



# Capítulo 1

## Introducción a las Antenas (Overview)

*Ing. Marcial López Tafur*  
*mlopez@uni.edu.pe*

2007

Sólo hay una definición de decibel, la cual es diez veces el logaritmo de la relación de potencias.

Si conoce la relación de voltajes: (sobre una misma  $Z$ )

$$\text{dB} = 10 \log ( V_{\text{out}}^2 / V_{\text{in}}^2 ) = 20 \log ( V_{\text{out}} / V_{\text{in}} ).$$

$$\text{dB} = 10 \log ( I_{\text{out}}^2 / I_{\text{in}}^2 ) = 20 \log ( I_{\text{out}} / I_{\text{in}} ).$$

Los decibelios de voltaje son los mismos que los de potencia.

$$\text{dB} = 10 \log (2) = 3$$

Resultando en:

Doblar la potencia es igual a *adicionar* **+3dB**.

Bajar la potencia a la mitad *adiciona* **- 3dB**.

Conclusión: Una *adición* de 3dB corresponde a *multiplicar* la potencia por dos.

$$15\text{dB} = 3\text{dB} + 3\text{dB} + 3\text{dB} + 3\text{dB} + 3\text{dB}$$

$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^5 = 32$  de incremento en potencia.

$$30\text{dB} = 3\text{dB} \times 10.$$

$2^{10} = 1024$  de incremento en potencia.

# Potencia de Tx

*Tx es la forma corta de “Transmisor”*

Todos los radios tienen cierto nivel de potencia de Tx que se generan en las interfases de RF interfase. Esta potencia es calculada como la cantidad de energía dada a través de un ancho de banda definido y es usualmente medido en una de estas dos unidades:

1. dBm – nivel de potencia relativo referido a un 1 mW.
2. dBw – Nivel de potencia referenciado a un vatio

$$\text{dBm} = 10 \times \log[\text{Potencia en Watts} / 0.001\text{W}]$$

$$\text{W} = 0.001 \times 10^{[\text{Potencia en dBm} / 10 \text{ dBm}]}$$

# dBm

- Para diferencias de Potencia, el dBm es usado para denotar niveles de potencia con respecto a 1mW como el nivel de potencia de referencia.
  - Si la potencia de Tx de un sistema es 100W.
  - Pregunta: ¿Cuál es la potencia de Tx power en Bm?
  - Respuesta:
    - Potencia Tx(dBm) =  $10 \log(100W/1mW) = 10\log(100W/0.001W) = 10\log(100,0000) = \underline{50dBm}$

# dBw

- Para diferencias de potencia, el dBw es usado para denotar niveles de potencia referidos a 1W como el nivel de potencia de referencia.
  - Para un sistema con una potencia de Tx de 100W.
  - Pregunta: ¿Cuál es la potencia de Tx en dBw?
  - Respuesta:
    - Potencia Tx(dBw) =  $10 \log(100W/1W) =$   
 $= 10 \log(100) =$   
 $= \underline{20 \text{ dBw}}$ .

# Pérdidas de energía

En un sistema de comunicaciones inalámbrico hay muchos factores que contribuyen a la pérdida de la intensidad de la señal. Cableado, conectores, supresores de descargas, que pueden todos ellos afectar el rendimiento del sistema si no son instalados adecuadamente.

En un sistema de 'baja potencia' cada dB que usted puede ahorrar es importantet!! Recuerde la "Regla de los 3 dB".

**Para cada 3 dB ganancia/pérdida deberá o doblar su potencia (ganancia) o perder la mitad de su potencia (pérdida).**

# Regla de los 3 dB

-3 dB = 1/2 potencia

-6 dB = 1/4 potencia

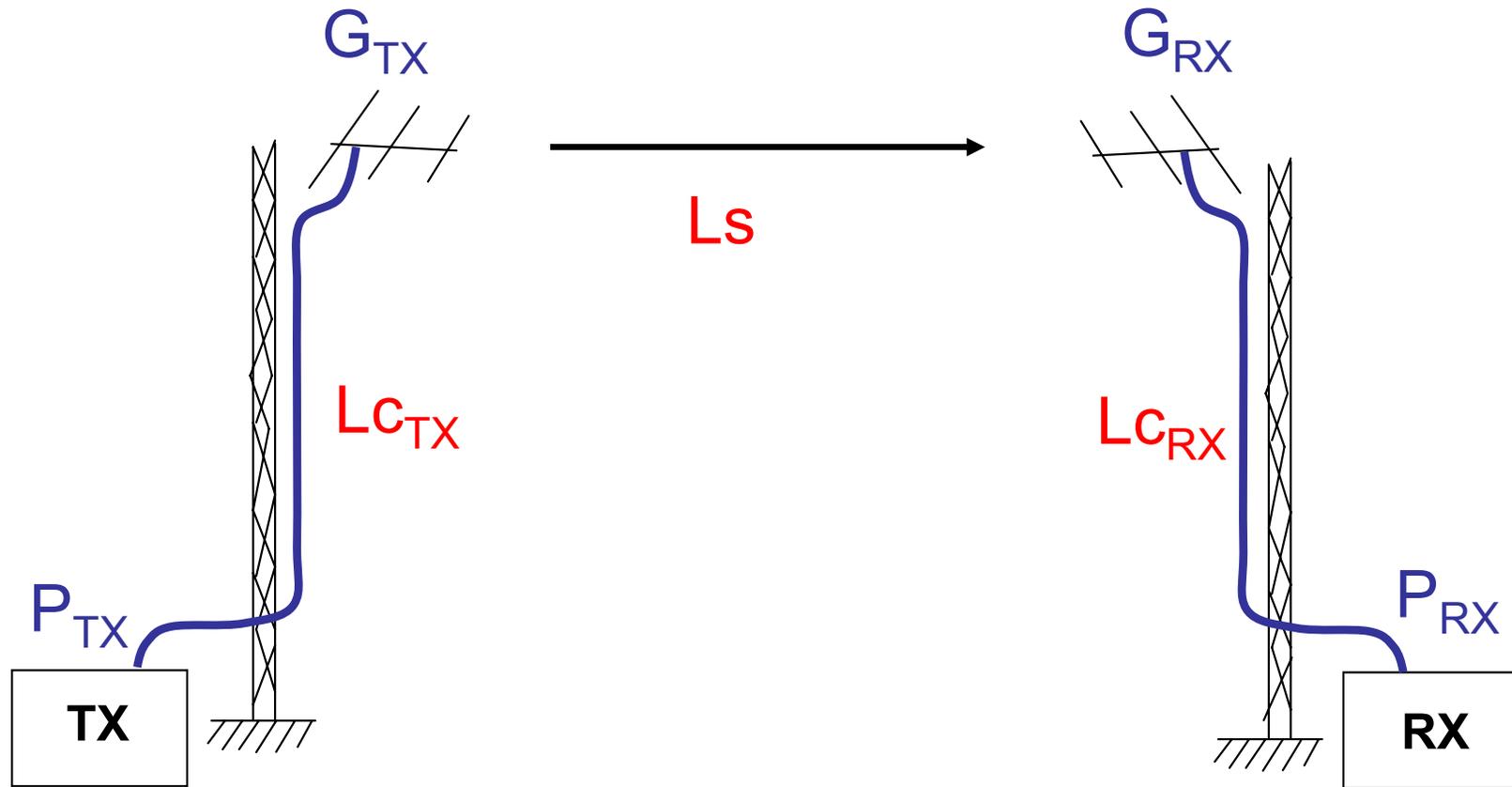
+3 dB = Dobla la potencia

+6 dB = Cuadruplica la potencia

Fuentes de pérdidas en un sistema inalámbrico:  
espacio libre, cables, conectores, empalmes,  
obstrucciones

# Fórmula de transmisión de Friis

- $P_R = [ P_T G_T G_R \lambda^2 ] / [ (4\pi)^2 R^2 ]$
- La potencia recibida es proporcional a:
  - La potencia transmitida
  - La ganancia de las antenas
  - La apertura efectiva (isotrópica)
- La potencia recibida es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia



$$P_{RX} = P_{TX} - LC_{TX} + G_T - Ls + G_R - LC_{RX}$$

# Antenas: Un vistazo general

- ¿Qué es una antena?

Es la parte de un sistema de transmisión o recepción diseñado para radiar o recibir ondas electromagnéticas

- Teorema de la Reciprocidad:

Las antenas se comportan de la misma manera, sea que estén transmitiendo o recibiendo

# Frecuencias y Longitudes de Onda

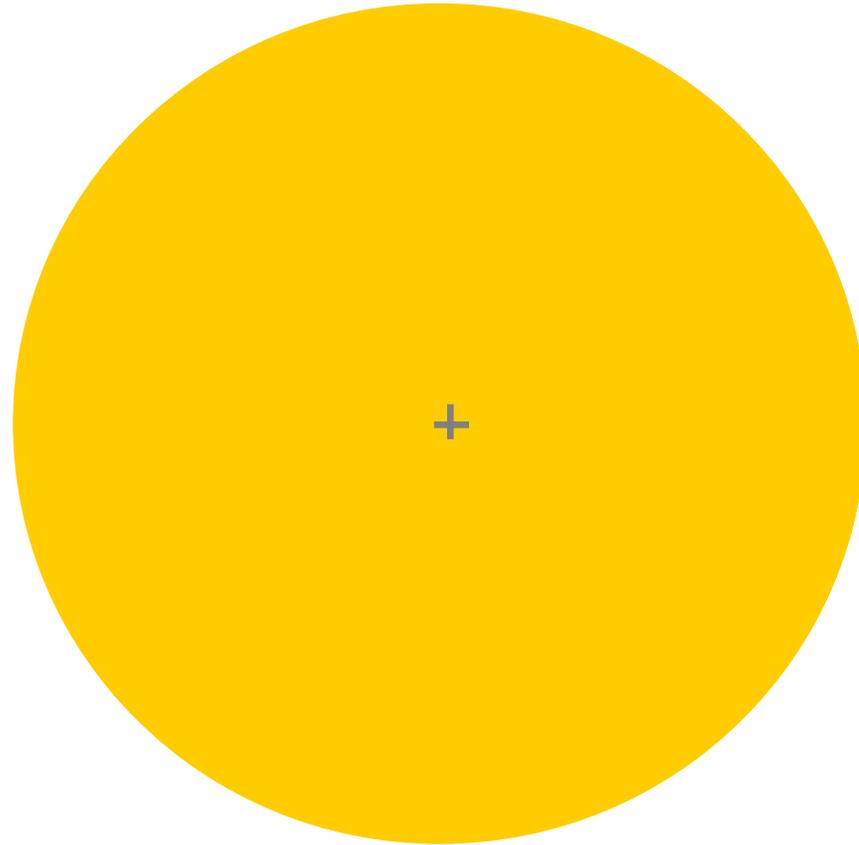
VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF
3	30	300	3	30	300	3	30
kHz	kHz	kHz	MHz	MHz	MHz	GHz	GHz
100	10	1	100	10	1	10	1
km	km	km	m	m	m	cm	cm

Los tipos y tamaños de antenas son muy dependientes de la frecuencia de operación (longitud de onda) y del ancho de banda.

# La Antena más simple:

- Matemáticamente el **radiador Isotrópico** es la antena más simple. (Concepto Teórico)
- Radia toda la potencia que se le suministra, igualmente en todas direcciones.
- Sólo en teoría, no se puede construirla
- Se usa como una referencia para otras antenas que a menudo son comparadas con ella. (Antenas Parabólicas por ejemplo)

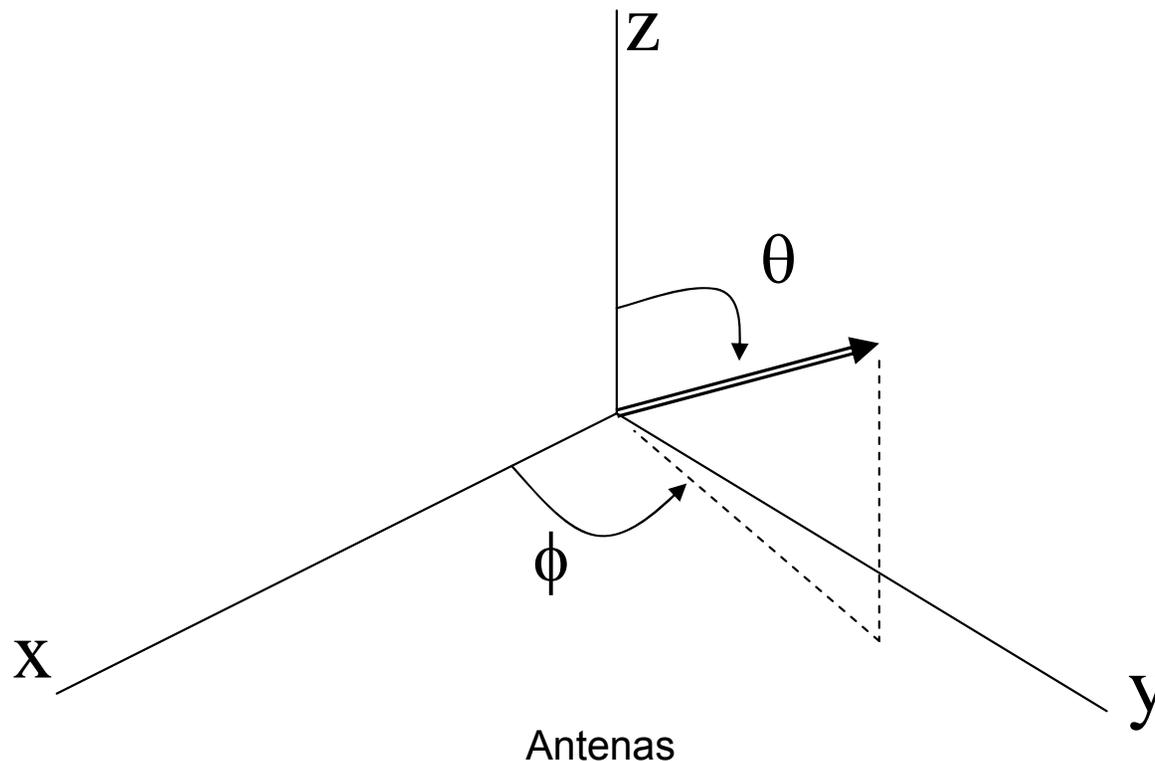
# Fuente Isotrópica (Antena)



Una fuente isotrópica radia su potencia uniformemente en todas direcciones.

