

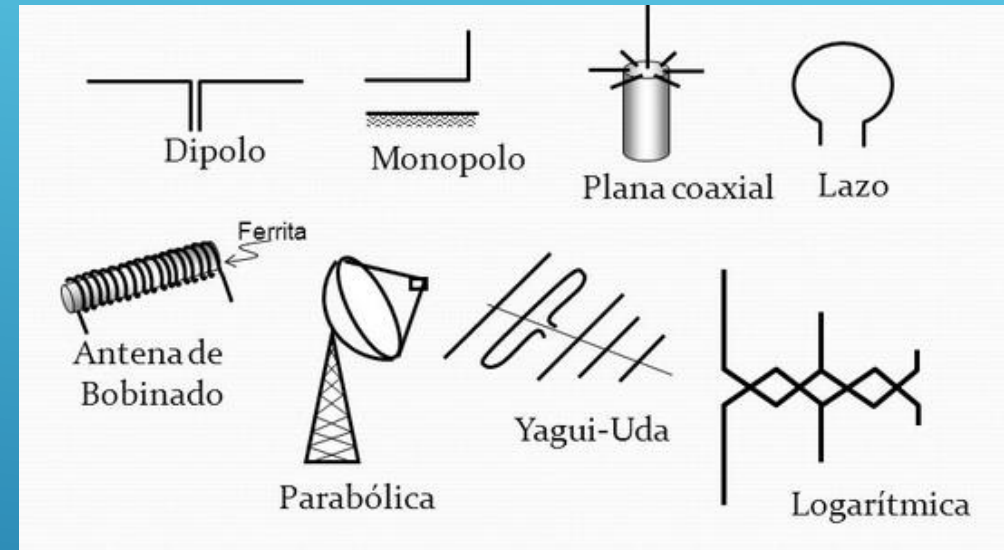
# TIPOS DE ANTENAS

Ing Christian Orellana

Universidad de San Carlos de Guatemala

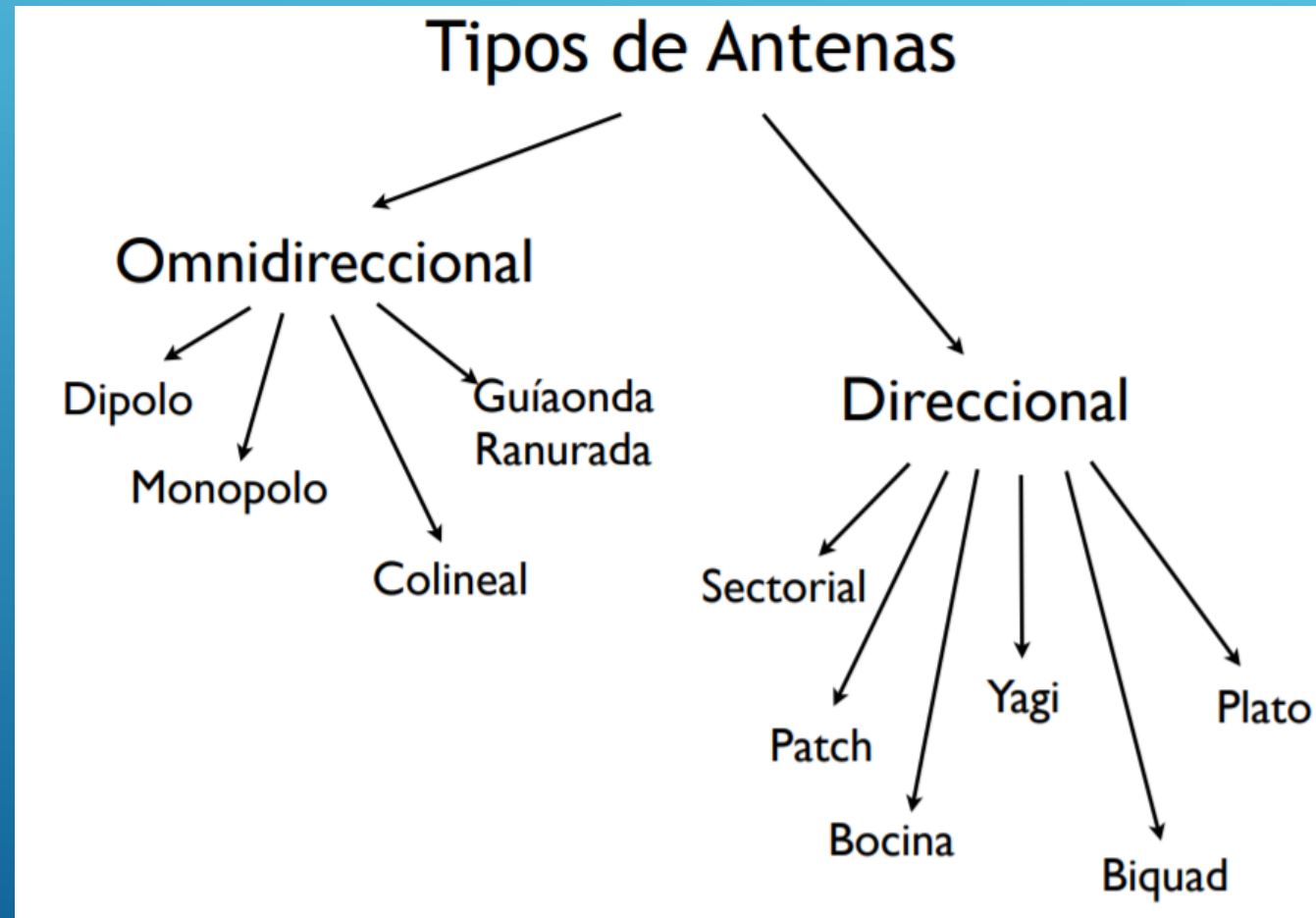
# TIPOS DE ANTENAS

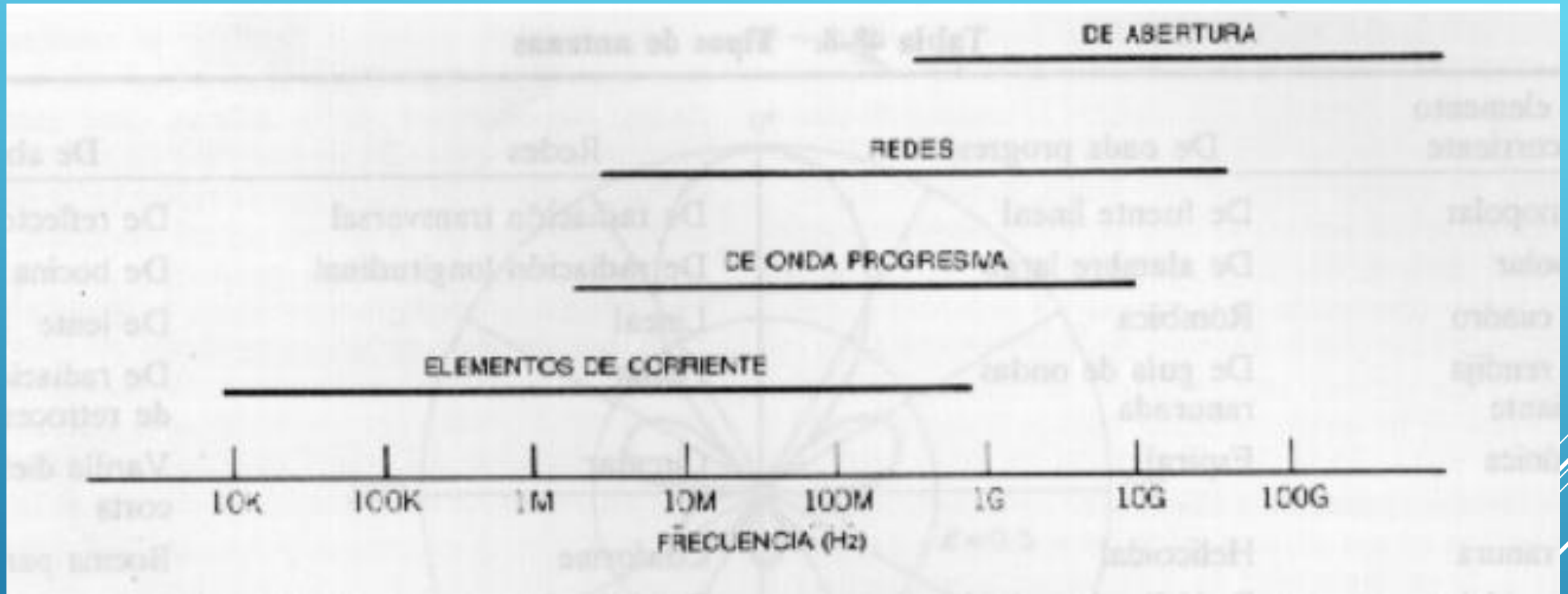
Existe una gran diversidad de tipos de antena, dependiendo del uso a que van a ser destinadas. En unos casos deben expandir en lo posible la potencia radiada, es decir, no deben ser directivas (ejemplo: una emisora de radio o una estación base de teléfonos móviles), otras veces deben serlo para canalizar la potencia y no interferir a otros servicios (antenas entre estaciones de radio enlaces).



El tamaño de las antenas está relacionado con la longitud de onda ( $\lambda$ ) de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida, debiendo ser, en general, un múltiplo o submúltiplo exacto de esta longitud de onda y es por eso que, a medida que se van utilizando frecuencias mayores, las antenas disminuyen su tamaño. Si las dimensiones de la antena son mucho más pequeñas que la longitud de onda, las antenas se denominan elementales.

