos \phi_{1/2})}$$

Relación con el semiángulo $\phi_{1/2}$

$$S(\phi) = P_t \frac{(m_l + 1)}{2\pi} \cos^{m_l}(\phi)$$

Intensidad de radiación

$$A_{eff}(\psi) = \begin{cases} A_r \cos \psi & \text{para } 0 \leq \psi \leq \pi/2 \\ 0 & \text{para } \psi > \pi/2 \end{cases}$$

Área de detección efectiva

$$g(\psi) = \begin{cases} \frac{n^2}{\sin^2 \psi_c} & \text{para } 0 \leq \psi \leq \psi_c \\ 0 & \text{para } \psi > \psi_c \end{cases}$$

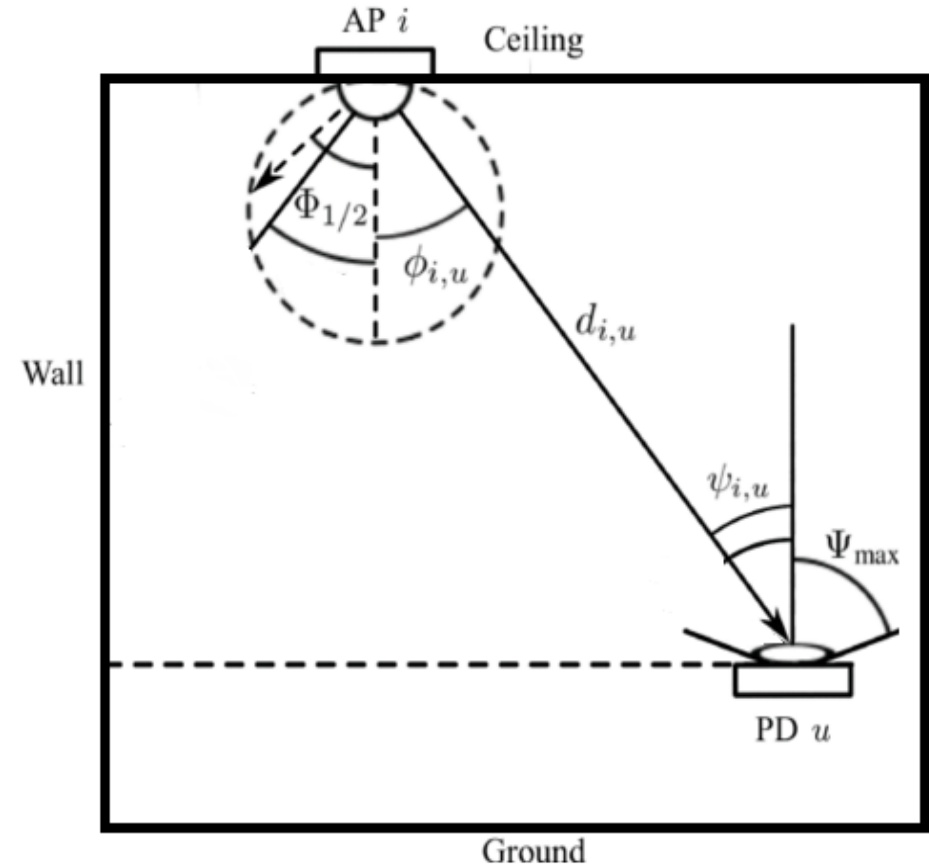
Ganancia óptica del concentrador

$$A_{coll} \sin\left(\frac{\psi_c}{2}\right) \leq A_r$$

Relación entre el área de detección y área del fotodetector

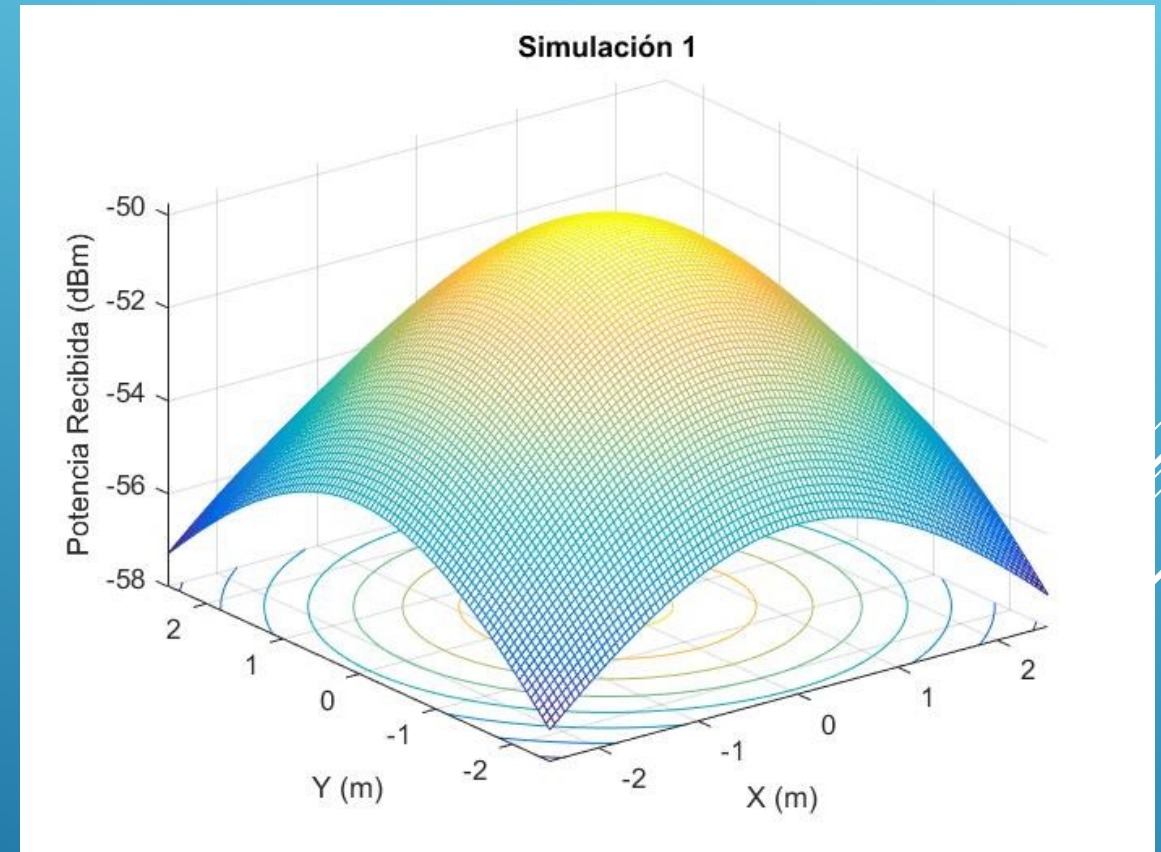
$$H_{los}(0) = \begin{cases} \frac{A_r (m_l + 1)}{2\pi d^2} \cos^{m_l}(\phi) T_s(\psi) g(\psi) \cos \psi & \text{para } 0 \leq \psi \leq \psi_c \\ 0 & \text{cualquier otro caso} \end{cases}$$

