



→ TELEDETECCIÓN Y SENSORES

# *Evaluación Ambiental de Terminales de Usuario Multiantena en Redes LTE- A*

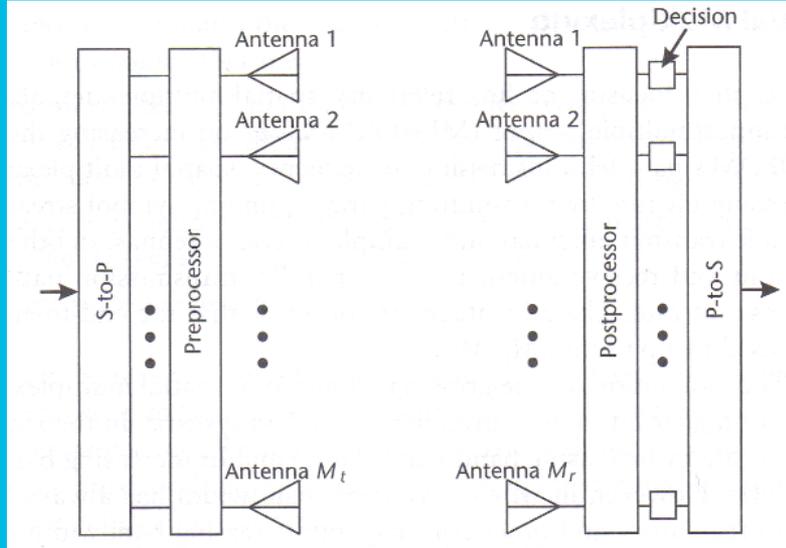
JOSÉ JAVIER MARTÍNEZ VÁZQUEZ

CONAMA2016



## SISTEMAS MIMO

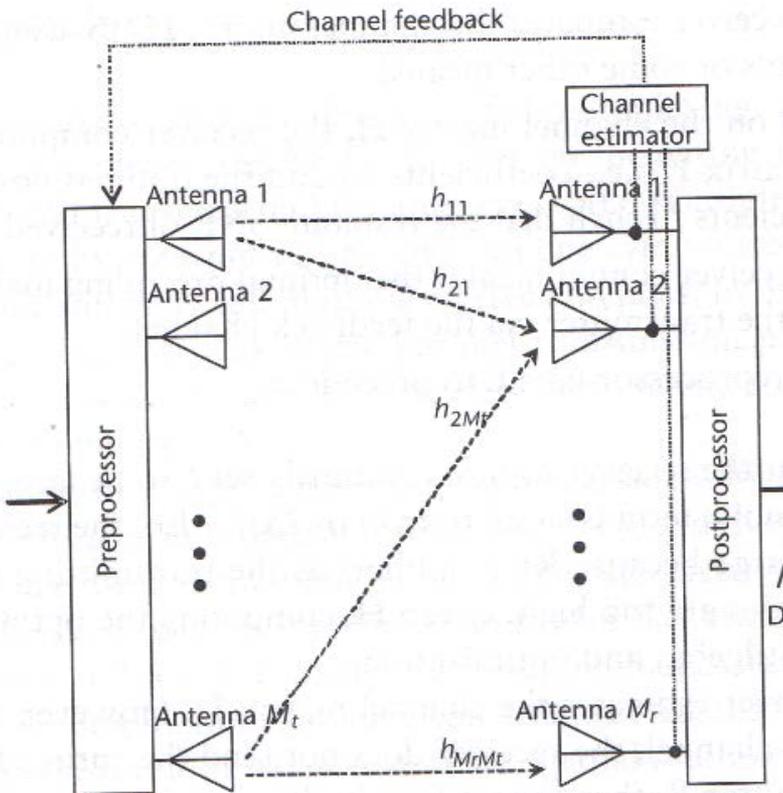
Sistema de comunicaciones  
 $M_t$  ANTENAS TRANSMISORAS  
 $M_r$  ANTENAS RECEPTORAS