# CLASIFICACIÓN SEGÚN SU PATRÓN DE RADIACIÓN





**SEGÚN SU FRECUENCIA**

# SEGÚN SU COMPOSICIÓN

## ► De hilo

- El monopolo
- El dipolo
- La antena Yagi
- La antena espira
- La antena helicoidal

## ► De apertura

- Antena de bocina
- Antena parabólica

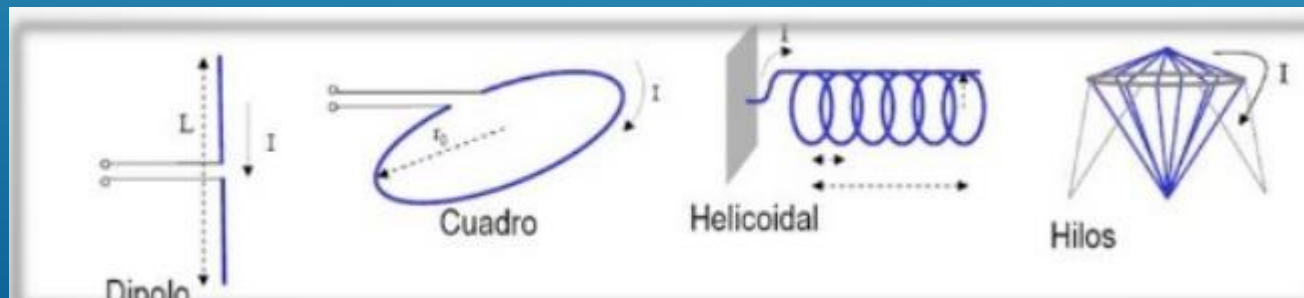
## ► Arrays

## ► Planas

- Alimentadores
- Aplicaciones TV
- Radioenlaces

# ANTENAS DE HILO

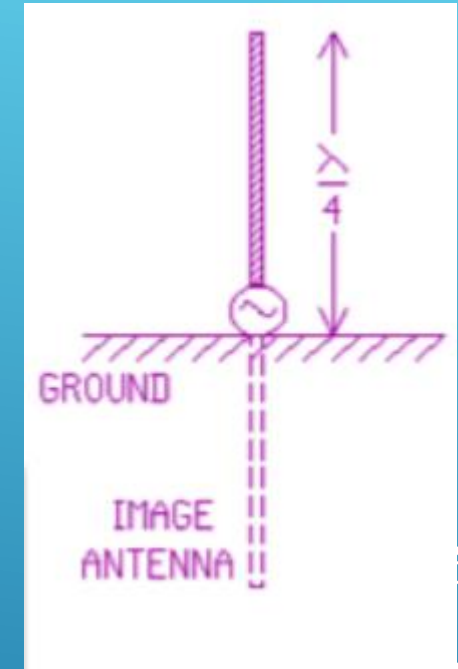
- ▶ Las antenas de hilo son antenas cuyos elementos radiantes son conductores de hilo que tienen una sección despreciable respecto a la longitud de onda de trabajo.
- ▶ Las dimensiones suelen ser como máximo de una longitud de onda. Se utilizan extensamente en las bandas de MF, HF, VHF y UHF. Ejemplos de antenas de hilo son:
  - ▶ El monopolo vertical
  - ▶ El dipolo y su evolución, la antena Yagi
  - ▶ La antena espira
  - ▶ La antena helicoidal es un tipo especial de antena que se usa principalmente en VHF y UHF. Un conductor describe una hélice, consiguiendo así una polarización circular.