Canal LOS



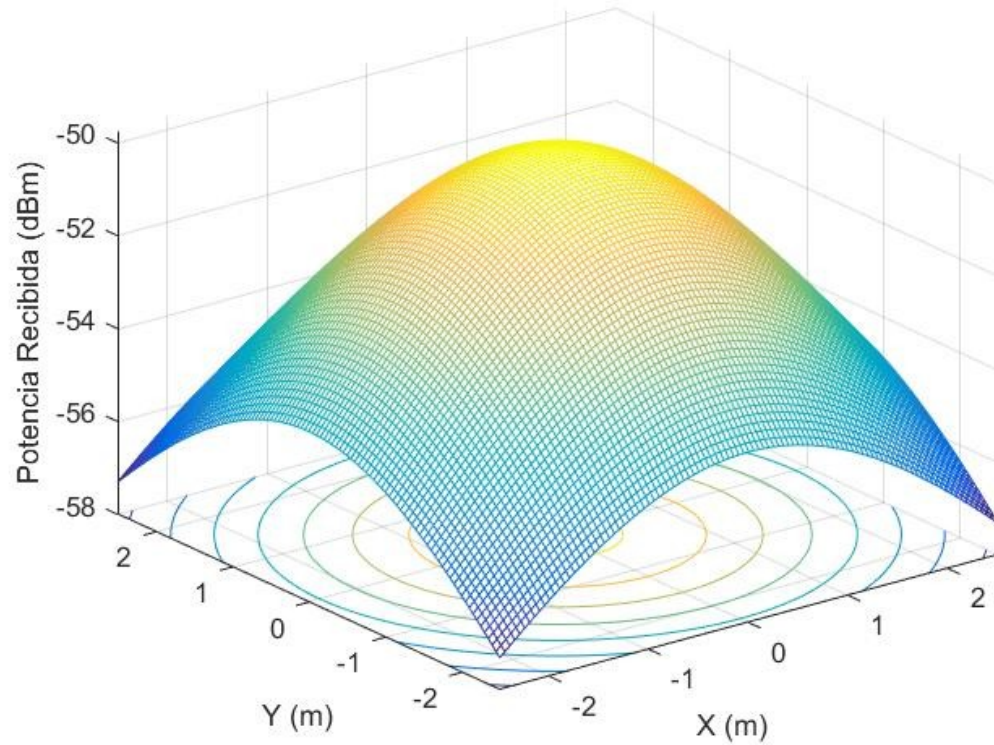
ANÁLISIS DE PARÁMETROS

Datos de simulación			
Descripción	Parámetro	Valor	Unidades
Semiángulo de media potencia	$\phi_{1/2}$	60	°
Potencia transmitida por el LED	P	3	W
Ganancia filtro óptico	Ts	1	
Área del fotodetector	Apd	1	cm ²
Índice de refracción de la lente	n	1	
FOV del receptor	ψ_{max}	90	°
Dimensiones de la habitación	x, y, z	5x5x2,5	m
Posición del LED	$[x_0, y_0]$	[0,0] centro de la habitación	m
Distancia entre el AP y el receptor	h	3	m
Coefficiente de conversión k	k	3	
Sensibilidad de PD	Rpd	0,53	A/W