# Patrones de Radiación

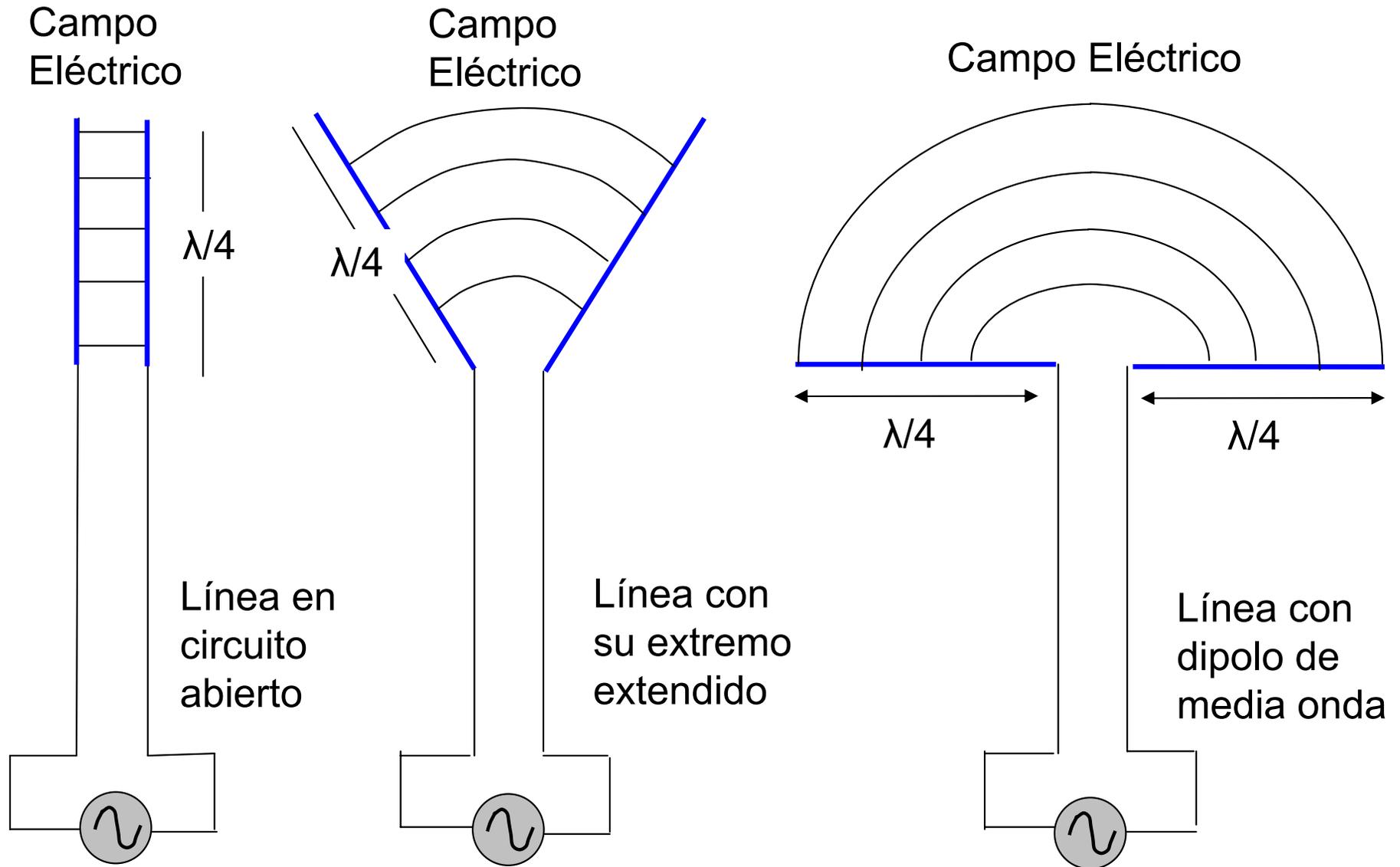
- Potencia radiada (o Refuerzo de la señal recibida) es una función de ángulos (coordenadas esféricas en 3-D)



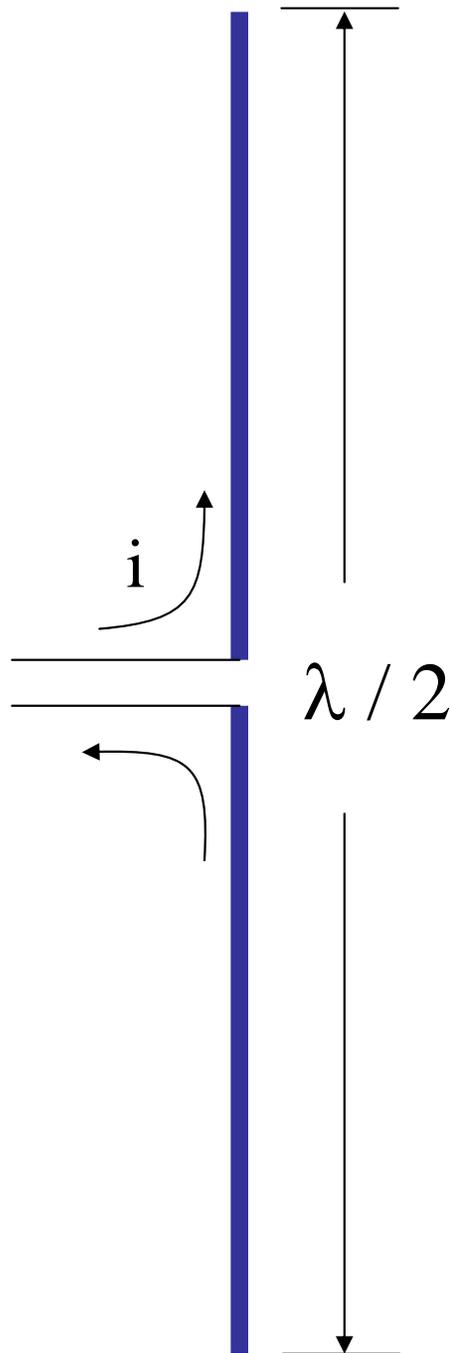
# Dipolo de media onda

- Es la antena “práctica” más simple
- Puede ser
  - Dipolo simple
  - Dipolo doblado

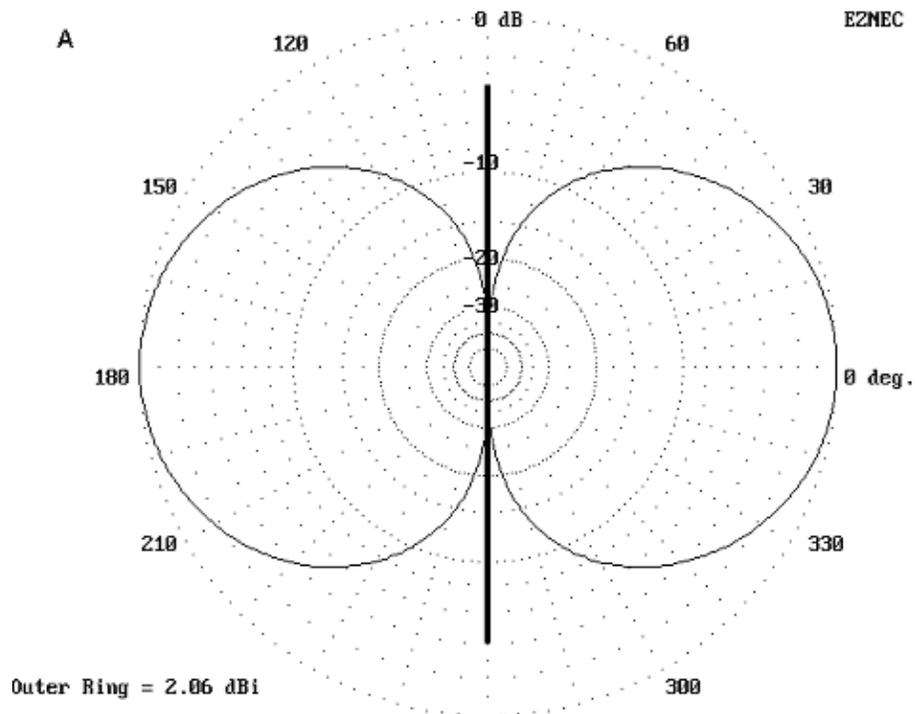
# Desarrollo del Dipolo de Media Onda



# Antena Dipolo de $\lambda/2$

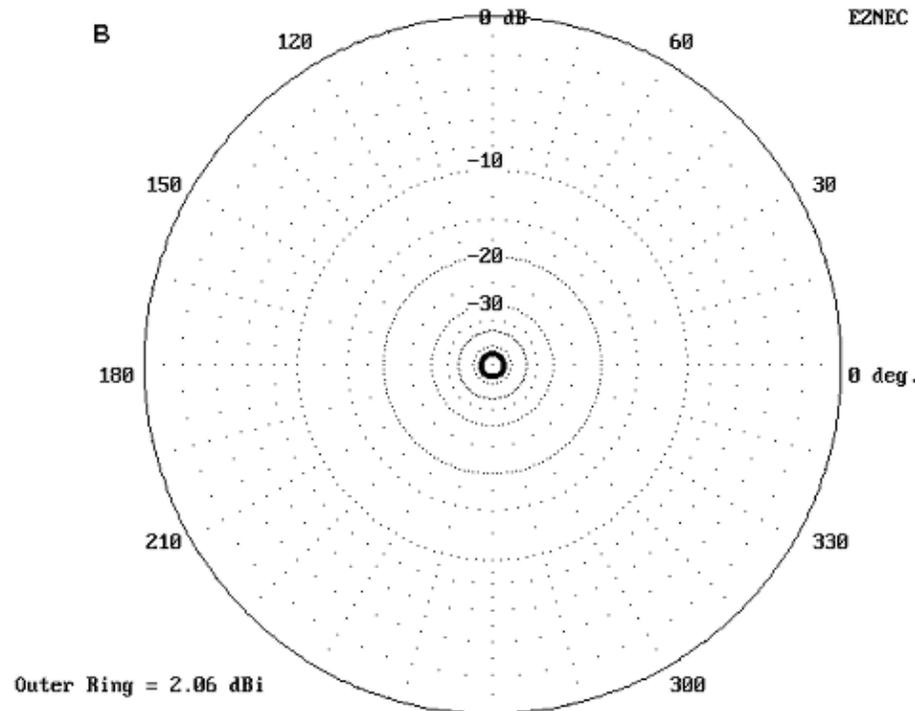


- El patrón de radiación horizontal es omnidireccional, visualízelo como una dona o rosquilla circundando un alambre