# MONOPOLO O ANTENA MARCONI

- ▶ Elemento vertical de  $1/4 \lambda$
- ▶ Se requiere un buen plano de tierra
- ▶ Omnidireccional en el plano horizontal
- ▶ 5.14 dBi
- ▶  $36 \Omega$  de impedancia

El monopolo tiene la mitad de la impedancia de entrada del dipolo y el doble de la ganancia (es decir 3 dB adicionales). Esto es debido a que sólo se requiere la mitad del voltaje para inducir la misma cantidad de corriente en el alambre ya que su longitud es la mitad de la del dipolo, y porque la parte inferior del patrón de radiación está bloqueada por el plano de tierra.





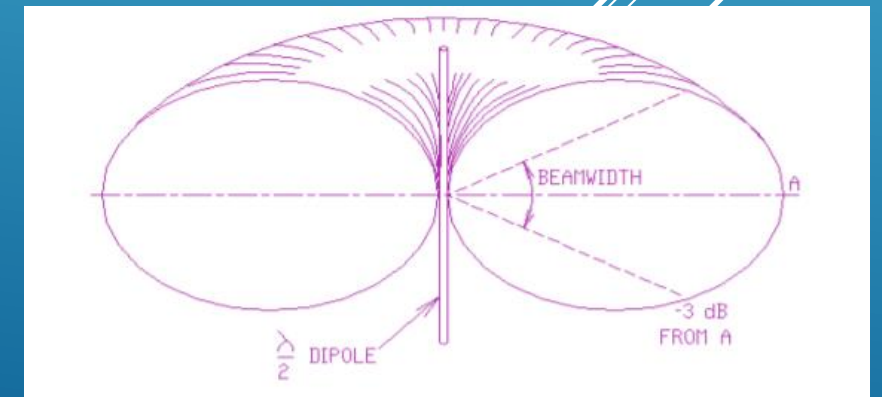
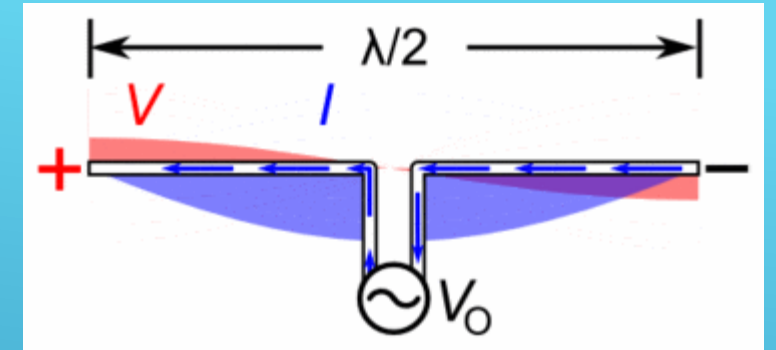


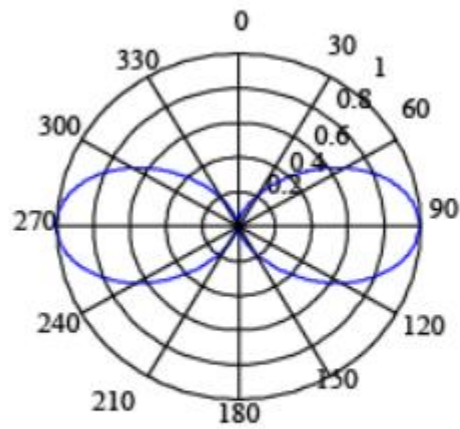


# DIPOLO

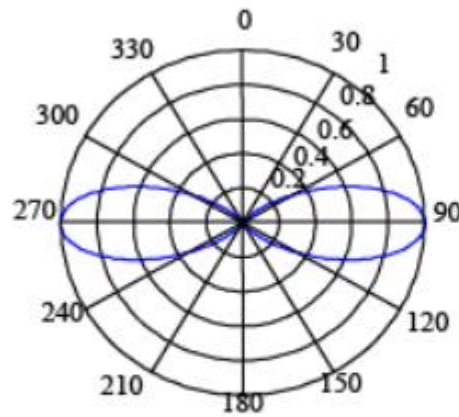
- ▶ Conocido también como antena de Hertz
- ▶ consiste en un **hilo conductor de media longitud de onda a la frecuencia de trabajo**, cortado por la mitad, en cuyo centro se coloca un generador o una línea de transmisión. Suelen estar fabricados de aluminio o cobre.

Puede ser utilizado como iluminador de reflectores parabólicos o de esquina.  
Puede alimentarse desde el centro o en otros puntos con lo que cambia la impedancia de entrada.