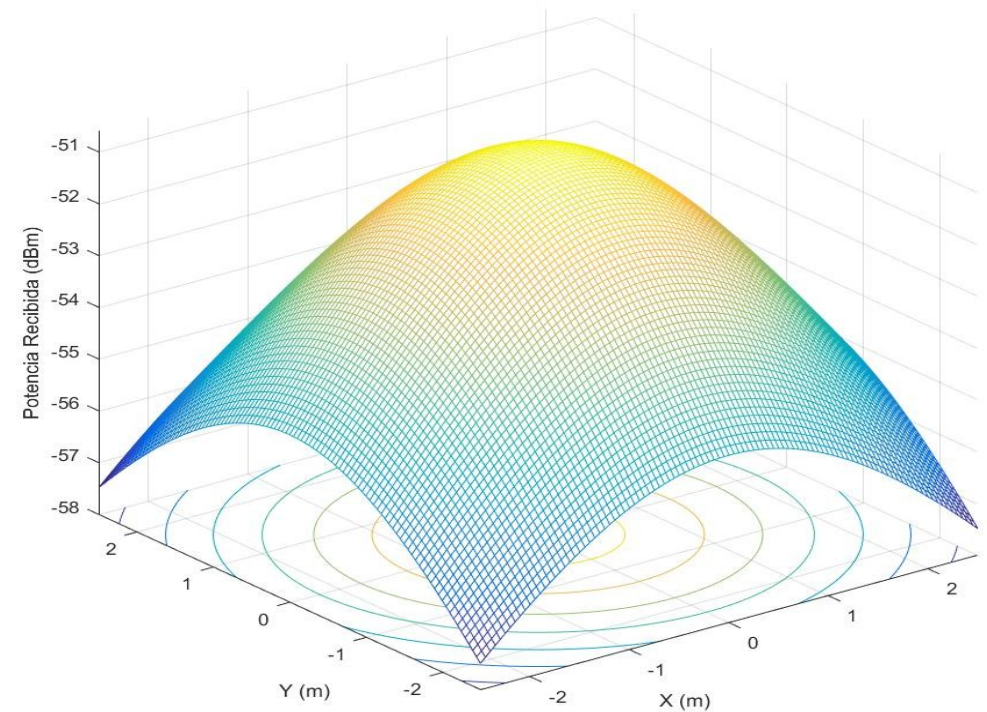
ANÁLISIS DE PARÁMETROS

Simulación 1



Semiángulo de media potencia $\phi_{1/2}$ 60 °

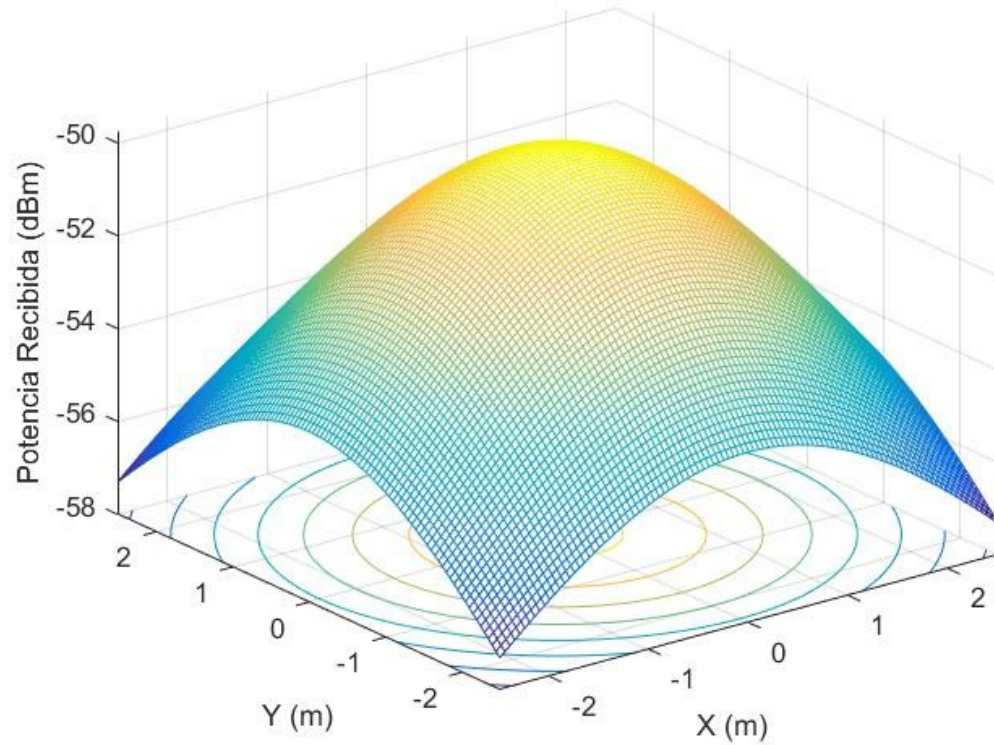
Simulación 2



Semiángulo de media potencia $\phi_{1/2}$ 70 °

ANÁLISIS DE PARÁMETROS

Simulación 1