$L \leq r = \text{Min} (M_t , M_r)$  canales incorrelados  
APLICACIÓN A REDES LTE-A



# SISTEMAS MIMO

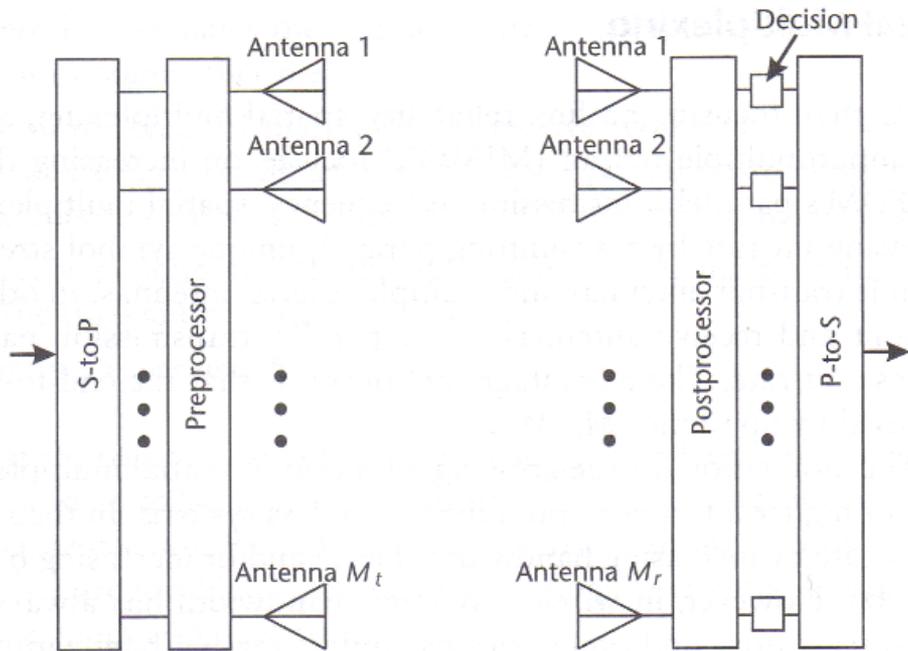


$$H(\tau, t) =$$

$$\begin{bmatrix} h_{1,1}(\tau, t) & h_{1,2}(\tau, t) & \dots & h_{1, M_t}(\tau, t) \\ h_{2,1}(\tau, t) & h_{2,2}(\tau, t) & \dots & h_{2, M_t}(\tau, t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{M_r,1}(\tau, t) & h_{M_r,2}(\tau, t) & \dots & h_{M_r, M_t}(\tau, t) \end{bmatrix}$$



# SISTEMAS MIMO

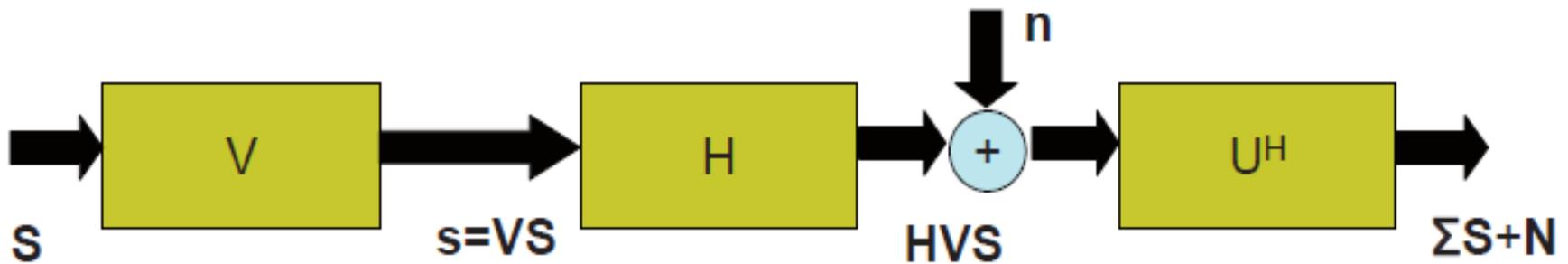


$h(\tau) =$

$$\begin{bmatrix} h_{1,1}(\tau) & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & h_{2,2}(\tau) & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & h_{p_r}(\tau) & 0 \end{bmatrix}$$