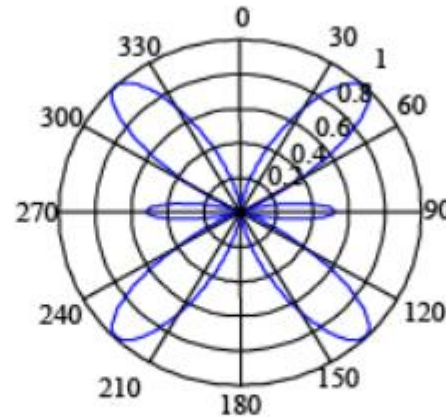




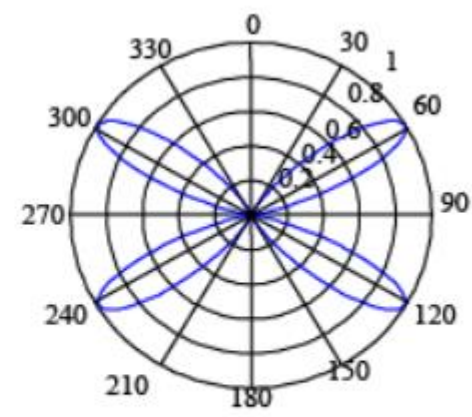
$$L = \lambda/2$$



$$L = \lambda$$

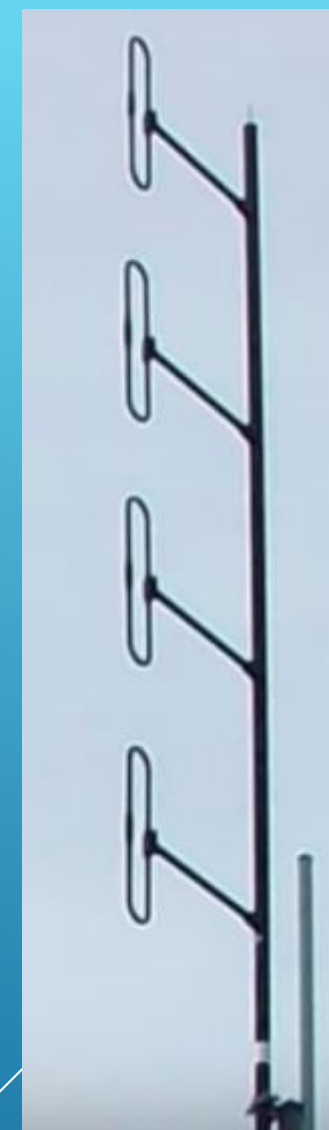
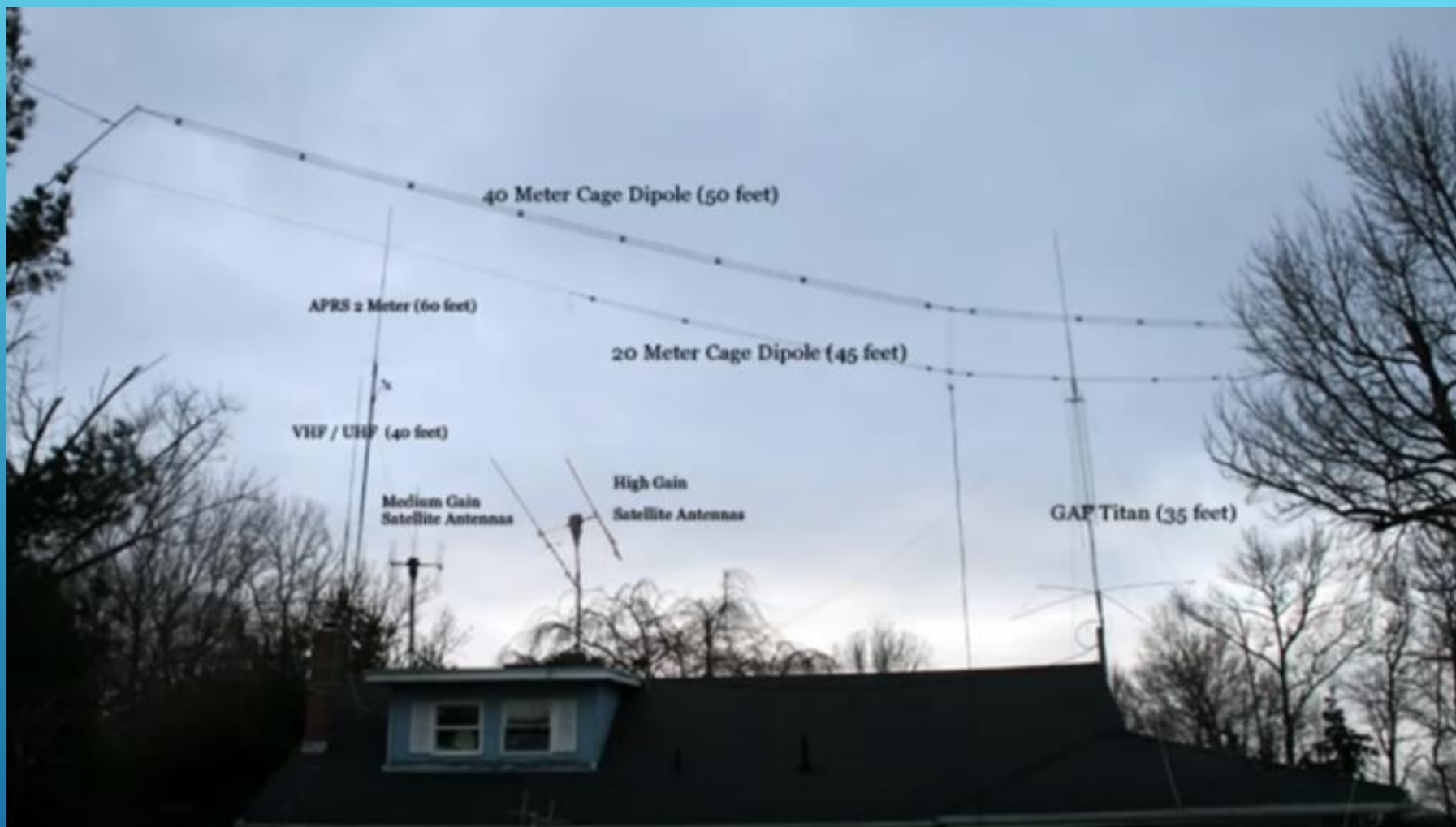