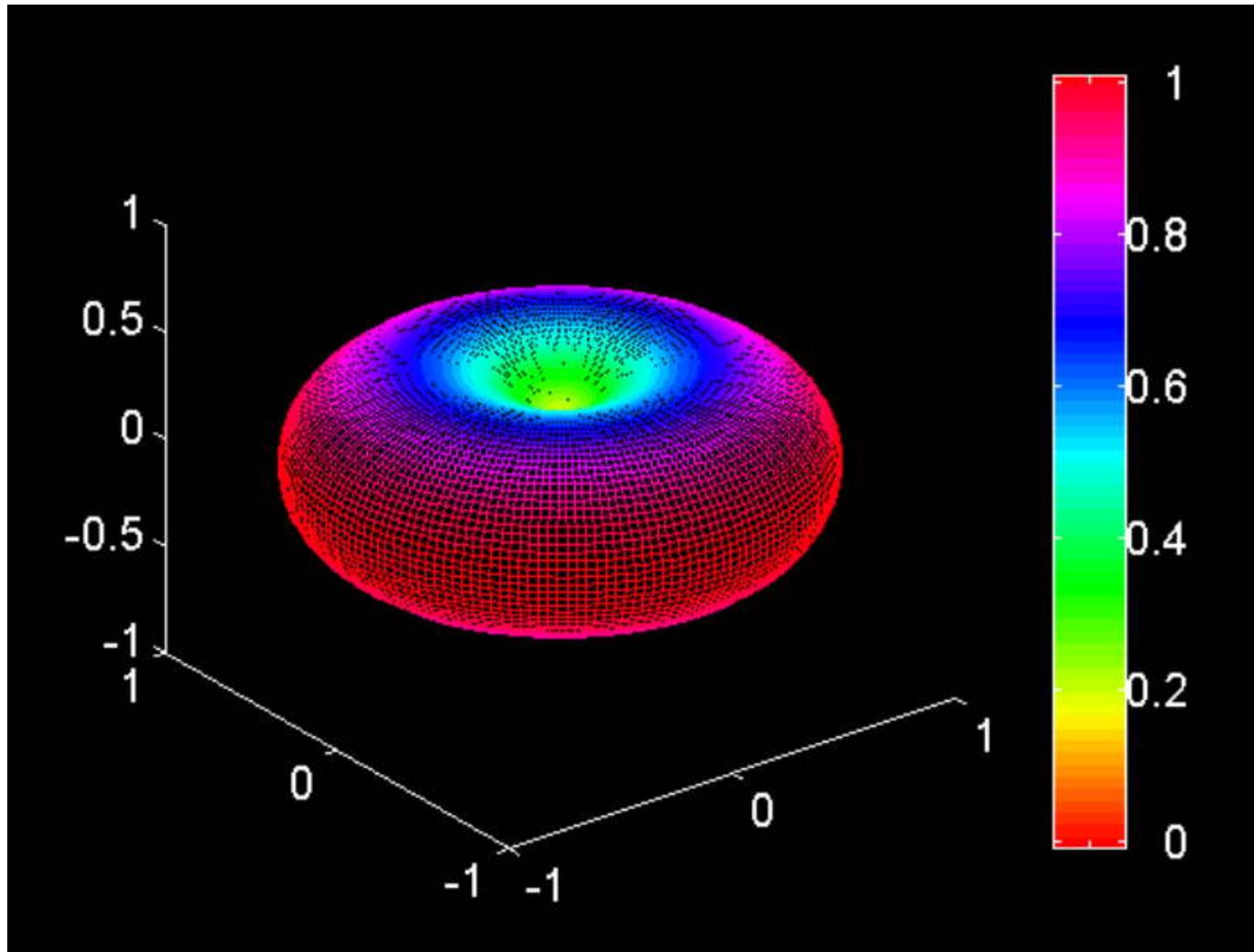
Patrón Vertical

**Dipolo de  $\lambda/2$**



Patrón Horizontal

# Patrón de ganancia del dipolo



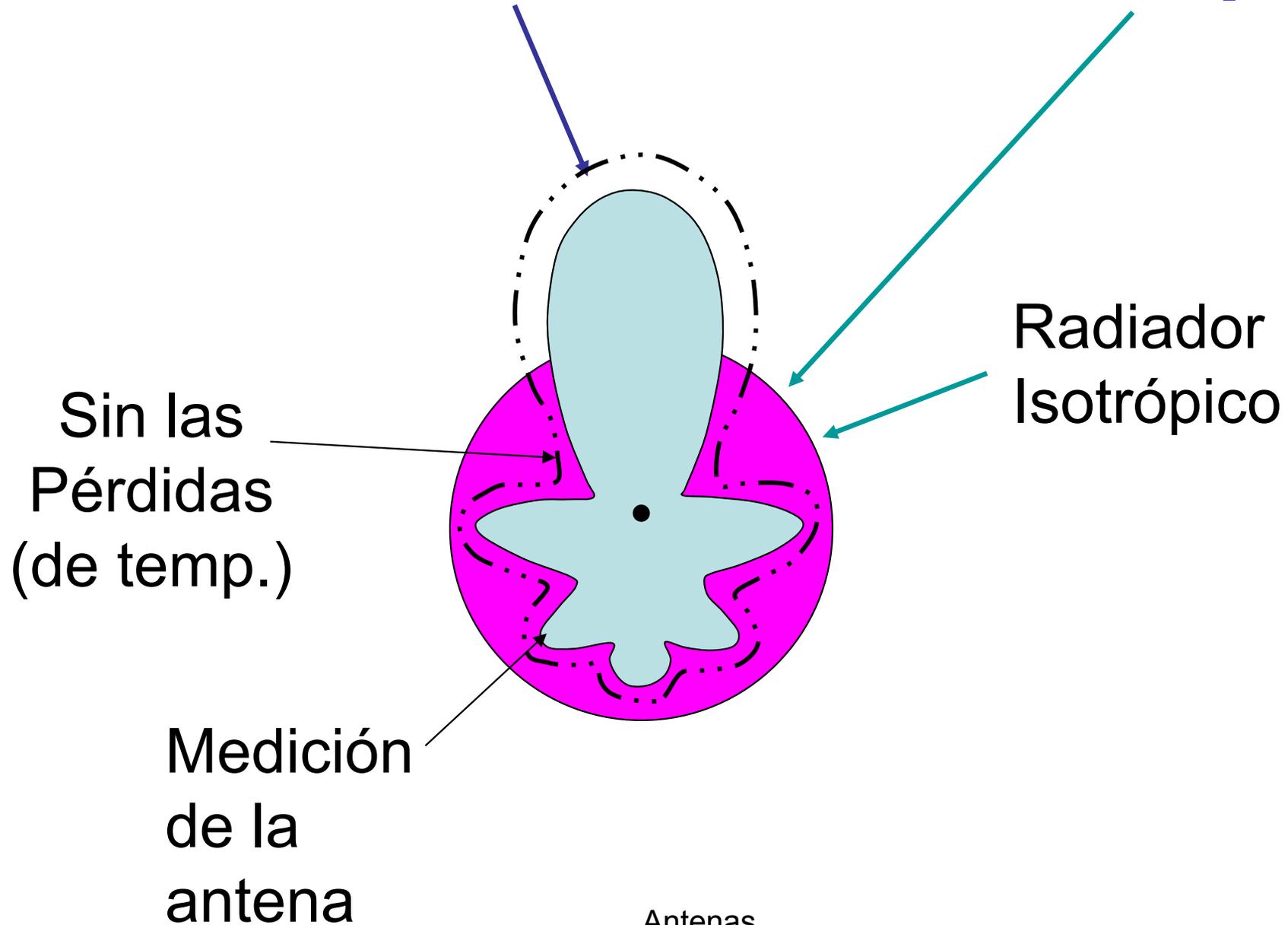
# Resistencia de Radiación

- La señal radiada al espacio “aparece” como pérdida desde la antena
- Eléctricamente esto se traduce en una “resistencia”
- Para un dipolo de  $\lambda/2$  alimentado en su centro la resistencia de radiación es aproximadamente 70 ohmios
- Antenas también tienen resistencia real debido a sus conductores metálicos.

# Eficiencia de la Antena

$$\eta = \frac{P_r}{P_T} = \frac{R_r}{R_T}$$

# Antena direccional vs. isotrópica



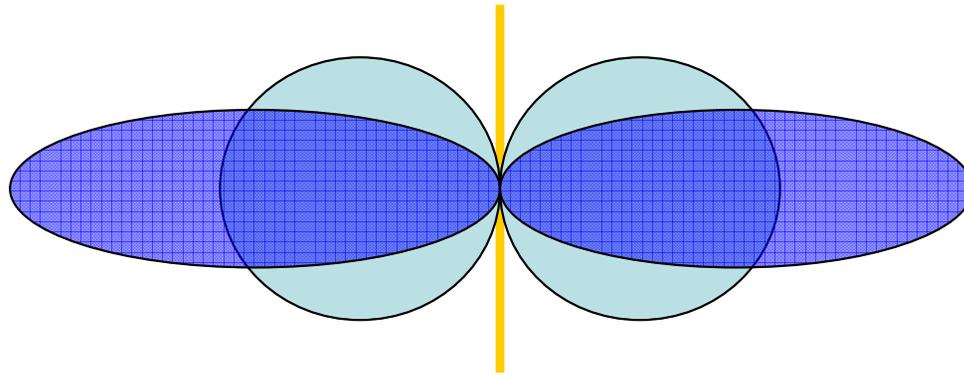
# Ganancia y Directividad

- La **Directividad** es un valor teórico que ignora las pérdidas
- La **Ganancia** incluye las pérdidas
- Como relación:  
$$\text{ganancia} = \text{directividad} \times \text{eficiencia}$$
- Las especificaciones dan la ganancia, pero a menudo los modelos computarizados calculan la directividad (**tener cuidado**)

# Potencia Efectiva Radiada (ERP)

- **$ERP = P_T G_T$**
- Desde que la ganancia incluye eficiencia de transmisión, podemos usarla para determinar la potencia de radiación total en una determinada dirección
- Realmente, es difícil determinar con exactitud  $G_T$ , pero el producto  $P_T G_T$  es fácil de medir utilizando un medidor de intensidad de campo.

La Antena desarrollan ganancia por medio del enfocamiento y formación del patrón de radiación.



**Las Antenas no pueden crear potencia,  
sólo pueden direccionarla.**

# Especificaciones de Ganancia de Antena

- dBi significa decibeles con respecto a un radiador isotrópico (usada por los Ingenieros de microondas)
- dBd significa decibeles con respecto a un dipolo ideal de media onda en su dirección de máxima radiación (usada por los Ingenieros de celulares)

# dBi vs. dBd

- dBi – Referido al radiador isotrópico
  - Radiador Isotrópico antena infinitamente pequeña sin cable alimentador que radia en el espacio libre en todas direcciones igualmente (patrón esférico)
- dBd – Referido al dipolo de media onda  $\lambda/2$ 
  - Ganancia referenciada a una antena dipolo “real” con un patrón tipo rosquilla (donut)

# EIRP y ERP

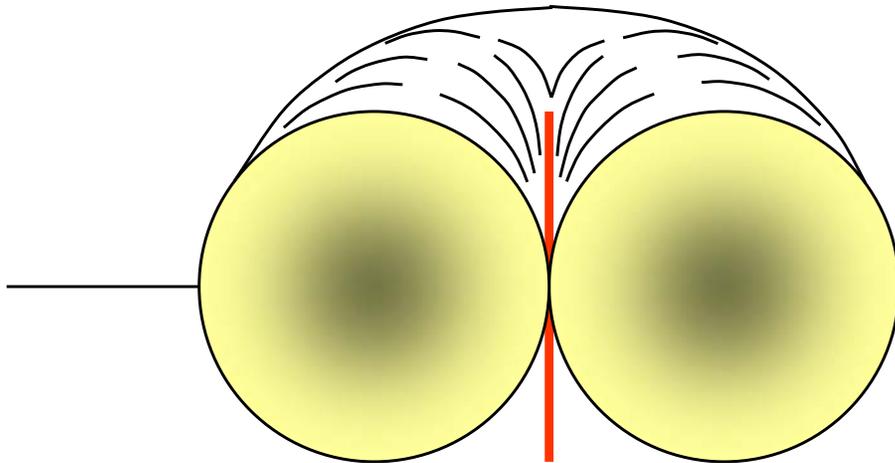
- EIRP = effective isotropic radiated power
  - Igual a la cantidad de potencia que tendría que ser aplicada a un radiador isotrópico para tener la misma densidad de potencia en un determinado punto.
- ERP = effective radiated power
  - Igual a la cantidad de potencia que tendría que ser aplicada a un dipolo de media onda, orientado en dirección de máxima ganancia, para tener la misma densidad de potencia en un determinado punto.

# Polarización del Dipolo

- La polarización es la misma que la de como esta montado el dipolo:
  - Dipolo Vertical está polarizado verticalmente
  - Dipolo Horizontal está polarizado horizontalmente polarizado.

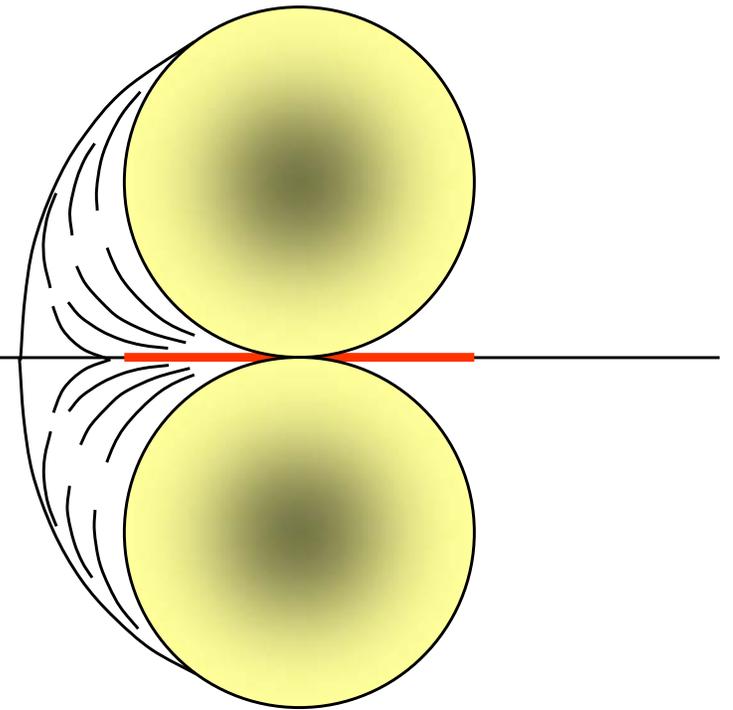
# Polarización del Dipolo

Dipolo Vertical



Polarización Vertical

Dipolo Horizontal



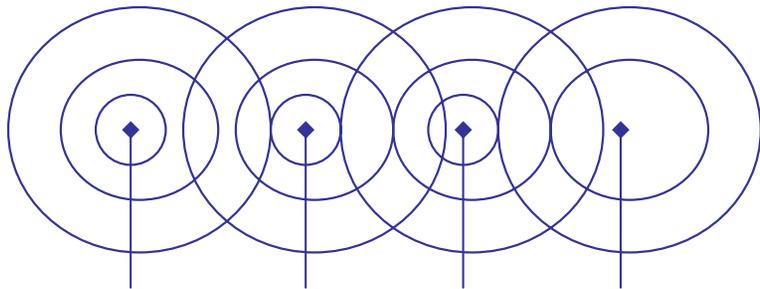
Polarización Horizontal

# Arreglo o agrupamiento de antenas

- Antenas simple pueden ser combinada para obtener determinados efectos direccionales
- Antenas individuales son llamadas *elementos* y la combinación es un *arreglo (array)*.

# Arreglos de antenas (arrays)

- Es una forma de conformar el patrón de radiación
- Básicamente es el resultado de la interacción de patrones radiados por varias antenas
- Antenas de varios elementos tales como las yagis, log periódicas, etc. son esencialmente arreglos de antenas simples (dipolos)



Arreglo de 4-elementos

- Para la ganancia de una antena se usan múltiples elementos especialmente posicionados para enfocar la potencia en una determinada dirección.

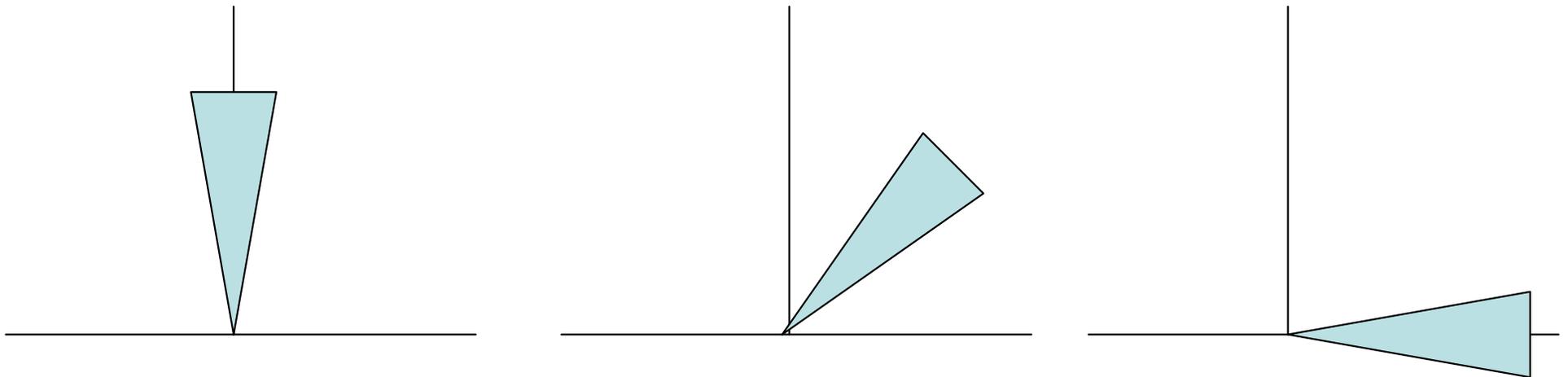


**Arreglo  
Vertical  
(Co-linear)**

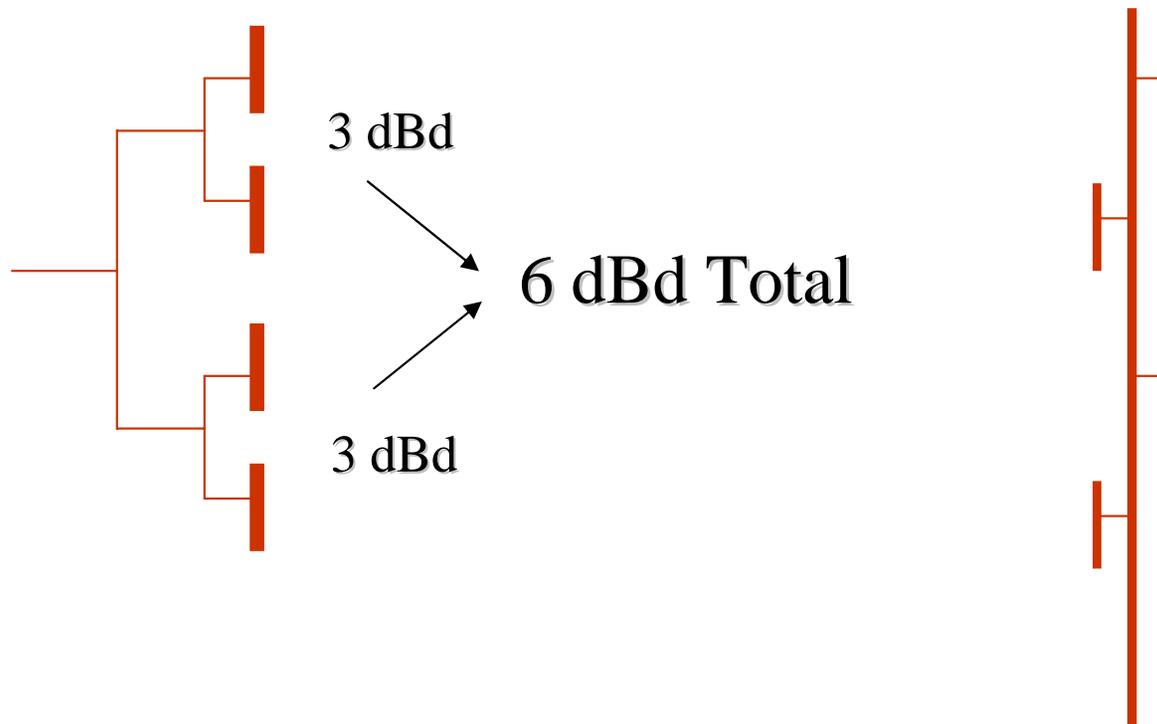


**Arreglo  
Horizontal  
(Yagi)**

- Se pueden espaciar las antenas cuidadosamente para tener el deseado patrón resultante
- Pueden usarse retardos de fases eléctricos para explorar o dirigir el haz, no requiriéndose posicionamiento mecánico