## → FUNCIONAMIENTO



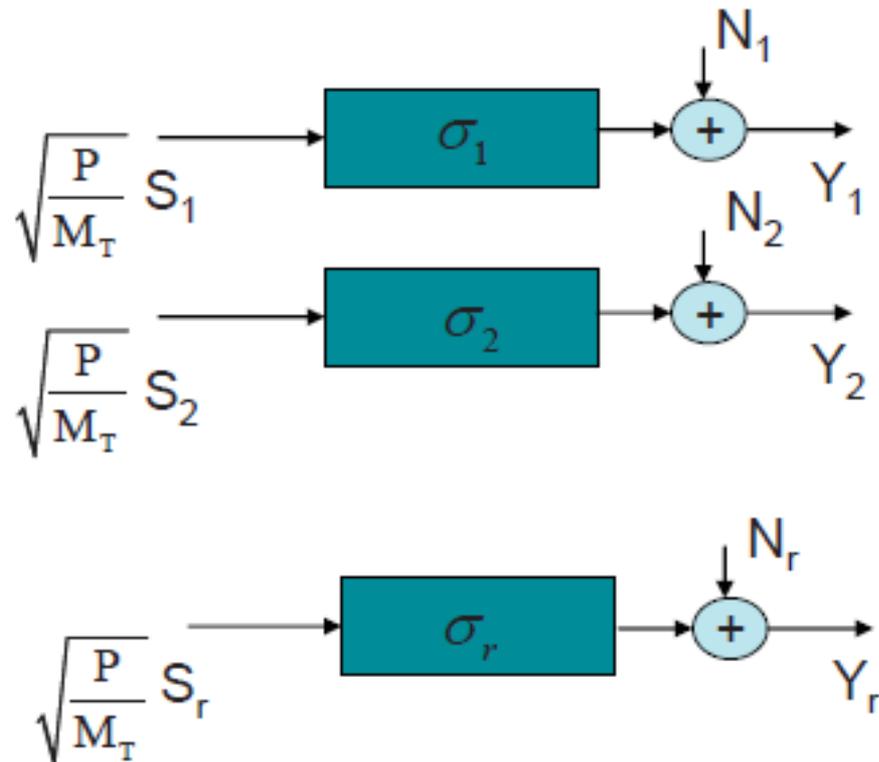
$$H = U \Sigma V^H$$

$$U^H U = V^H V = I_r \quad M_R \times r \text{ y } M_T \times r$$

$$\Sigma = \text{diagonal } \{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_r\} = \text{diagonal } \{\sqrt{\lambda_1}, \sqrt{\lambda_2}, \dots, \sqrt{\lambda_r}\}$$