$$L = 3\lambda/2$$



$$L = 2\lambda$$


# TIPOS BÁSICOS DE ANTENAS DE DIPOLO



## VENTAJAS

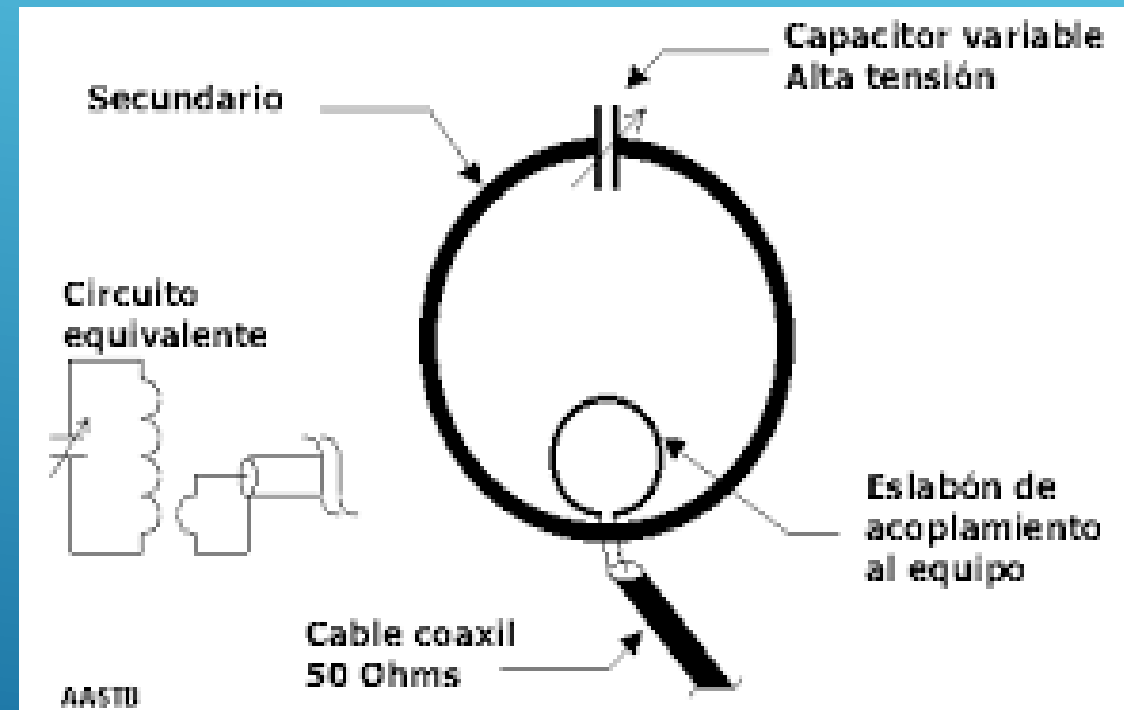
- ▶ La directividad siempre es de 1.5

## DESVENTAJAS

- ▶ Presenta poca eficiencia debido a que tienen una resistencia de radiación baja 
- ▶ Su reactancia capacitiva depende de su longitud entre mas corta mas capacitiva
- ▶ BW muy pobre, y depende de su longitud.

# ESPIRA ELEMENTAL

- Una antena de espira es, como el nombre lo indica, **una antena compuesta de al menos una espira de un conductor**. Se la puede considerar como un dipolo cuyos brazos se repliegan hasta formar una espira circular. **Todas las antenas de espira son fuertemente direccionales**; la dirección privilegiada está en el plano de la espira, mientras que la recepción es mínima en la dirección perpendicular al plano de la espira.





- ▶ Este tipo de antena se usa extensamente desde frecuencias del orden de 10 MHz hasta varios GHz. El tipo más frecuentemente empleado es el de espira circular, si bien también se emplean las cuadradas y rectangulares. Las antenas de lazo se clasifican en eléctricamente pequeñas, si su radio es menor de  $\lambda/3$  y eléctricamente grandes si el radio es del orden una longitud de onda o mayor.
- ▶ Las antenas pequeñas tienen baja eficiencia de radiación, pero se emplean mucho en equipos portátiles de pequeñas dimensiones, entre otros, los controles para abrir o cerrar puertas a distancia, en sistemas de comunicaciones en interiores y como sondas en equipos de medición.



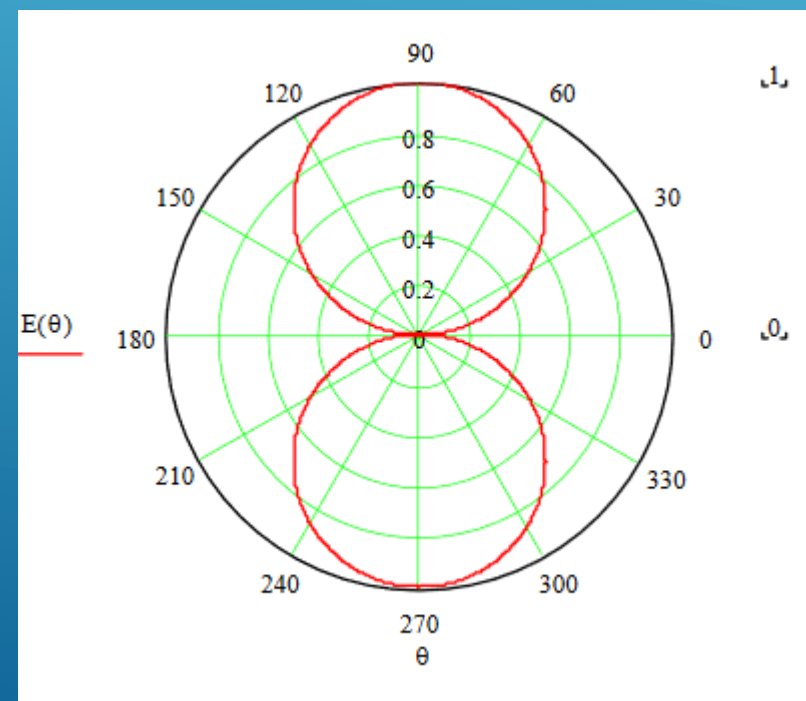
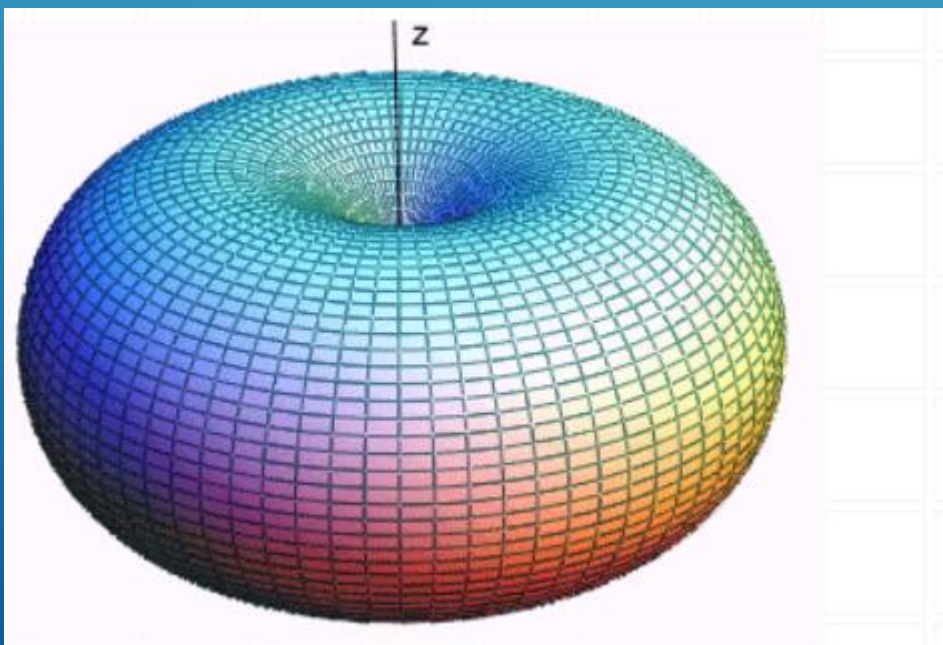