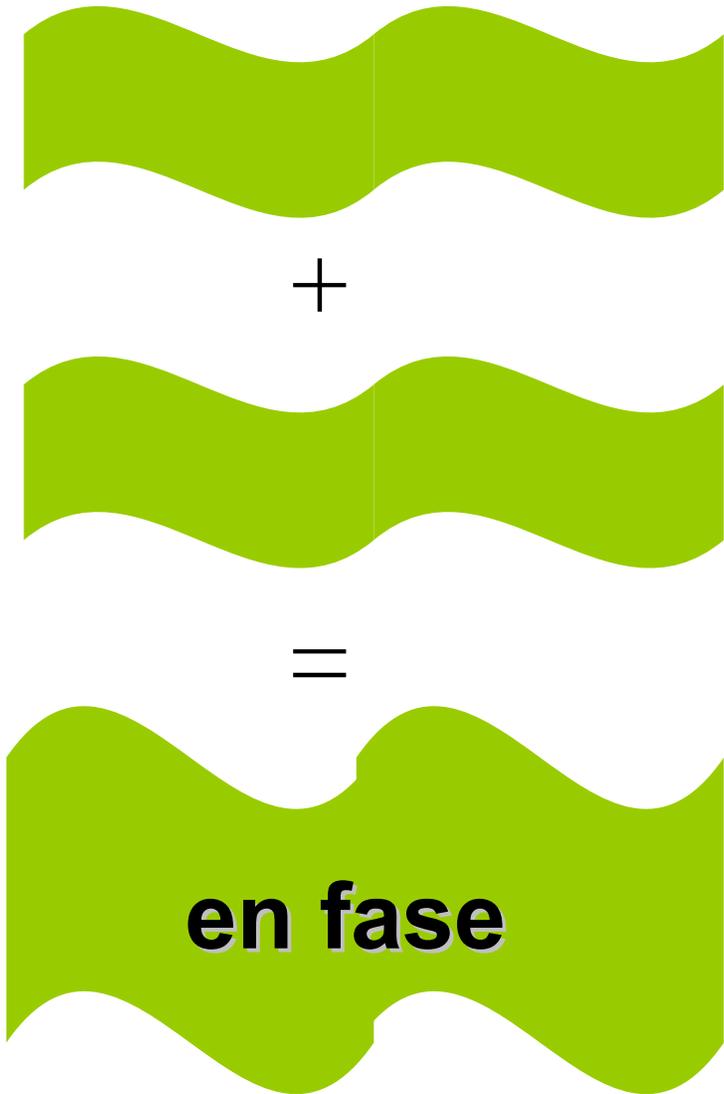


# Arreglos de Dipolos Verticales



Alimentación común: *Cada elemento es alimentado con igual potencia y fase.*

# Interferencias constructivas y destructivas



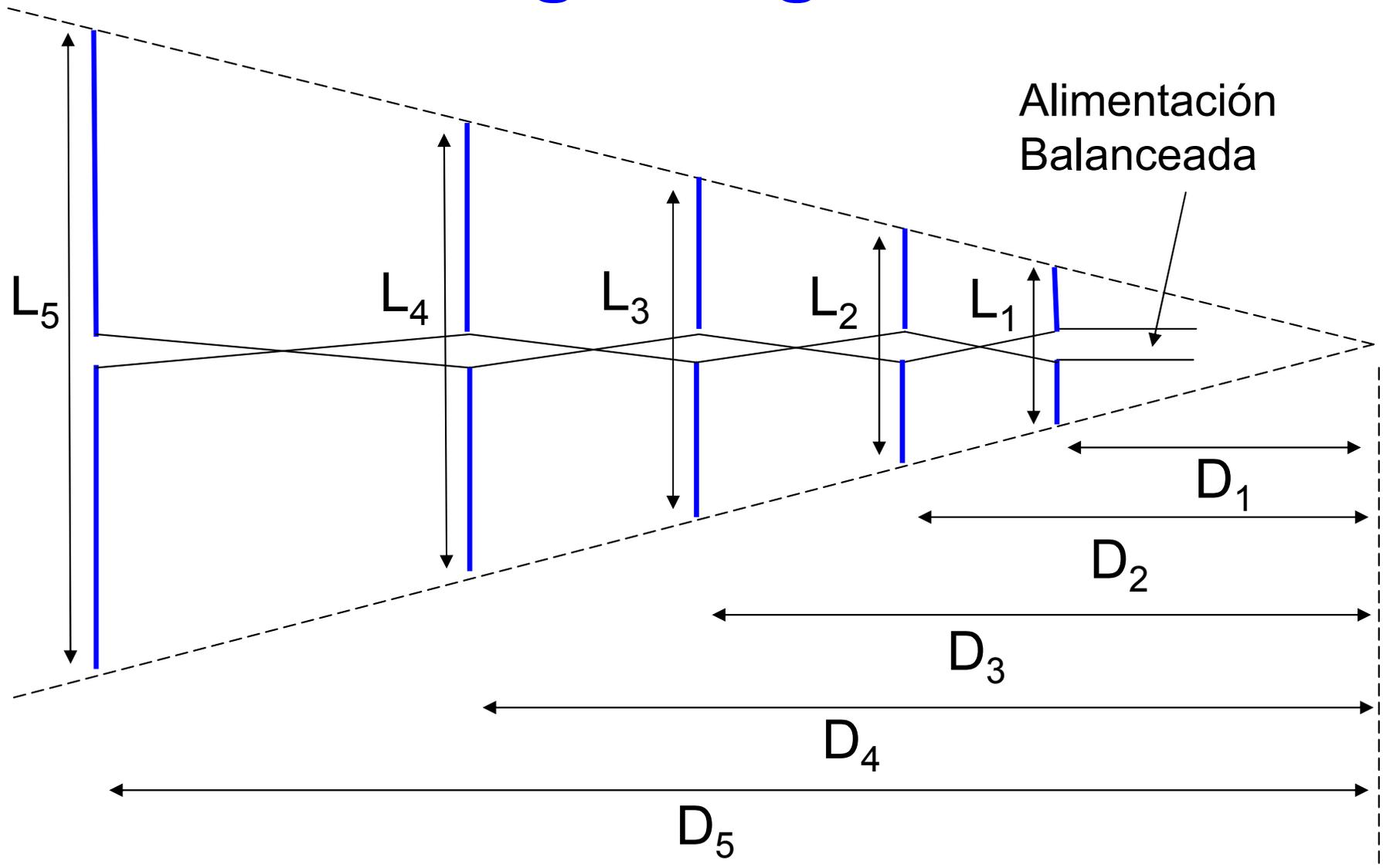
# Tipos de Arreglos

- **Broadside**: máxima radiación en ángulo recto del eje principal de la antena
- **End-fire**: máxima radiación a lo largo del eje principal de la antena
- **En Fase**: todos los elementos conectados a la fuente
- **Parasíticas**: algunos elementos no están conectados a la fuente
  - Ellos re-radian la potencia de otros elementos

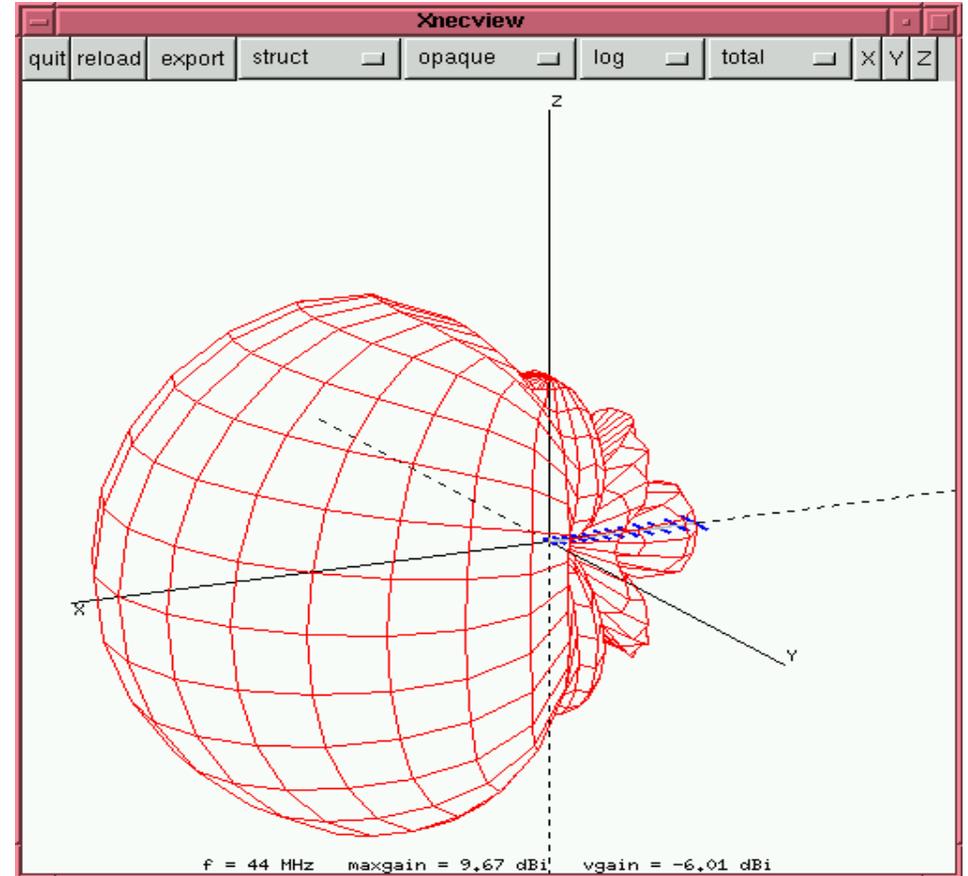
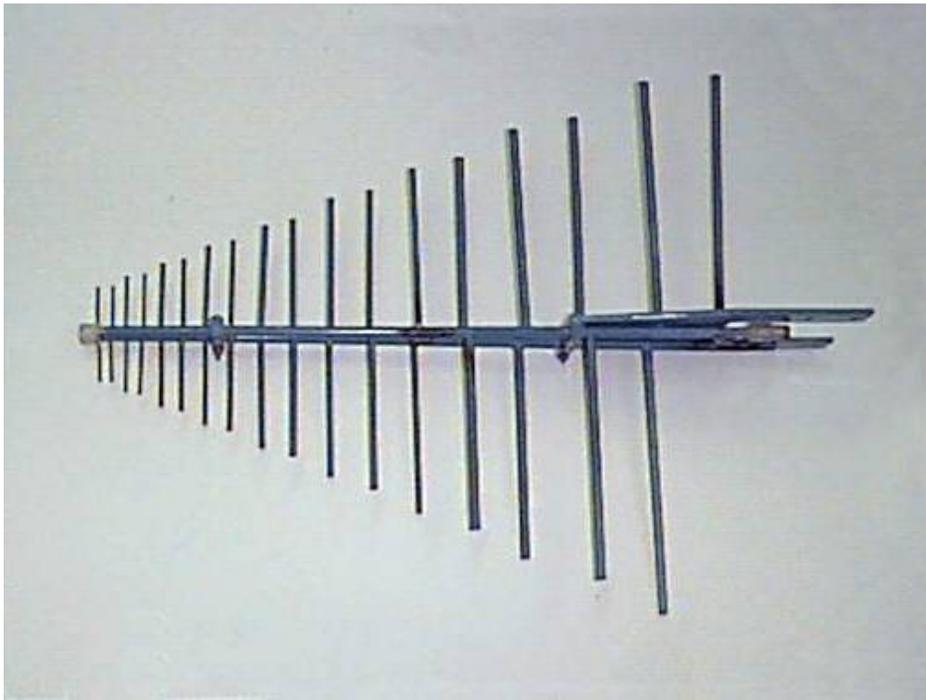
# Arreglo de Dipolos Log-Periódica

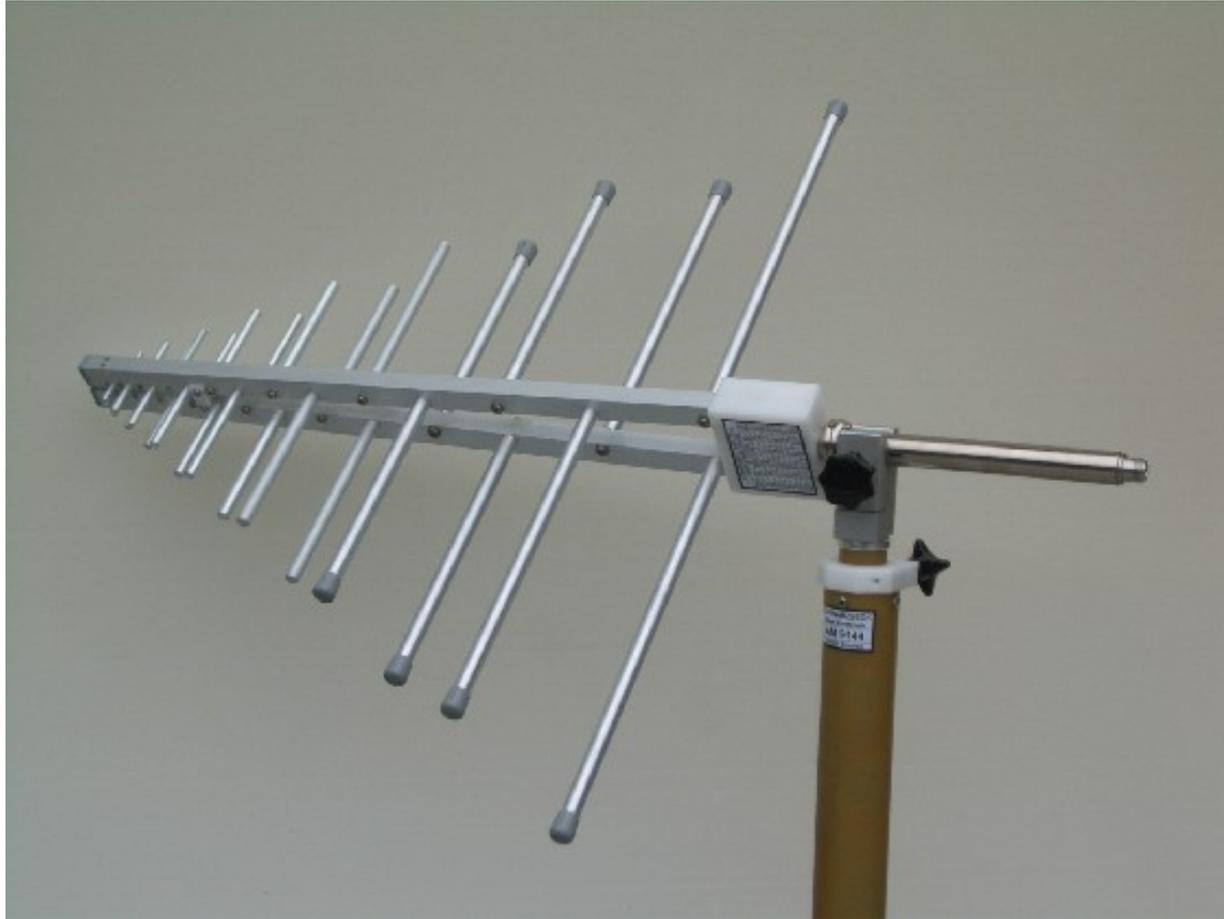
- Varios elementos activos (dipolos) de diferentes longitudes
- Arreglo en fase
- Unidireccional end-fire
- Tiene gran ancho de banda pero poca ganancia
- A menudo usado para antenas de TV