## → FUNCIONAMIENTO





→ **OTRAS VENTAJAS**

$$\frac{E_b}{N_0} \geq \frac{2^{\frac{(R/B)}{L}} - 1}{R/B}$$

**MIMO**

$$C = L B \log_2(1 + \gamma)$$

$$\frac{E_b}{N_0} \geq \frac{1}{M} \frac{2^{(R/B)} - 1}{R/B}$$

**SISTEMAS CONVENCIONALES**

$$C = B \log_2(1 + \gamma)$$



→ **ESCENARIO DE MACROCELDA**

**VARIACIONES EN LA RESPUESTA DEL CANAL**

**LA NORMATIVA CONTEMPLA UNA CAPA FÍSICA**

**NO HAY UN RENDIMIENTO COMERCIAL DEL SERVICIO**

**HABRÍA QUE ESTABLECER LA POTENCIA DESTINADA  
A LOS SISTEMAS MIMO**



## → ESCENARIO DE INTERIORES

**MENOS VARIACIONES EN LA RESPUESTA DEL CANAL**

**LA NORMATIVA CONTEMPLA 2, 4 Y 8 CAPAS FÍSICAS**

**POR DEFINICIÓN DE MIMO, LA POTENCIA TOTAL RADIADA SE DIVIDE POR EL NÚMERO DE CAPAS**

**POTENCIA MÁXIMA RADIADA BTS HOME: 100 mW**



## → BTS-HOME

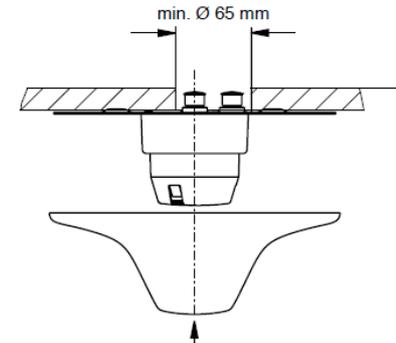
**POTENCIA MÁXIMA RADIADA BTS - HOME: 100 mW**

**ANTENAS DE BAJA GANANCIA: 3 dBi**

**2 CAPAS FÍSICAS: 50 mW POR CAPA**

**4 CAPAS FÍSICAS: 25 mW POR CAPA**

**8 CAPAS FÍSICAS: 12,5 mW POR CAPA**





→ **BTS-HOME**

**NIVELES DE REFERENCIA CALCULADOS**

**1 CAPA FÍSICA: 100 mW POR CAPA**

<b>BANDA DE FRECUENCIAS</b>	<b>RECOMENDACIÓN 1999/519/CE Y RD 1066/2001</b>	<b>DECRETO 148/2001</b>
<b>700 - 800 MHz</b>	<b>6.5 cm</b>	<b>10 cm</b>
<b>2.600 - 2.700 MHz</b>	<b>4 cm</b>	<b>6 cm</b>



## → **BTS-HOME**

# NIVELES DE REFERENCIA CALCULADOS

## 2 CAPAS FÍSICAS: 50 mW POR CAPA

$$P_i = 50 \text{ mW}, G_i = 3 \text{ dBi}$$

BANDA DE FRECUENCIAS	RECOMENDACIÓN 1999/519/CE Y RD 1066/2001	DECRETO 148/2001
700 - 800 MHz	4.5 cm	7 cm
2.600 - 2.700 MHz	3 cm	4 cm



→ **BTS-HOME**

**NIVELES DE REFERENCIA CALCULADOS**  
**4 CAPAS FÍSICAS: 25 mW POR CAPA**

$P_i = 25 \text{ mW}$ ,  $G_i = 3 \text{ dBi}$

BANDA DE FRECUENCIAS	RECOMENDACIÓN 1999/519/CE Y RD 1066/2001	DECRETO 148/2001
700 - 800 MHz	3.5 cm	5 cm
2.600 - 2.700 MHz	2 cm	3 cm