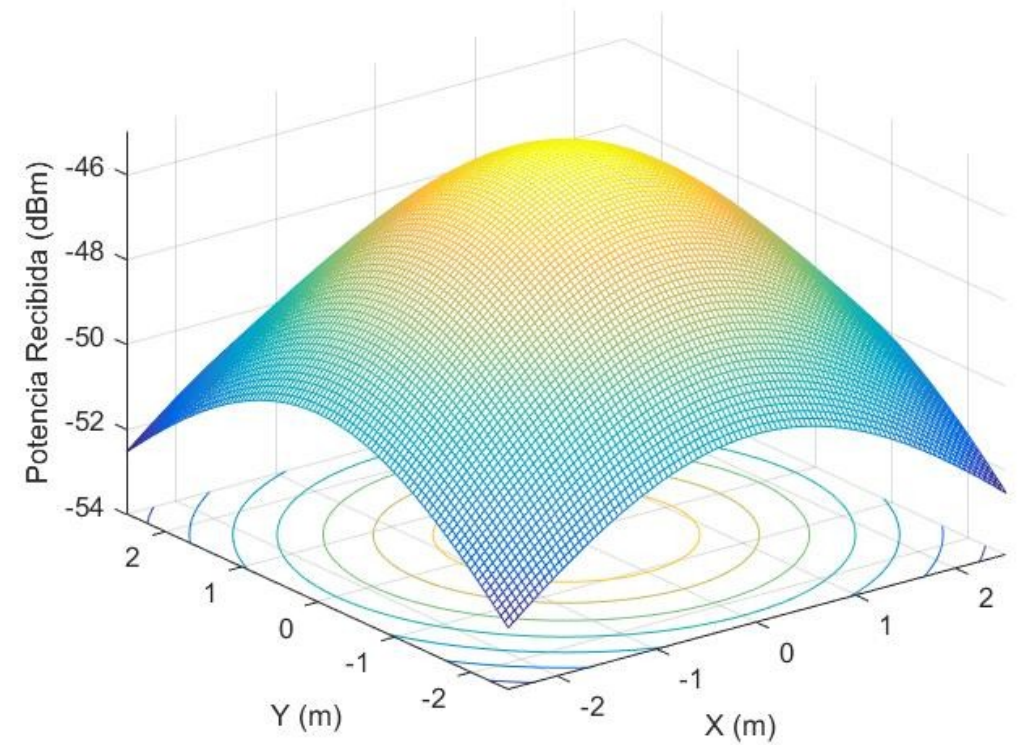


Ganancia filtro óptico

T_s

1

Simulación 3



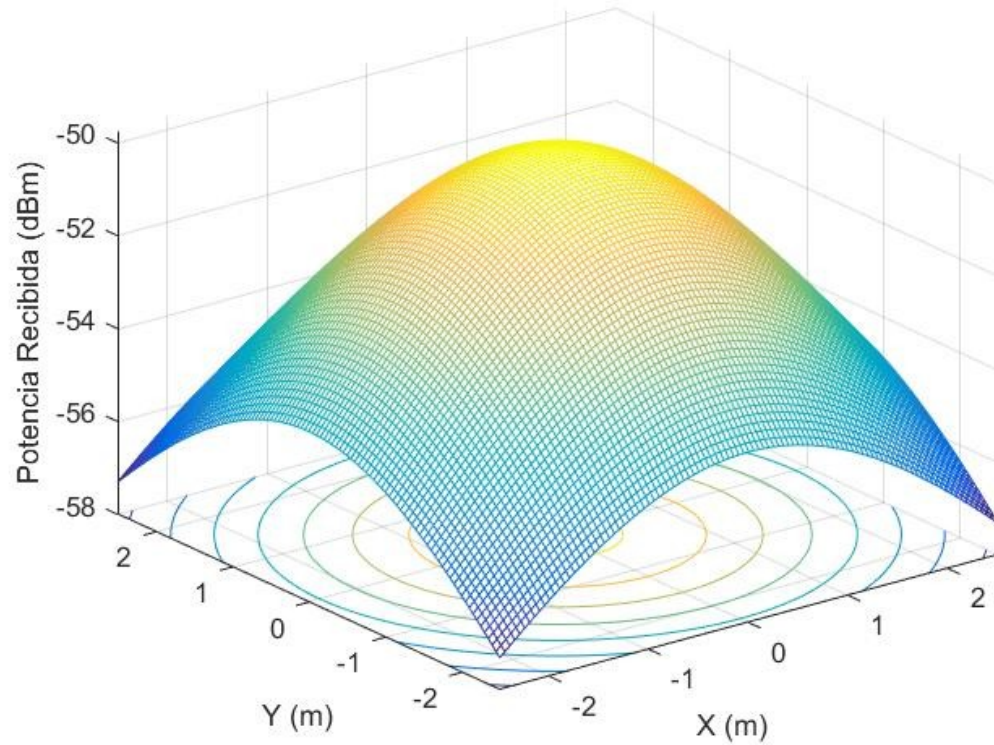
Ganancia filtro óptico

T_s

3

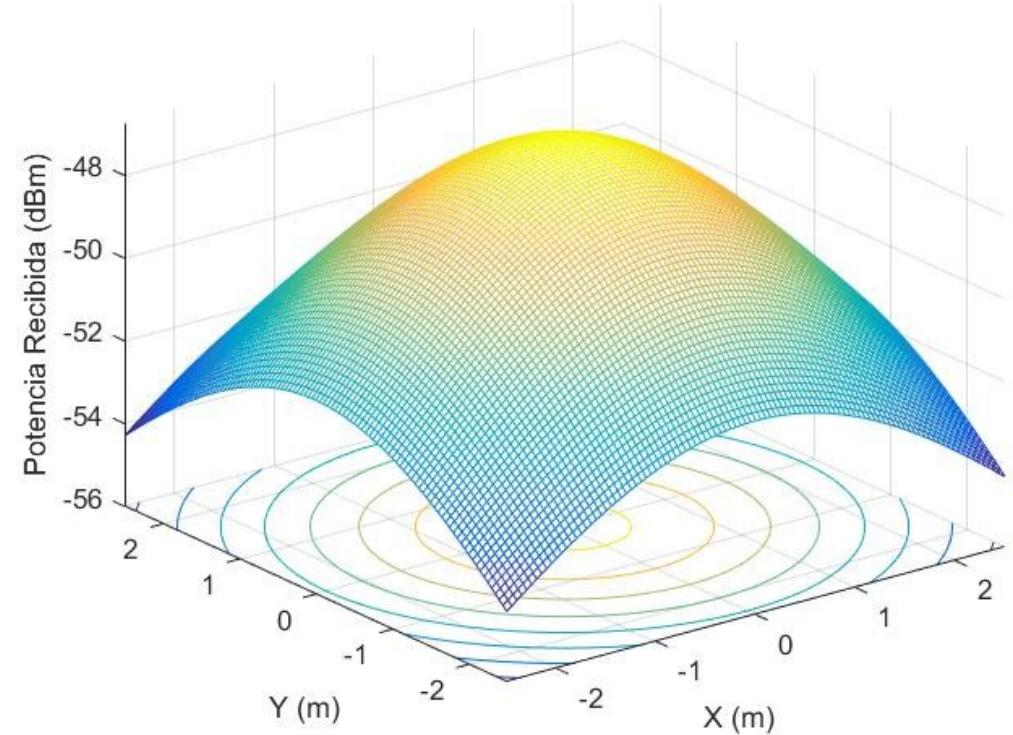
ANÁLISIS DE PARÁMETROS

Simulación 1



Área del fotodetector Apd 1 cm²