- La directividad es igual a la del dipolo elemental= 1.5 ya que el diagrama de radiación es idéntico.

$$D = \frac{4\pi}{\iint_{\Omega} \sin^3 \theta d\theta d\phi} = 1.5$$

- Su diagrama de radiación =



- ▶ La resistencia de radiación resulta se proporcional a la cuarta potencia de las dimensiones de la espira.
- ▶
- ▶ La espira es un radiador muy poco eficiente comparado con el dipolo, ya que éste último tiene una resistencia de radiación que es proporcional al cuadrado de sus dimensiones.
- ▶



## VENTAJAS

- ▶ La directividad siempre es de 1.5 solo si es una espira elemental

## DESVENTAJAS

- ▶ Presenta poca eficiencia debido a que tienen una resistencia de radiación baja
- ▶ Su reactancia es de tipo inductivo.
- ▶ BW muy pobre, y depende de su longitud.

- ▶ Se utiliza extensamente **en los sistemas de comunicaciones en las bandas de HF, VHF y UHF** y fue inventada en 1926 por los profesores Hidetsugu Yagi y Shintaro Uda de la Universidad Tohoku en Japón. Uda desarrolló gran parte del trabajo de desarrollo mientras que Yagi la dio a conocer internacionalmente gracias a sus artículos publicados
- ▶ Las antenas Yagi se componen de un arreglo de elementos independientes de antena, donde solo uno de ellos transmite las ondas de radio. El número de elementos (específicamente, **el número de elementos directores**) **determina la ganancia y directividad**. Las antenas Yagi no son tan direccionales como las antenas parabólicas

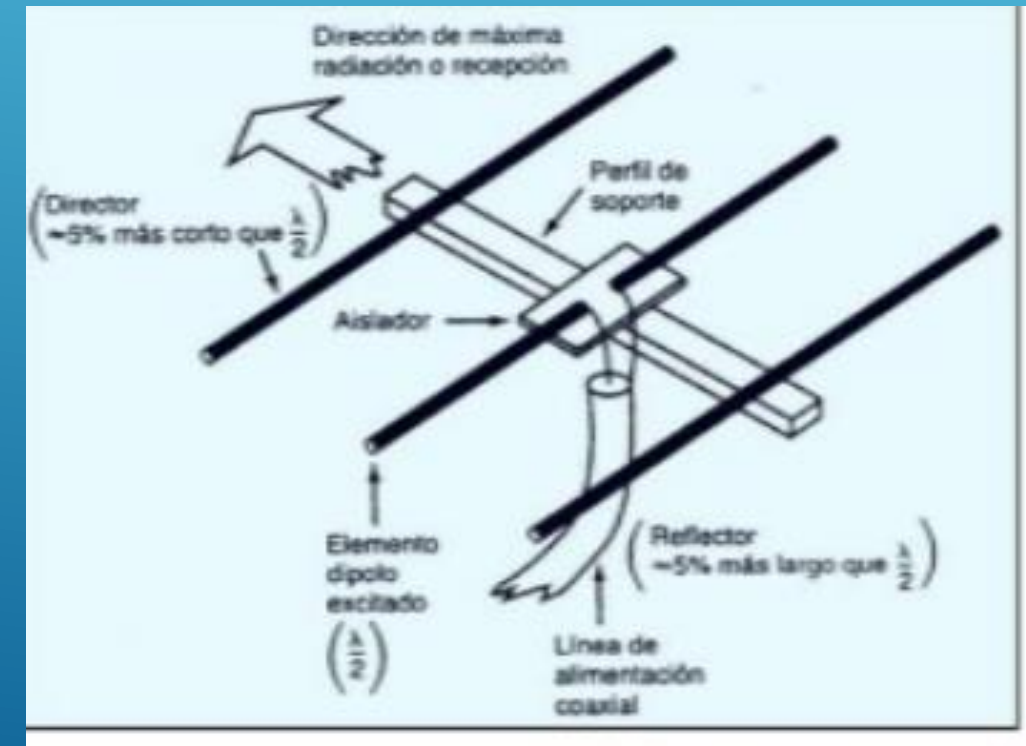
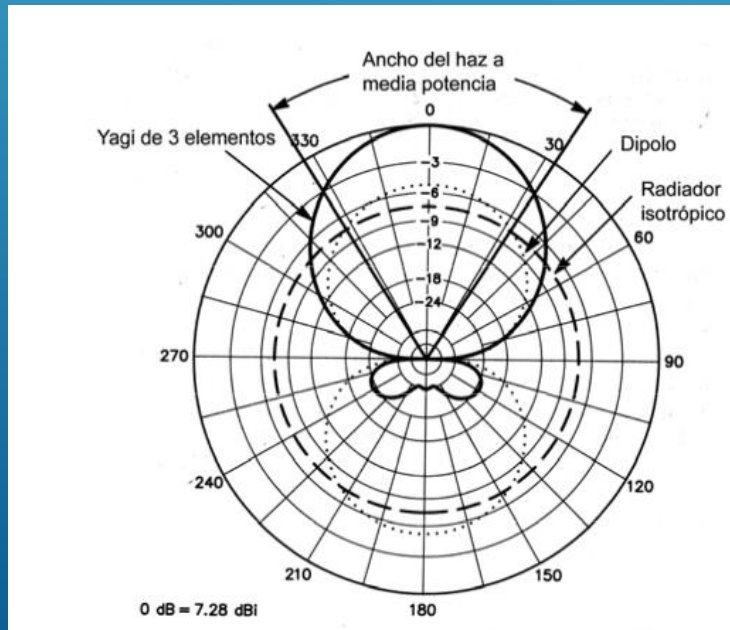
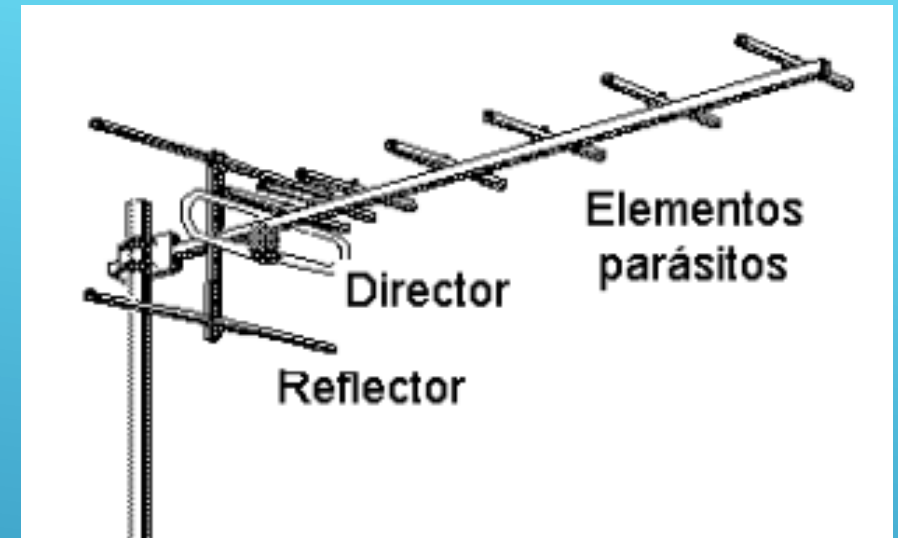
## ANTENA YAGI UDA