## → **BTS-HOME**

# **NIVELES DE REFERENCIA CALCULADOS**

## **8 CAPAS FÍSICAS: 12,5 mW POR CAPA**

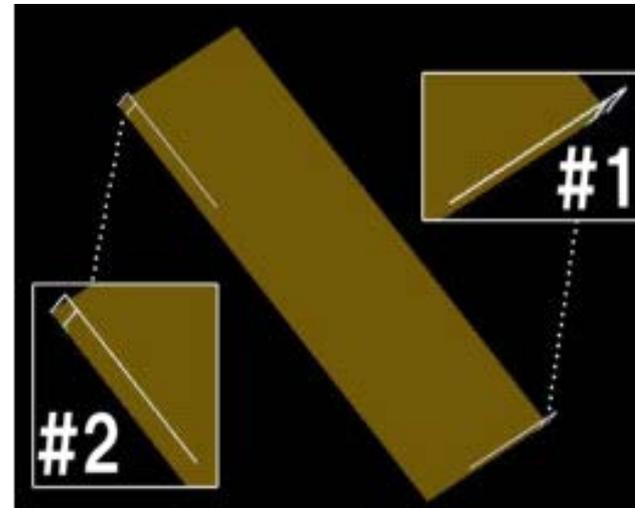
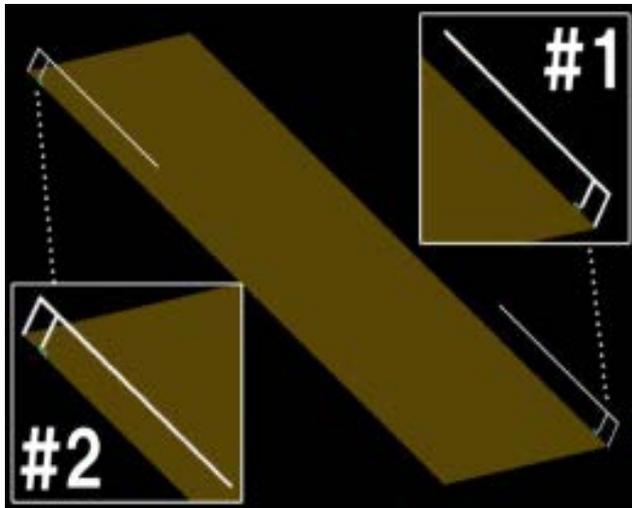
$$P_i = 12.5 \text{ mW}, G_i = 3 \text{ dBi}$$

<b>BANDA DE FRECUENCIAS</b>	<b>RECOMENDACIÓN 1999/519/CE Y RD 1066/2001</b>	<b>DECRETO 148/2001</b>
<b>700 - 800 MHz</b>	<b>2.5 cm</b>	<b>3.5 cm</b>
<b>2.600 - 2.700 MHz</b>	<b>1.5 cm</b>	<b>2 cm</b>



→ **UE-MIMO**

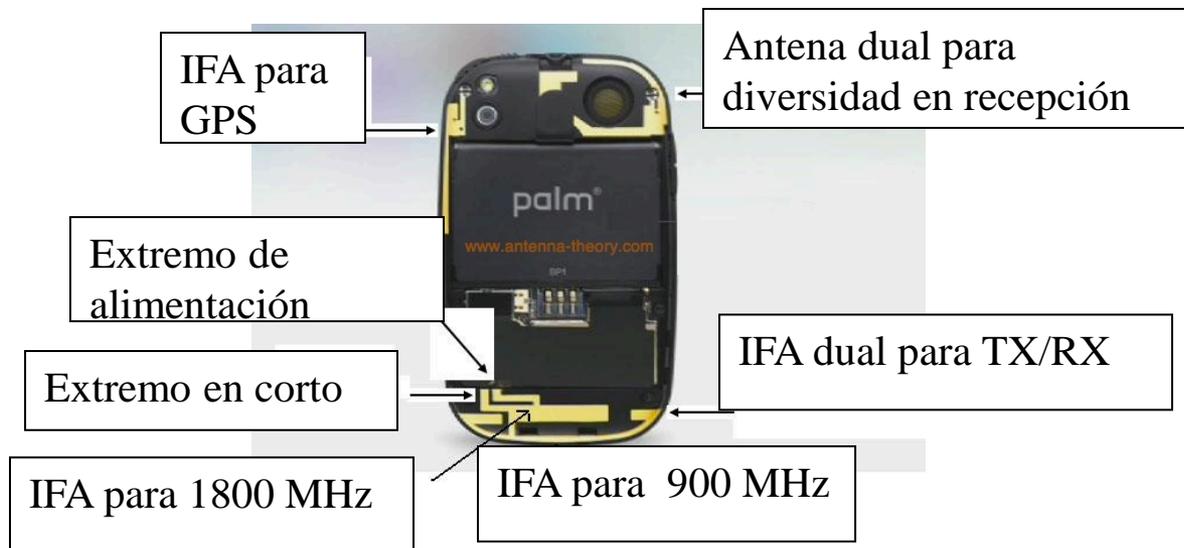
**DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIANTES**