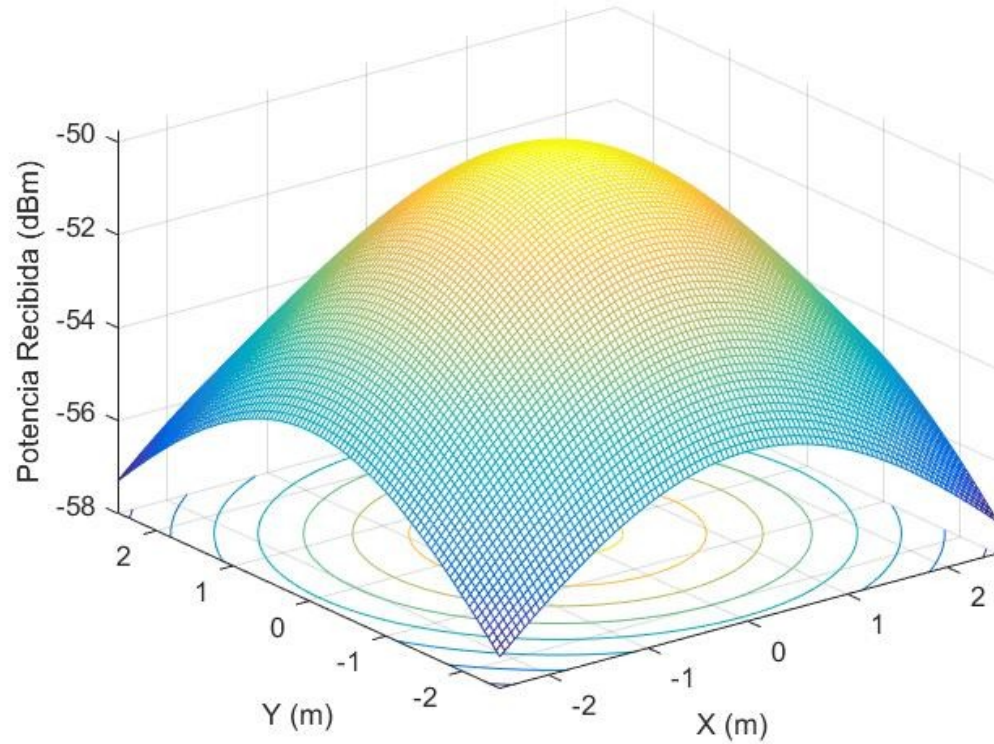
Simulación 4



Área del fotodetector Apd 2 cm²

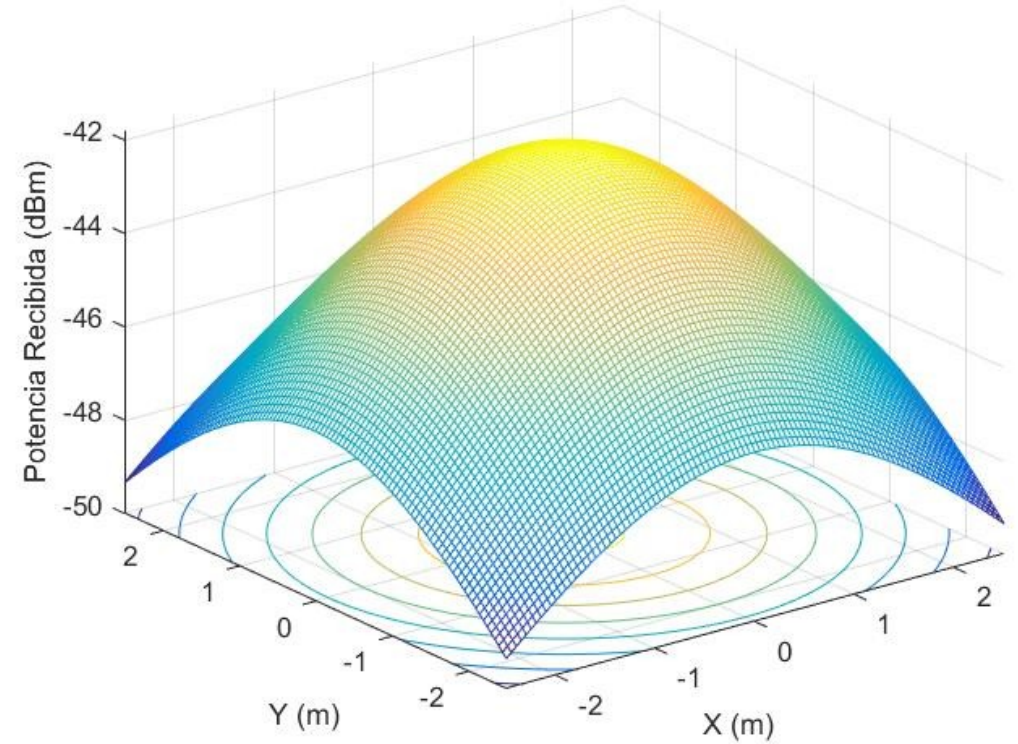
ANÁLISIS DE PARÁMETROS

Simulación 1



Índice de refracción de la lente n 1

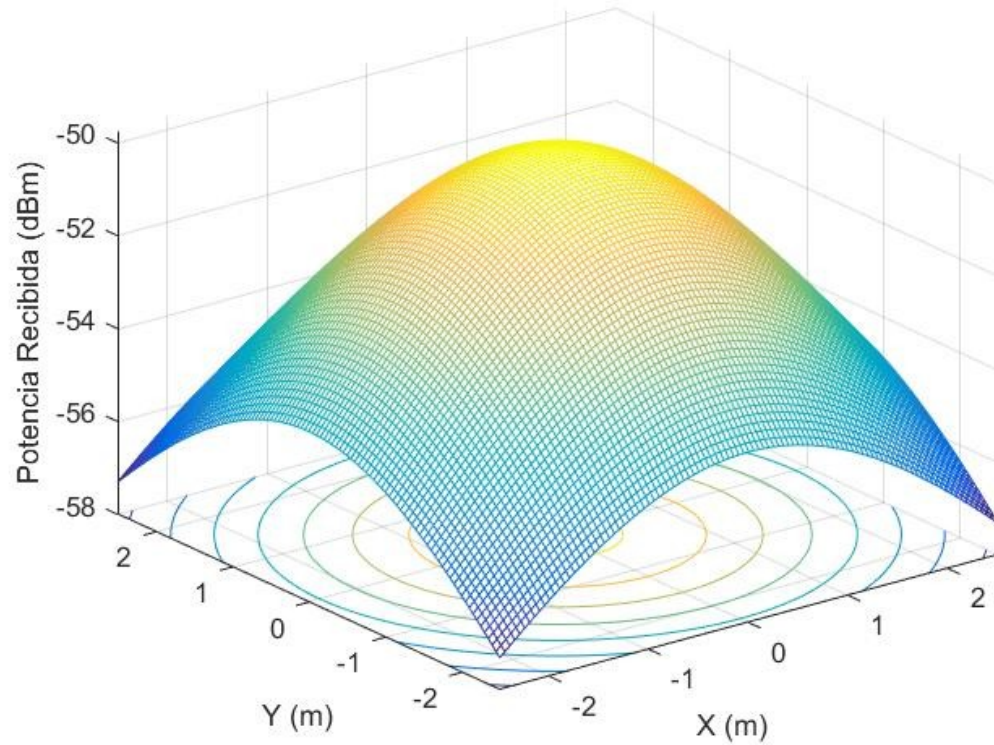
Simulación 5