La antena Yagi consiste de un elemento excitado, que suele ser un dipolo o un dipolo doblado, un reflector y varios elementos parásitos o directores, situados frente al elemento excitado

Consta de dos elementos, uno alimentado y otro cortocircuitado (parásito).

- Si el elemento parásito es más corto se llama director y cuando es mas largo, reflector.





# ELEMENTOS DE LA ANTENA YAGI

- ▶ Elementos de excitación:
- ▶ Pueden ser activos o excitados, estos se conectan directamente a la línea de transmisión y reciben potencia de la fuente.
- ▶ **Elementos parásitos:**
- ▶ No se conectan a la línea de transmisión y reciben la energía a través de la inducción mutua. Estos elementos se clasifican en **Reflectores y Directores**



### **Ventajas**

- La alta direccionalidad de la antena
- Fácil uso
- Fácil de conseguir
- Alto ancho de banda

Bandas:

- HF
- VHF
- UHF

### **Desventajas**

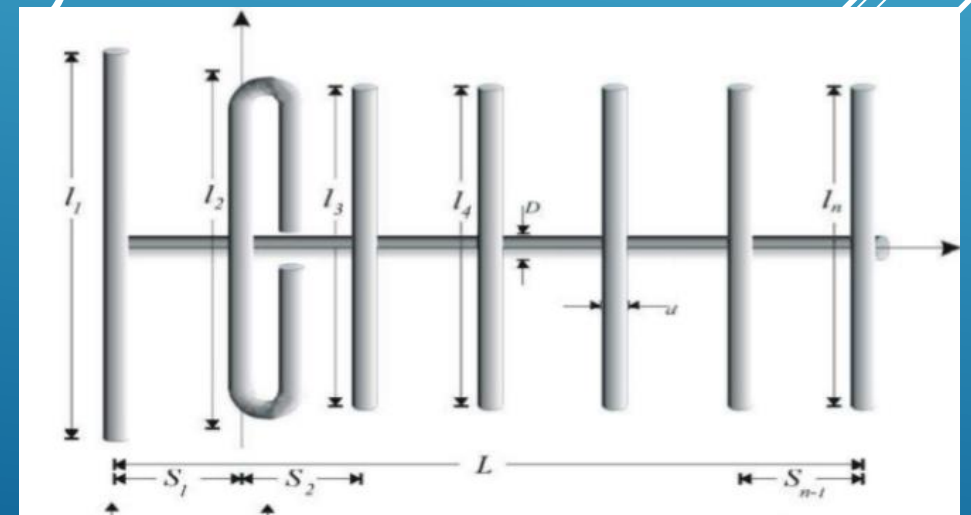
- Fragilidad mecánica
- Limitación de uso
- No puede tener varios canales en la dirección

- Ganancia relativa al dipolo en  $\lambda/2$  entre 5 dB y 18 dB. Esta ganancia, expresada en dB, es del orden de magnitud del número de elementos, hasta un máximo de 20.
- impedancia sea de 50 o 75 Ohms

# PARAMETROS DE DISEÑO

- ▶ Dipolo activo es de media onda ( $\lambda/2$ )
- ▶ Reflector
  - 5% mayor que el activo
- ▶ Director
  - 5% menor que el activo

**La separación entre elementos es algo mayor para el reflector (típica  $0,15\lambda$ ) que para los directores (típica  $0,11\lambda$ )**