## → UE-MIMO

# DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIANTES

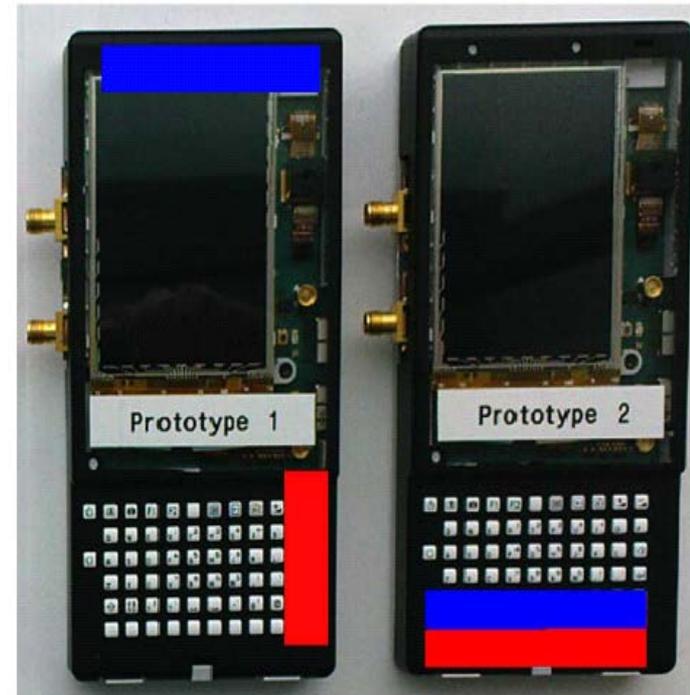
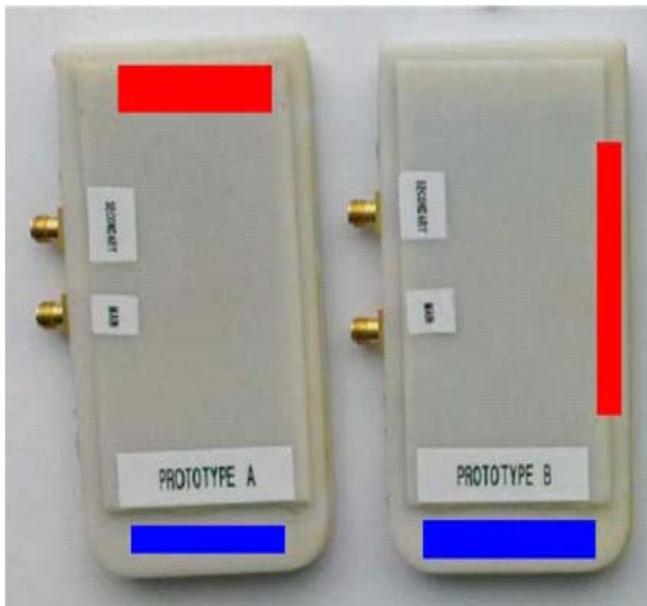