Índice de refracción de la lente n 2,5

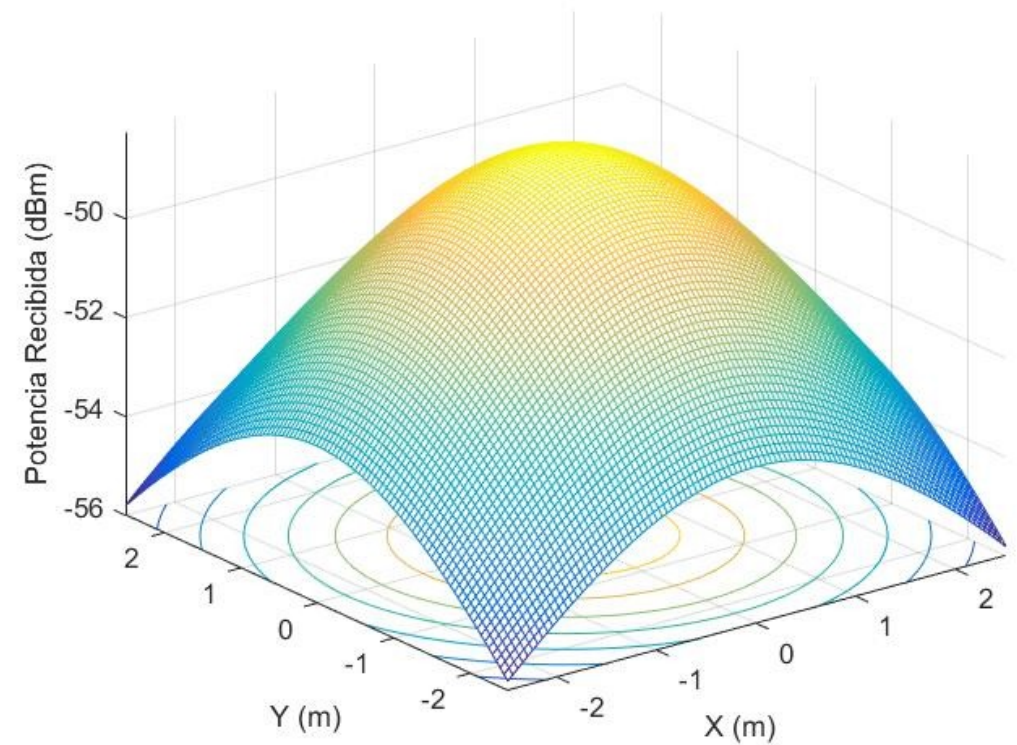
ANÁLISIS DE PARÁMETROS

Simulación 1



FOV del receptor	$\psi_{\max}$	90	°
------------------	---------------	----	---

Simulación 6



FOV del receptor	$\psi_{\max}$	45	°
------------------	---------------	----	---

CONCLUSIONES

Puede ser una tecnología complementaria a RF

- ▶ Ecológica
- ▶ Económica
- ▶ Segura

Líneas futuras

- ▶ Crear un estándar propio para esta tecnología
- ▶ Estudiar su alcance en 5G, IoT y Smart Cities

GRACIAS POR SU
ATENCIÓN