# Arreglo Log-Periódica



# Antena Log periódica y su patrón



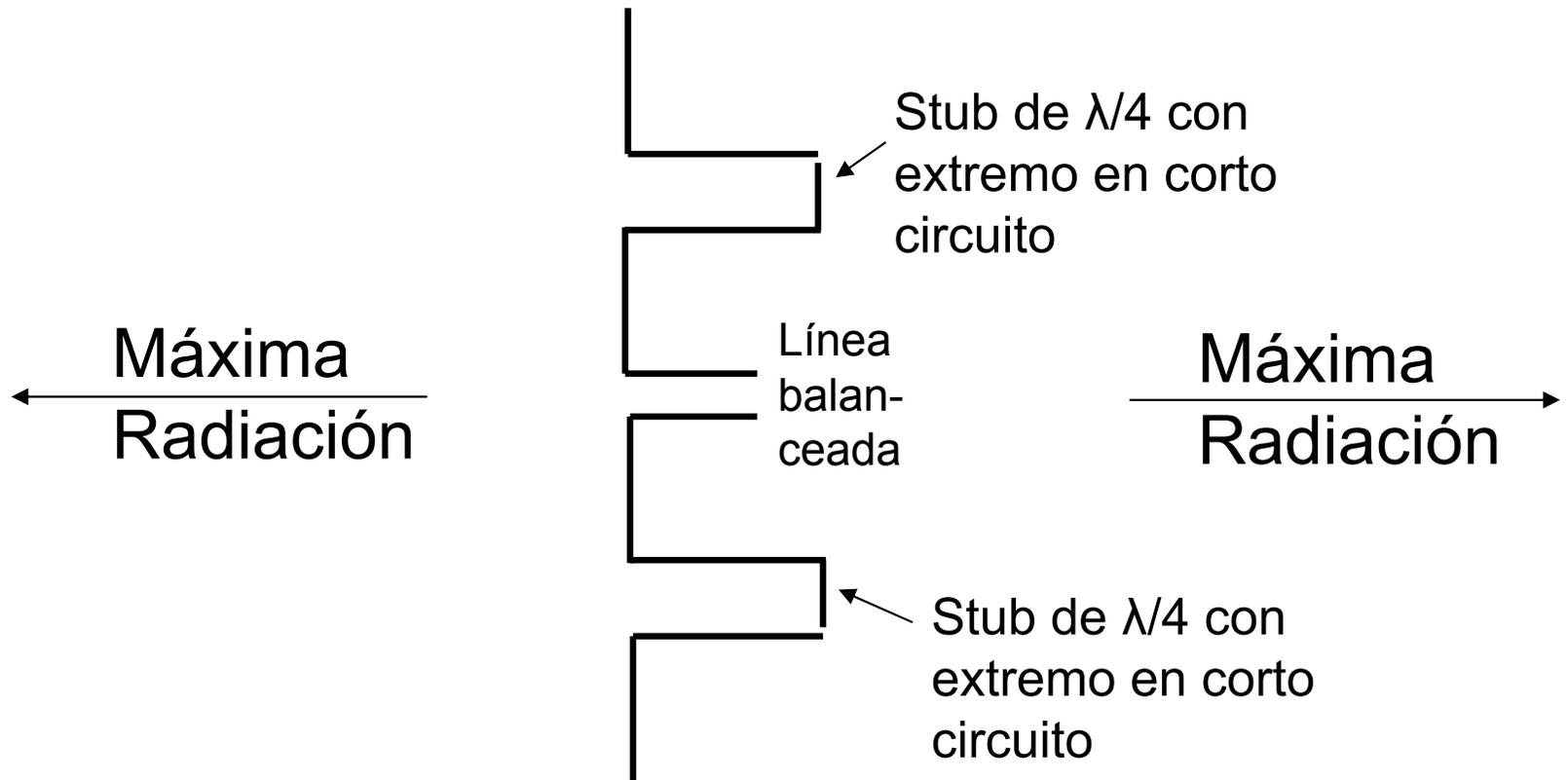


Antenas

# Arreglo Colinear

- Todos los elementos están a través del mismo eje
- Usada para proveer un patrón omnidireccional horizontal con una antena vertical
- Concentra la radiación en el plano horizontal

# Arreglo Colinear

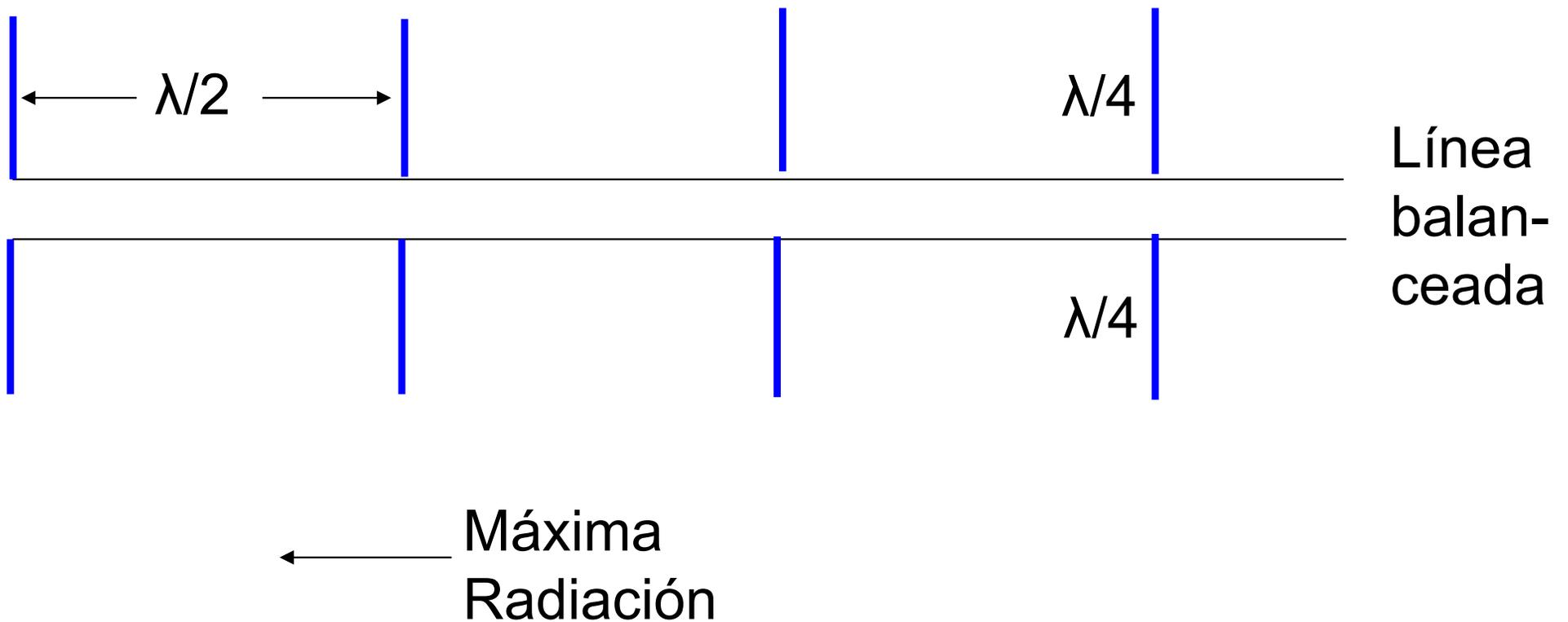




# Arreglo End-Fire

- Similar al arreglo broadside excepto que los dipolos son alimentados  $180^\circ$  fuera de fase

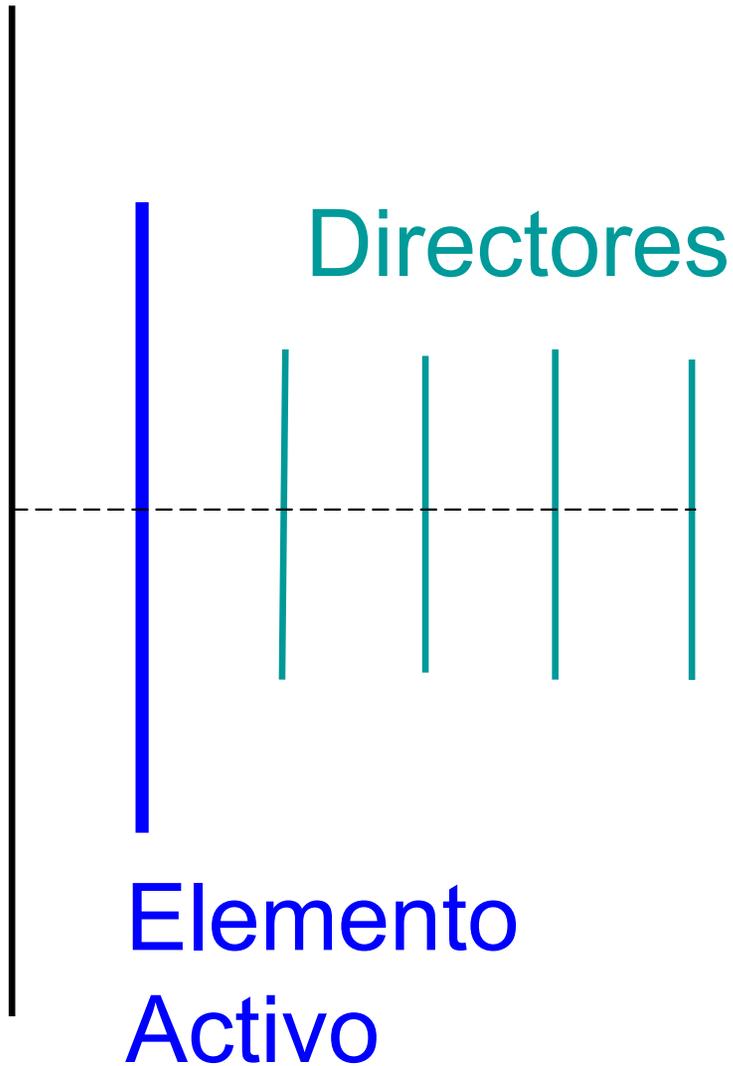
# Arreglo End-Fire



# Arreglo Yagi-Uda

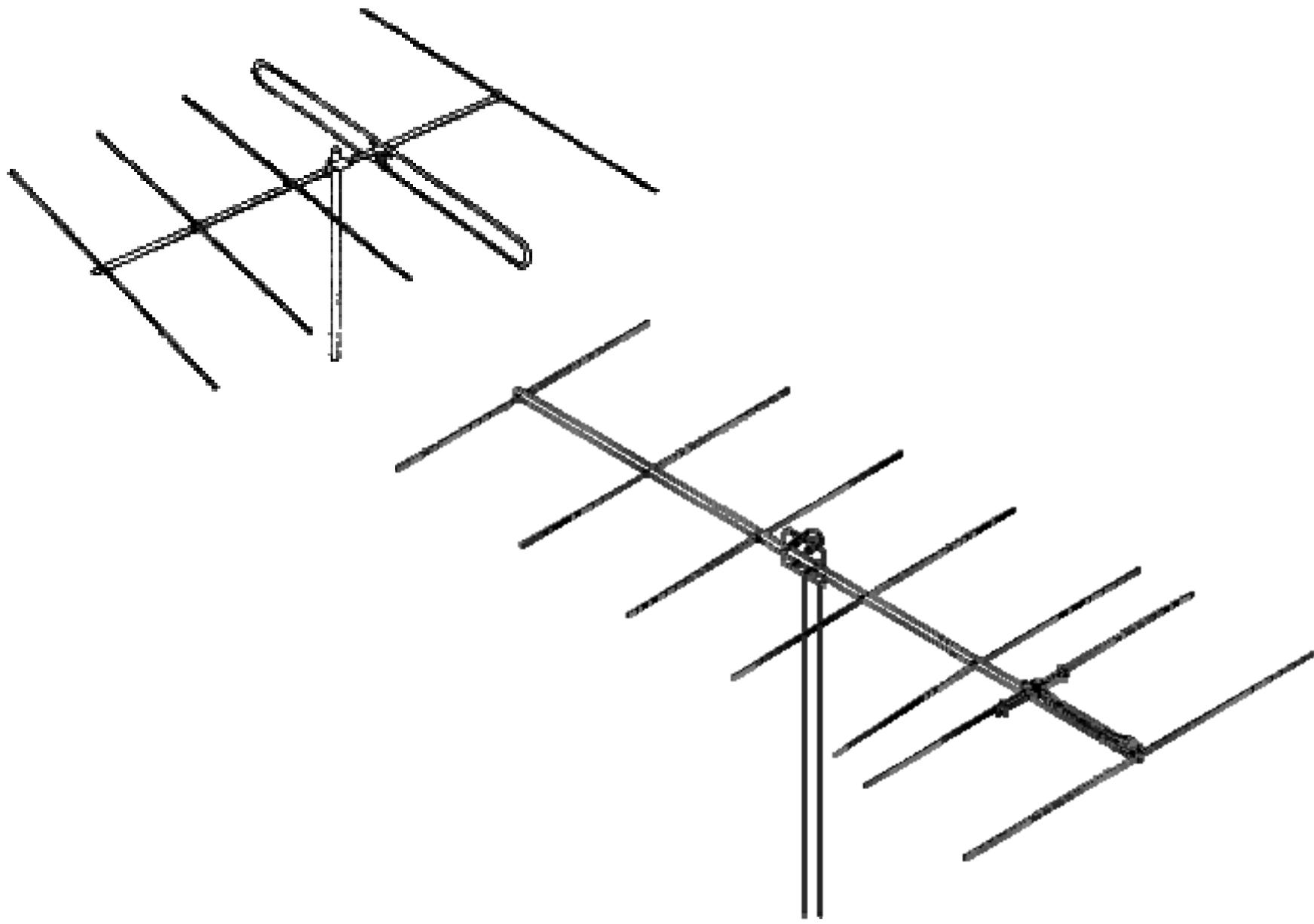
- Comúnmente llamada: Antena Yagi ó Yagi
- Parasítica, end-fire, unidireccional
- Un elemento activo: dipolo o dipolo doblado
- Un reflector detrás del elemento activo y ligeramente más largo
- Uno o más directores en frente del elemento activo y ligeramente más cortos