→ UE-MIMO

## DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIANTES

750 MHz, monopolo, endidura

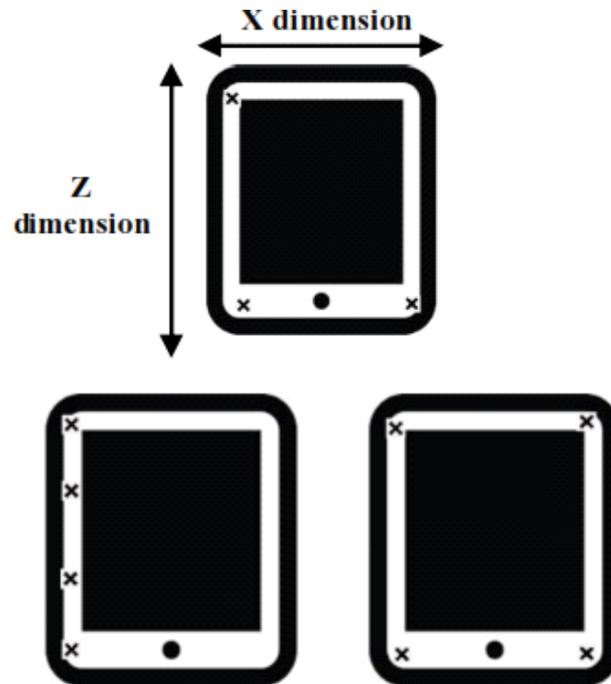


750 MHz, monopolo, pifa



## → UE-MIMO

### DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIANTES



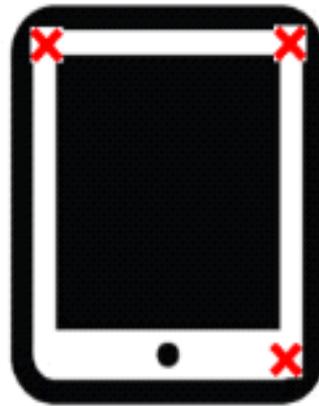
Array lineal o array plano



## → UE-MIMO

### DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIANTES

2 capas



Vertical



Horizontal

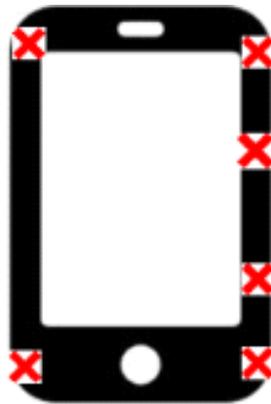
**Sobre el lado más largo mejores resultados**



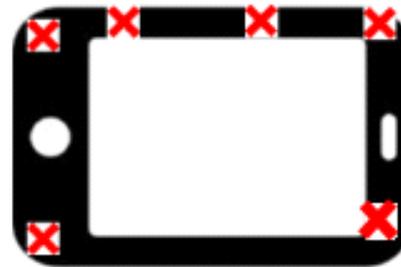
→ **UE-MIMO**

**DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIANTES**

**4 capas**



**Vertical**



**Horizontal**

**Array plano mejores resultados**

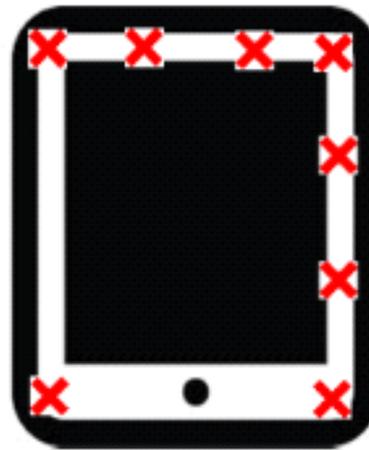
**Array lineal dependencia de la S/N y la orientación**



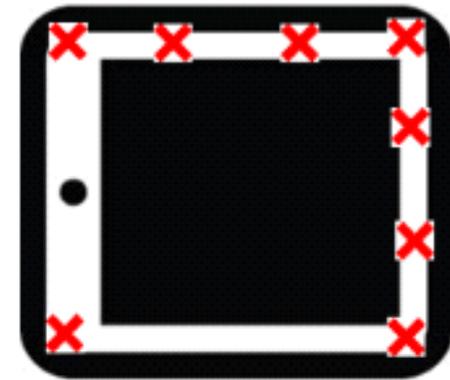
→ **UE-MIMO**

**DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIANTES**

**4 capas TABLET**



**Vertical**



**Horizontal**

**Array plano mejores resultados**

**Array lineal dependencia de la S/N**

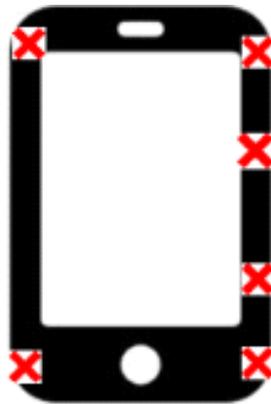
**Facilidades para el fabricante**



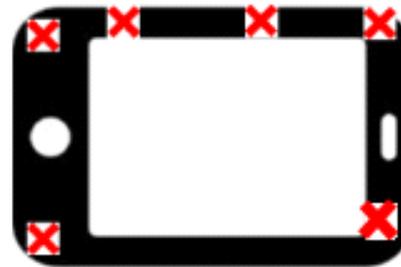
→ **UE-MIMO**

**DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIANTES**

**4 capas**



**Vertical**



**Horizontal**

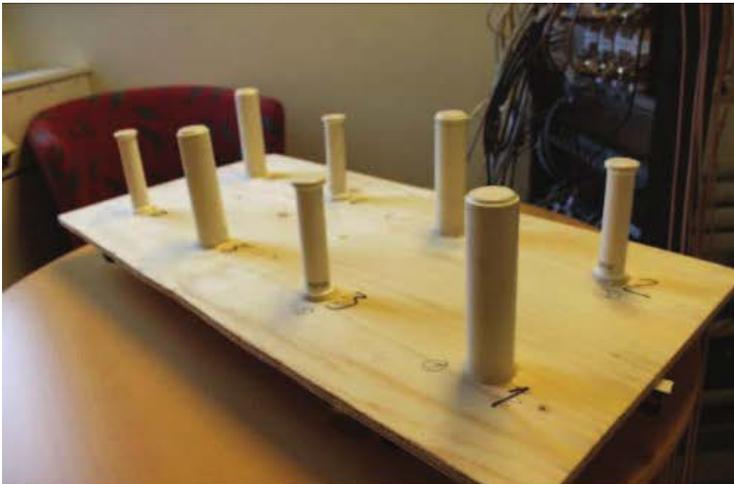
**Array plano mejores resultados**

**Array lineal dependencia de la S/N y la orientación**



→ **UE-MIMO**

**DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS RADIANTES**  
**8 capas TABLET**



**Antenas de tipo parche**

**Potencia total transmitida por la eNb**



→ **UE- MIMO**

**NIVELES DE REFERENCIA CALCULADOS**

**POTENCIA MÁXIMA TOTAL: 200 mW**

<b>BANDA DE FRECUENCIAS</b>	<b>RECOMENDACIÓN 1999/519/CE Y RD 1066/2001</b>	<b>DECRETO 148/2001</b>
<b>700 - 800 MHz</b>	<b>10 cm</b>	<b>14 cm</b>
<b>2.600 - 2.700 MHz</b>	<b>5,6 cm</b>	<b>9 cm</b>



## → CONCLUSIONES

Los sistemas MIMO en la actualidad estarían restringidos a un tipo de funcionamiento en interiores, que es el que parece más lógico.

La potencia máxima de transmisión de una estación base doméstica es la mitad que la de un terminal de usuario.

La potencia máxima de transmisión del terminal de abonado es independiente del número de capas MIMO.

Las ganancias de las antenas tanto de UE como de e-NB, han de ser pequeñas, para evitar que el nivel de señal dependa de la posición del abonado y del terminal.

Por lo tanto, los niveles de referencia para el caso de estaciones base o eNB doméstico, se alcanzan a 10 centímetros de las antenas.



## → CONCLUSIONES

Los niveles de referencia para el caso de equipos de usuario (EU) ya sean de tipo tablet o smartphone, se alcanzan a 14 centímetros de los terminales. .

La disposición de las antenas en los UE como array plano es en general mejor que en array lineal. Este último esquema presenta dependencia de la orientación, de la relación señal ruido e incluso correlación espacial.

Habría que considerar que el equipo de abonado (EU) está siendo utilizado como terminal de datos, lo que implica que su manejo se realiza con las manos, por lo que, aunque no se guarde la distancia de seguridad, no se ve afectado ningún órgano vital. Desde que los terminales de bolsillo se utilizan como terminales de datos, el impacto ambiental de estos equipos puede considerarse mucho menor que cuando eran fundamentalmente terminales de voz y su funcionamiento se llevaba a cabo cerca del cerebro del usuario.

**¡GRACIAS!** 

CONAMA2016