Reflector

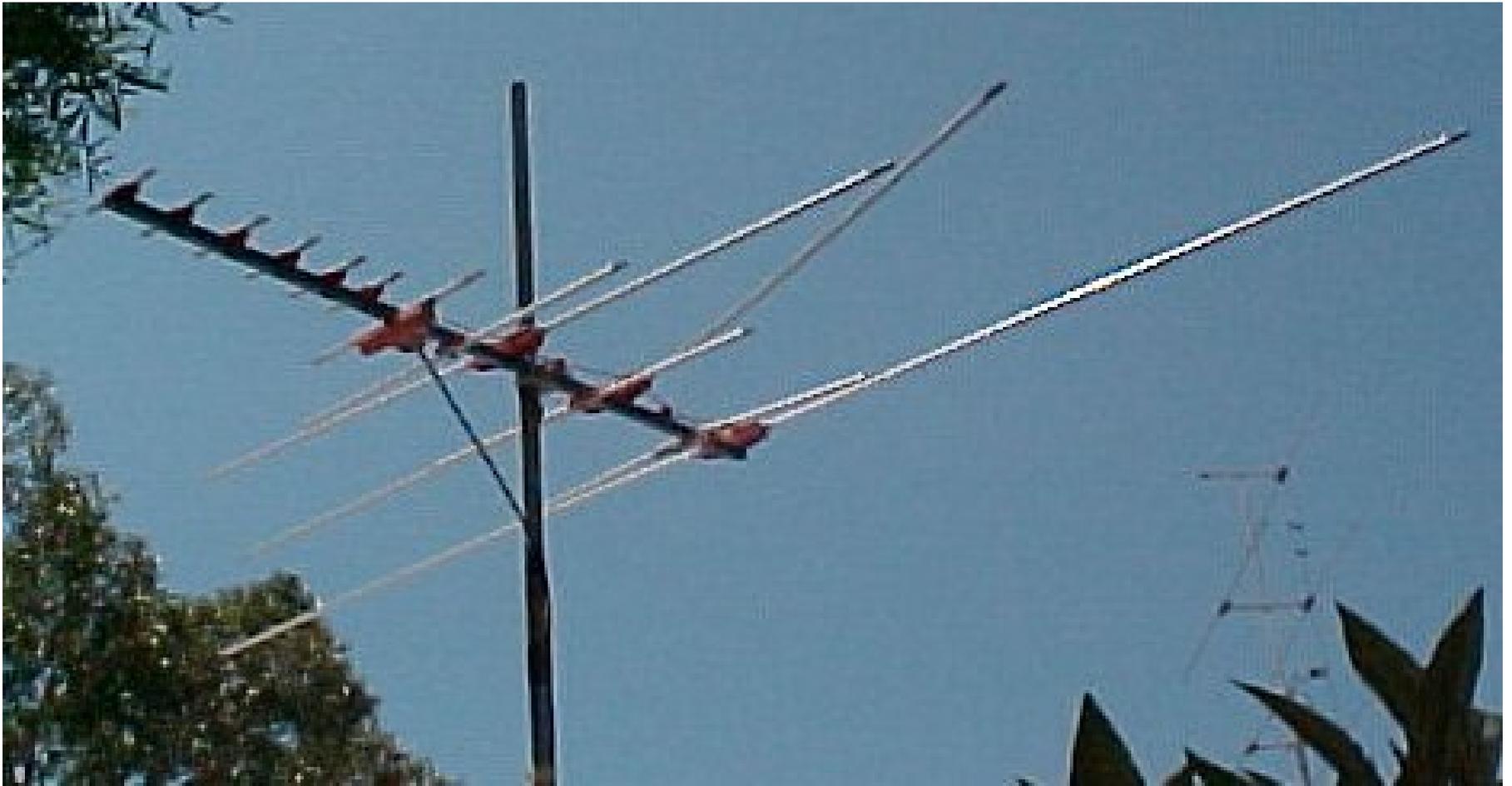


Yagi

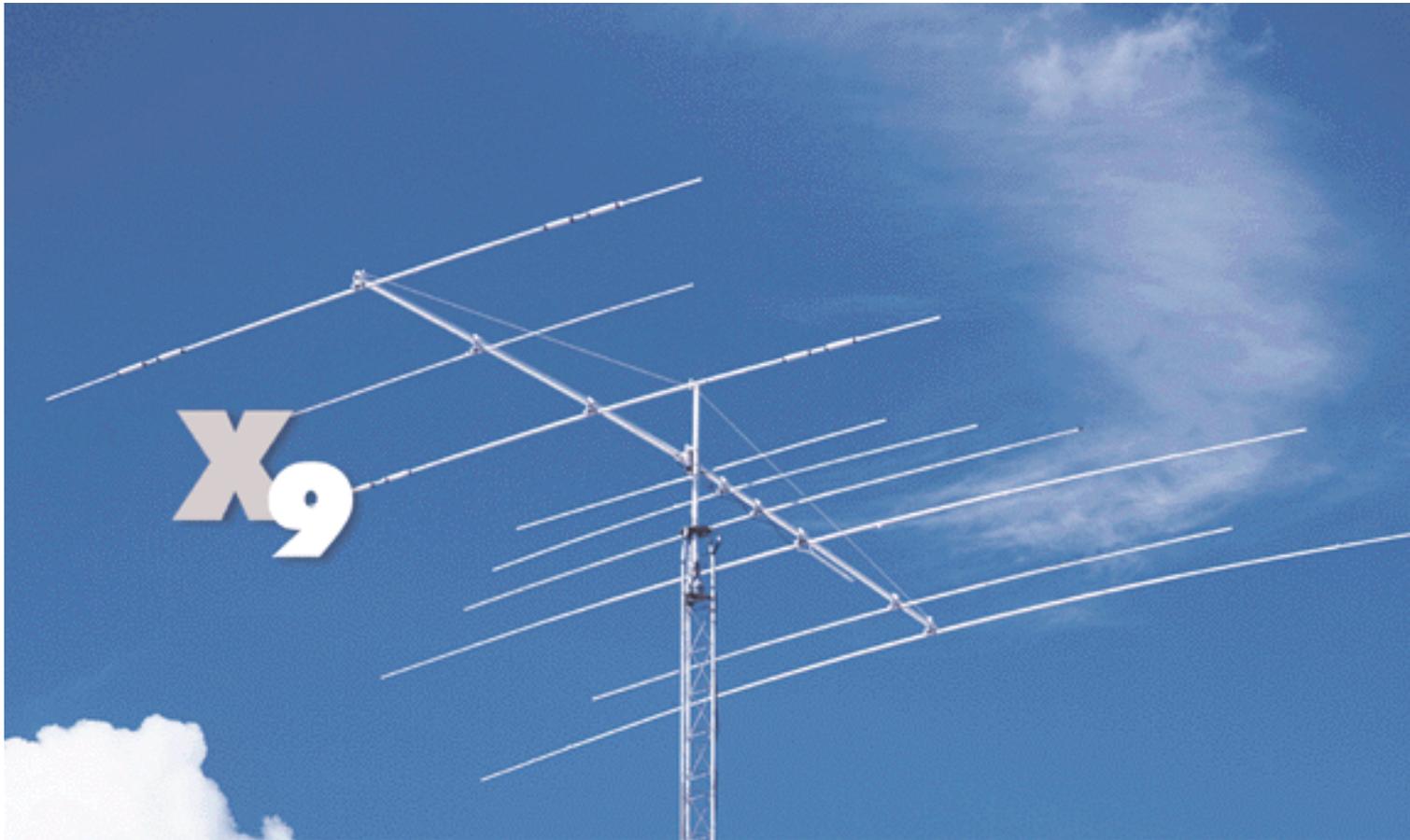
Dirección de  
máxima  
propagación



Antenas







# Yagi para Bandas de aficionados de 14, 21, 28 MHz

# Antena tipo Panel Reflector

- Antena montada a  $\lambda/4$  de la superficie metálica plana (reflector)
- La onda directa y reflejada están en fase
- Se incrementa la radiación en esa dirección.

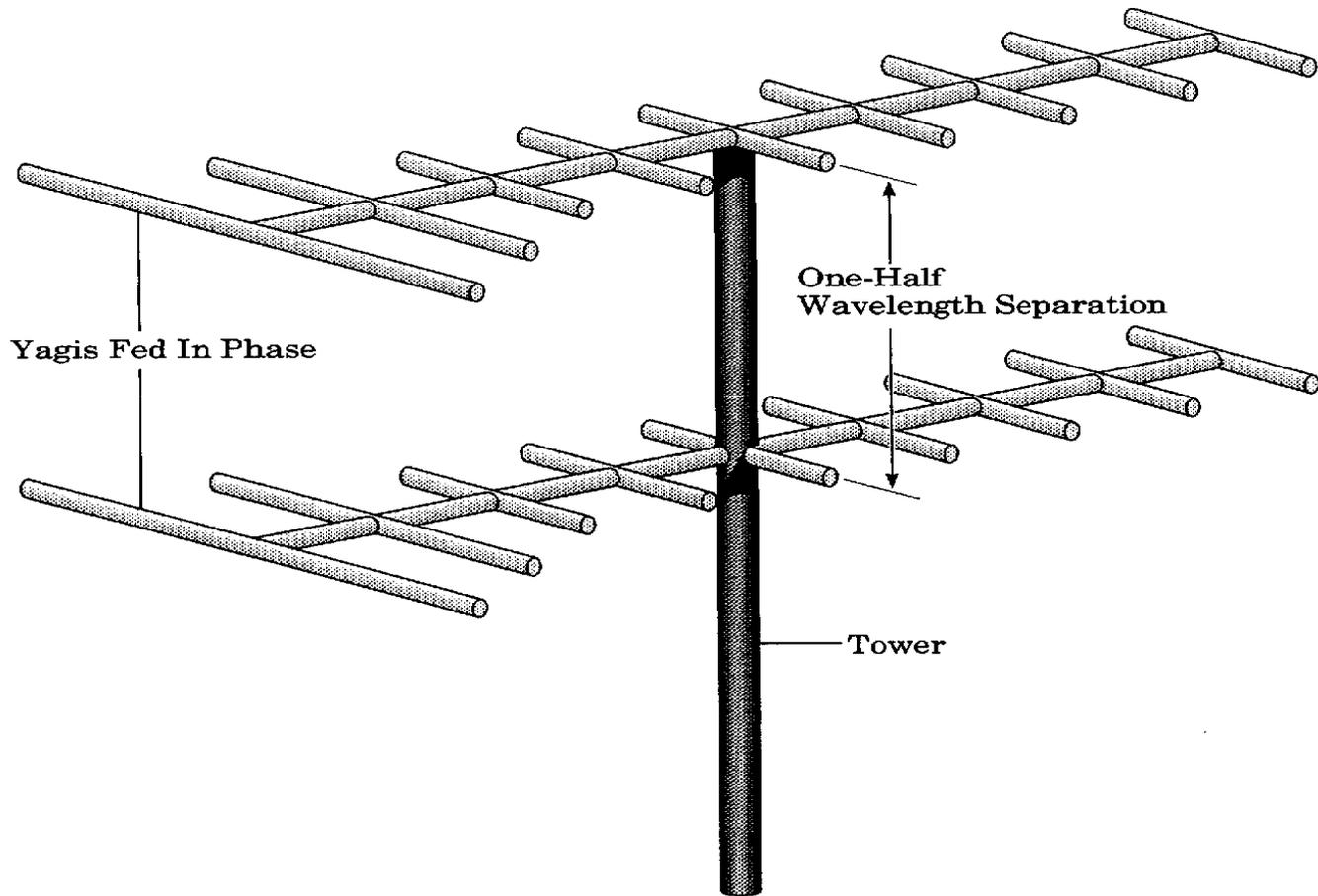


Antenas

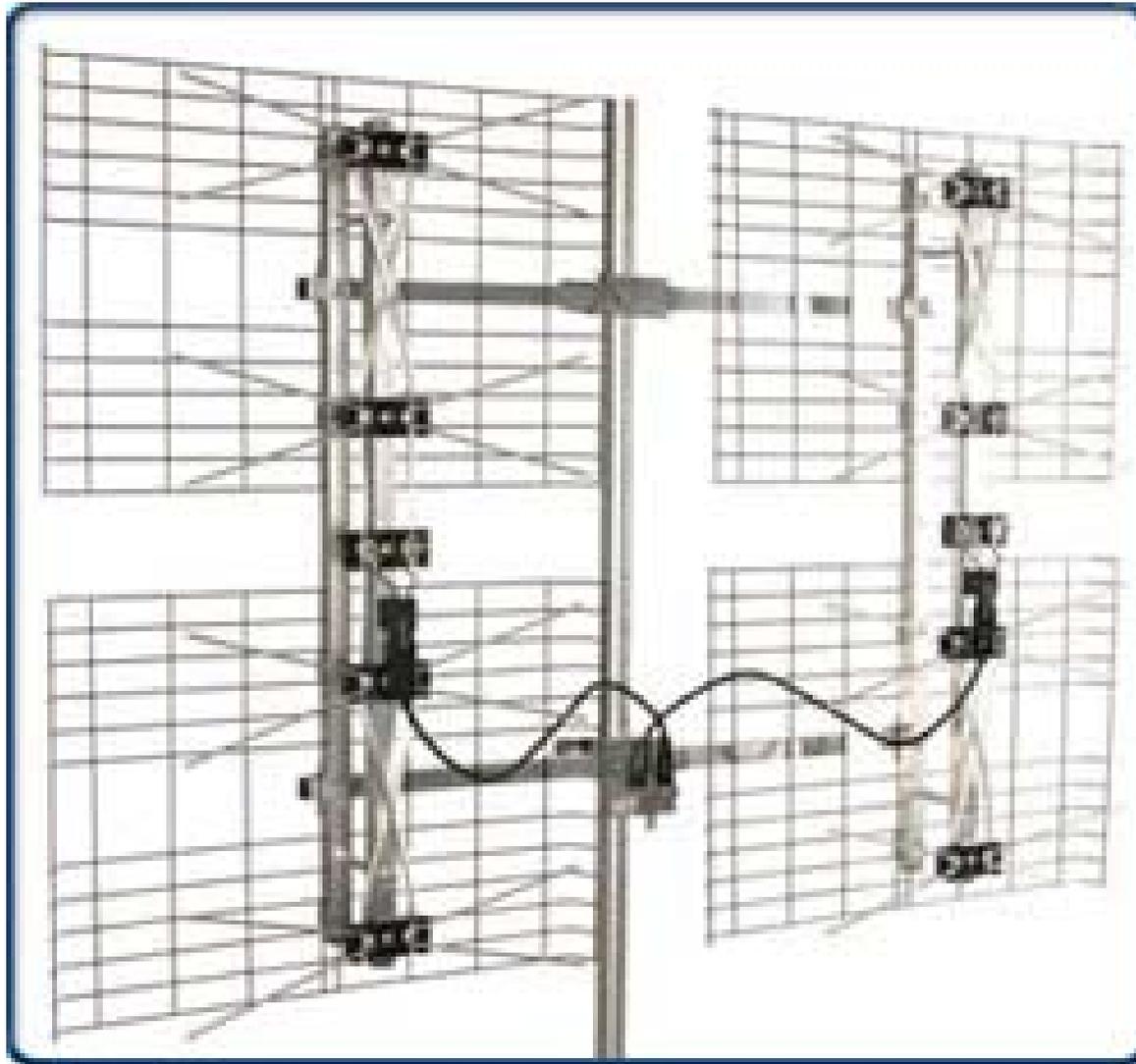
# Apilamiento de Yagis

- Apilamiento en-fase Yagis con media longitud de onda de espaciamiento vertical
- Reduce radiación sobre y debajo del horizonte
- Incrementa la ganancia en el plano de la a antena

# Stacked Yagis



# Apilamiento de otras antenas





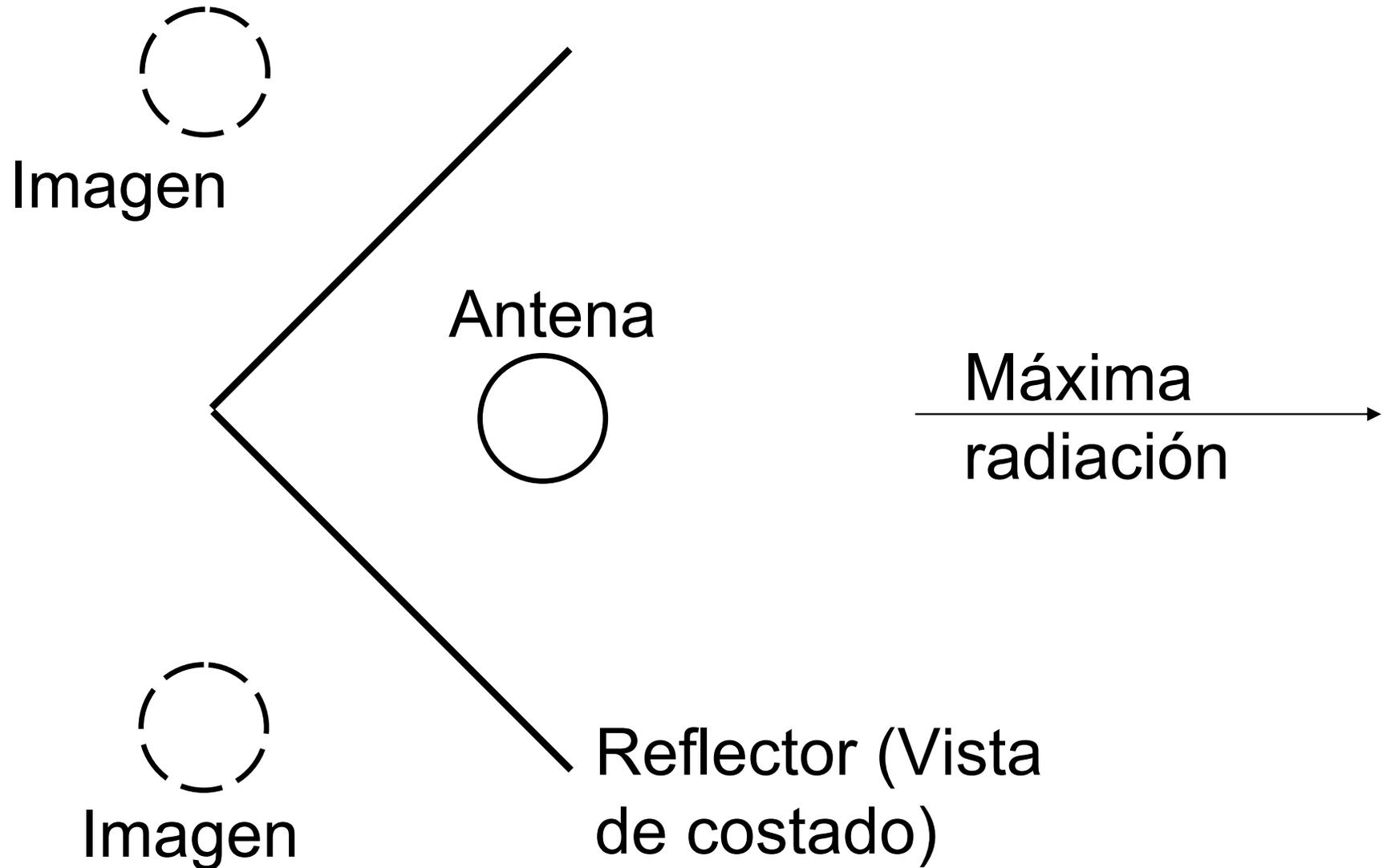
Antenas

# Reflector de Esquina

## Corner Reflector

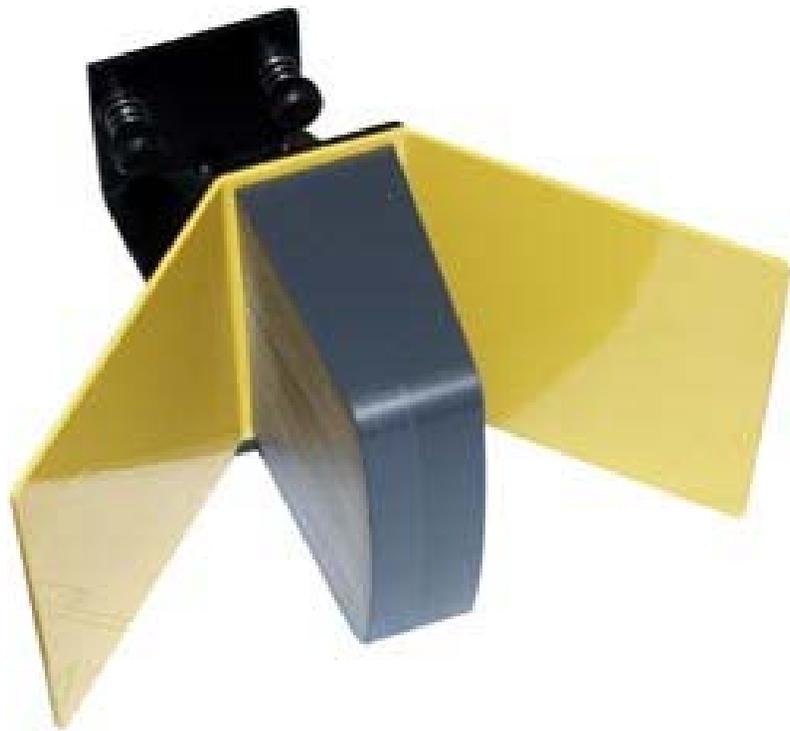
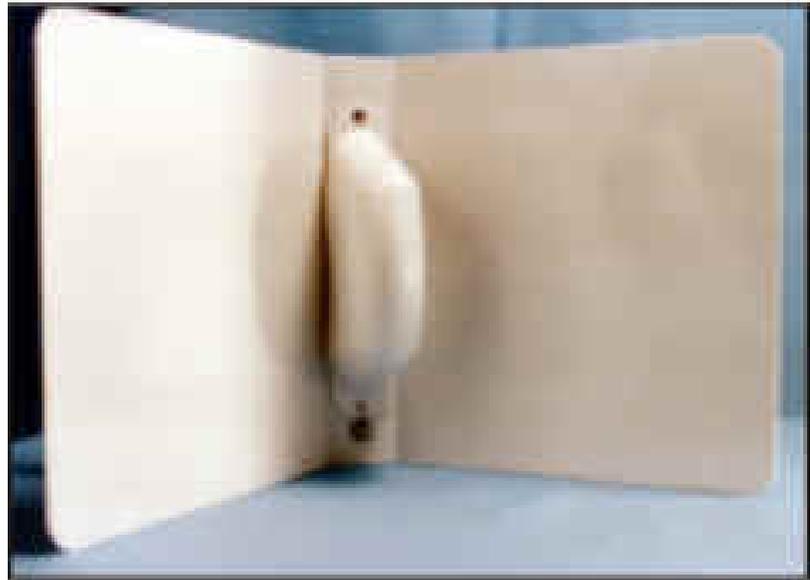
- Radiación más enfocada que en el caso del reflector plano.
- A menudo usado en antenas de TV UHF

# Reflector de esquina y sus imágenes



# Antena UHF-TV : Yagi con reflector de esquina





Antenas

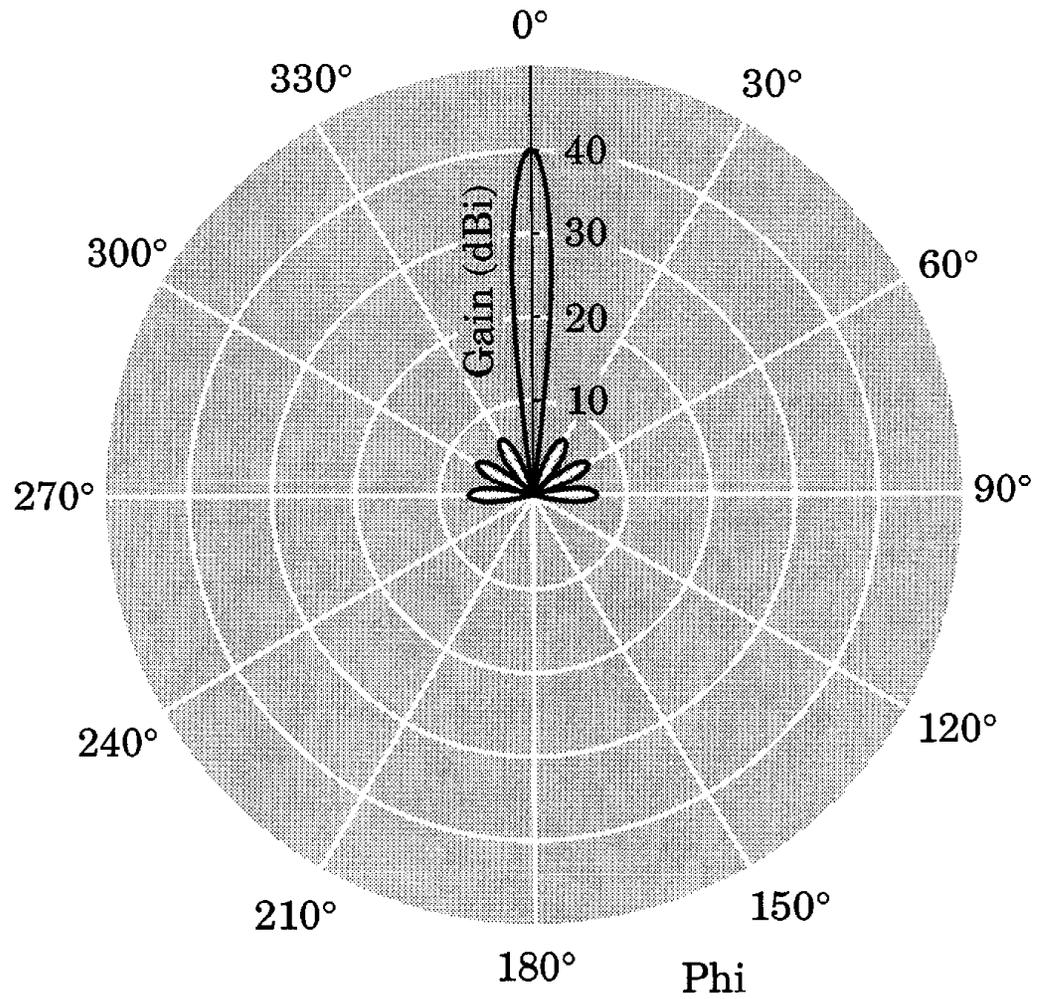
# Reflector Parabólico

- Toda la radiación emitida hacia el foco emerge en un haz paralelo al eje
- Se obtiene un haz muy estrecho
- Adecuado principalmente en frecuencias de microondas porque es muy grande comparada con su longitud de onda

# Antena parabólica “sólida” para microondas



### Polar Pattern for Typical Parabolic Antenna





Antenas

# Antena Parabólica para Recepción Satelital de TV

(TVRO:  
Televisión  
Reception  
Only)



**Antena  
Parabólica  
para  
Recepción  
Satelital de  
TV en la  
casa**

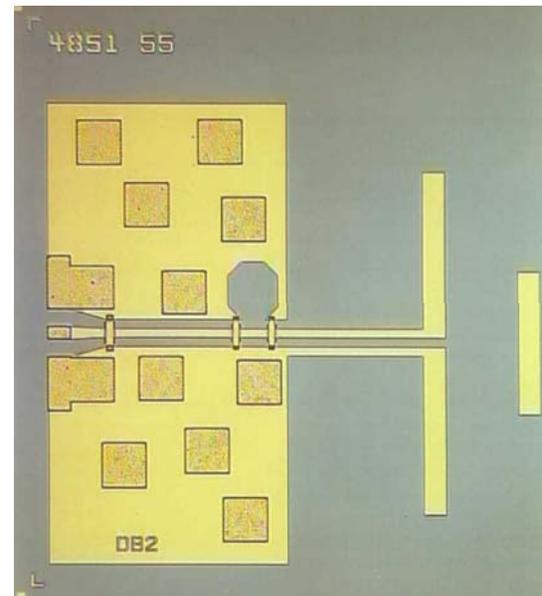
**(DTH:  
Direct To  
Home)**





# Otros tipos de antenas

- Apertura/Corneta (horn)
  - Las ondas son radiadas desde un hueco en la guía de onda
  - Es bueno para altas frecuencias (microondas)
- Conexión (Patch)
  - Pueden fabricarse tipo “circuito impreso”
- Helicoidales
  - Radian con polarización circular
- Broadband (de gran ancho de banda)
  - Diseños novedosos que lucen “raros”



Antenas



Antenas



# Mediciones de antenas

- **Analizador de Redes (Network Analyzer)**
    - Impedancia de Entrada
    - Parámetros S
    - Medidas de Transmisión
  - **Antenna Range**
    - Patrón de Radiación
    - Ganancia
    - Polarización
- ...

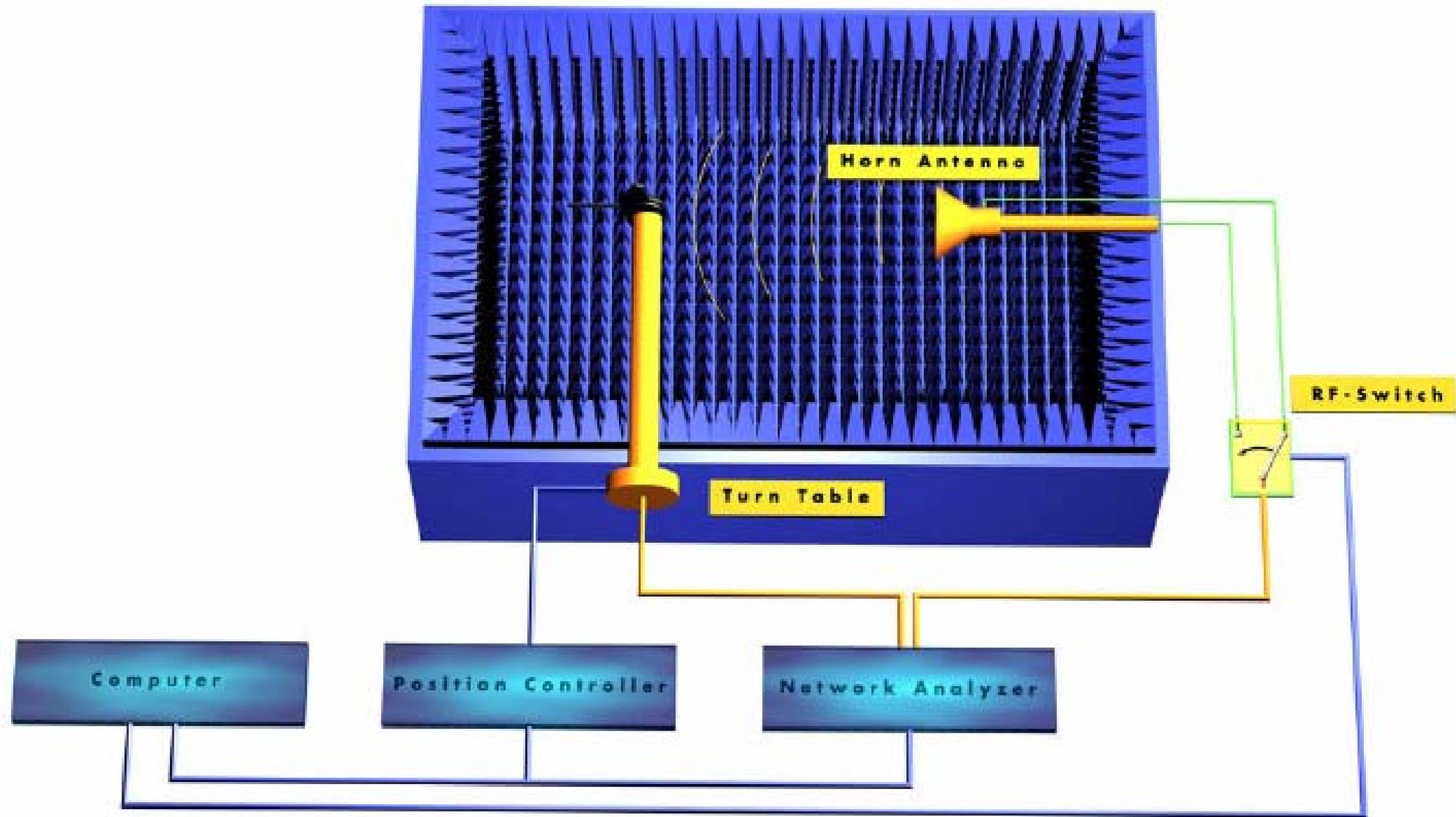


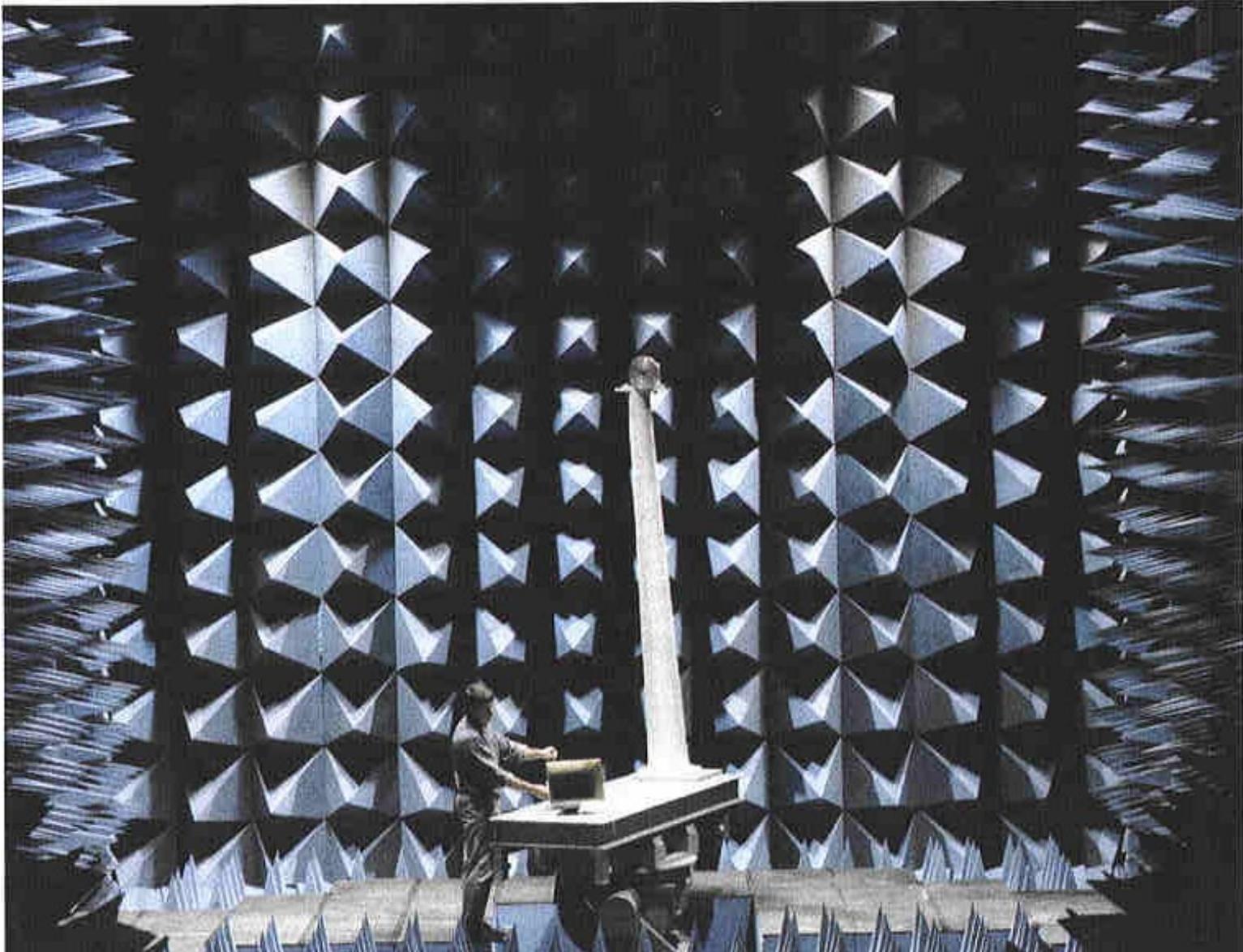
Antenas

- **Herramientas de Simulación**
  - Software específicos
- **Mediciones de campo**
  - Usando instrumental adecuado como medidor de intensidad de campo, analizador de espectro, etc.

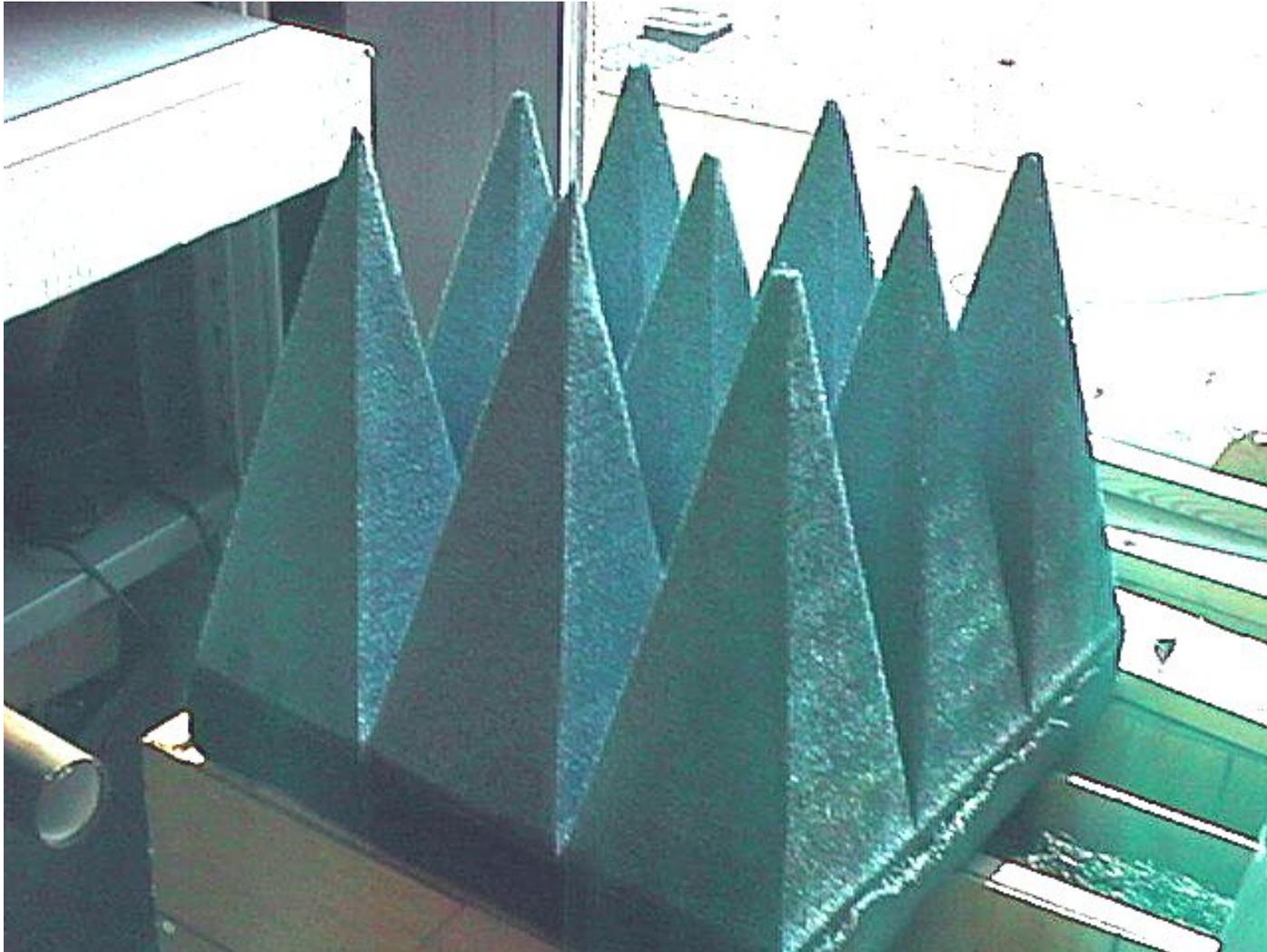


# Cámara Anecoica





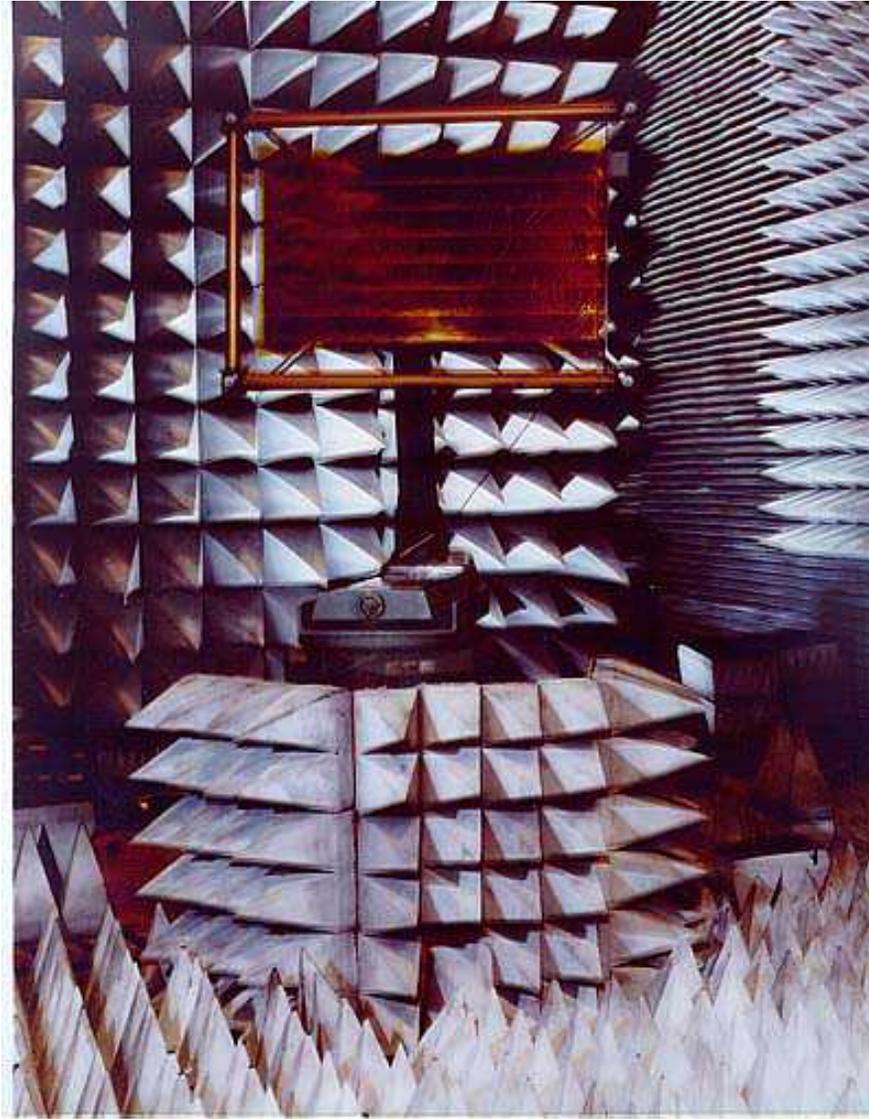
Antenas



Antenas



Antenas



Antenas



***Muchas gracias por su atención***