*Frecuencia*

2.4 Ghz

*Longitud de Onda*

$$= \frac{C}{f(\text{Mhz})} = \frac{3 \times 10^8}{2.4 \times 10^9} = 0.125m$$

*Tamaño de los dipolos*

$$_2 = 6.25cm \text{ Activo}$$

*Reflector*

$$5\% \text{ mayor que el activo} \quad 6.25 \times 1.05 = 6.5625 \text{ cm}$$

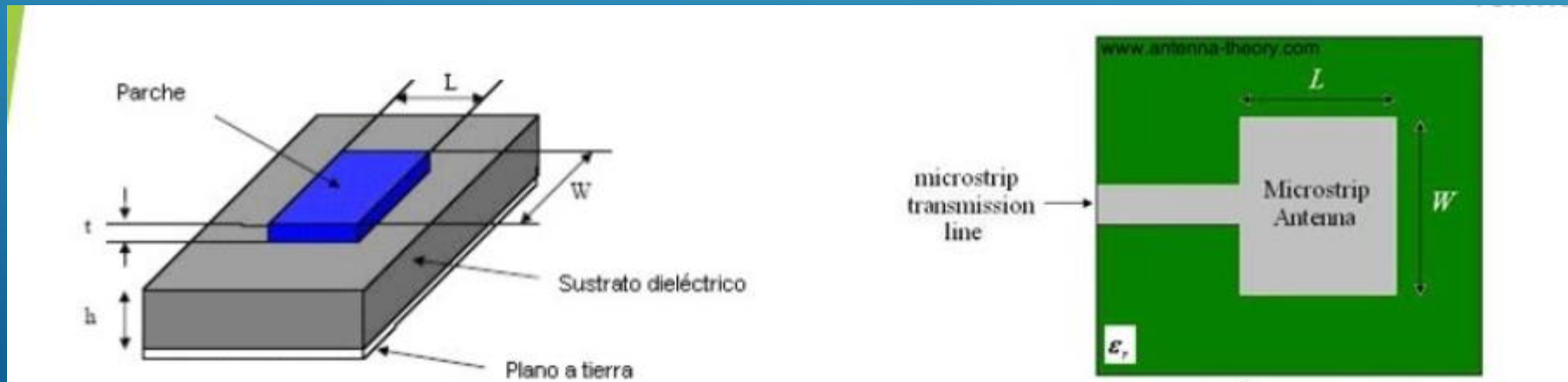
*Director*

$$5\% \text{ menor que el activo} \quad 6.25 \times 0.95 = 5.9375 \text{ cm}$$

# PATCH O MICROSTRIP

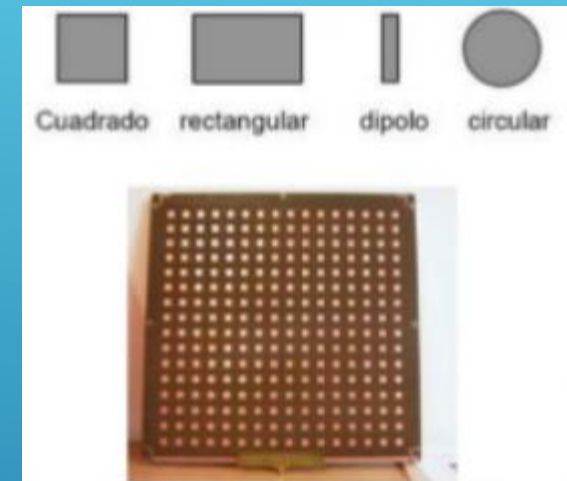
Las antenas impresas, de tipo parche también denominadas antenas microstrip (microtira) se diseñan a partir de líneas de transmisión o resonadores sobre sustrato dieléctrico. Las dimensiones se eligen de forma que la estructura disipe la potencia en forma de radiación.

Las antenas parche datan de los años 50 aunque no recibieron gran atención hasta los años 70. • La investigación en el campo de las antenas parche vino motivada por la necesidad de antenas cada vez más ligeras y compactas para las nuevas aplicaciones operando en frecuencias de microondas que se iban desarrollando



- Las antenas tipo Flat Panel son muy direccionales ya que la mayoría de su potencia radiada es una sola dirección ya sea en el plano horizontal o vertical.

El grosor oscila entre  $0.003\lambda$  y  $0.05\lambda$ . La constante dieléctrica ( $\epsilon_r$ ) puede tomar valores típicos de 3 a 10. En la parte inferior de la estructura se tiene un plano conductor perfecto. En cuanto al material dieléctrico, se opta por utilizar una baquelita comercial de constante dieléctrica ( $\epsilon = 4.35$ ), y en cuanto al material del conductor se opta por el cobre para aprovechar el uso de placas para diseño de circuito impreso (baquelita y cobre) y no tener que usar otros materiales difíciles de conseguir.





## **VENTAJAS:**

- Son livianas y ocupan poco volumen.
- Fáciles de adaptar a distintas superficies.
- Bajos costos de fabricación y facilidad para fabricarlas en serie.
- Soporta tanto polarización lineal como polarización circular.
- Fácilmente integrables a sistemas integrados de microondas (MICs)
- Pueden diseñarse para trabajar a distintas frecuencias.
- Mecánicamente robustas al ser montadas en superficies rígidas.

## **DESVENTAJAS:**

- Son de pequeño ancho de banda
- Baja potencia
- Baja ganancia
- Limitada potencia
- Baja pureza de polarización
- La radiación de los bordes puede afectar los parámetros de la antena.



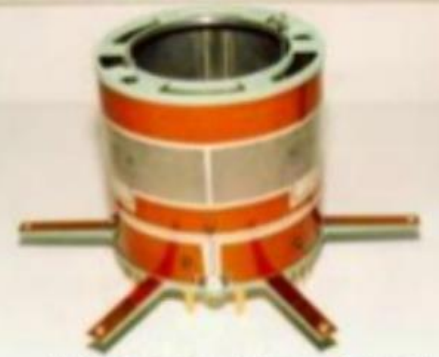
► Las aplicaciones más importantes son para:

- antenas de los sistemas de teledetección (sistemas de radar a bordo de satélites)
- sistemas de posicionamiento global
- antenas de móviles,
- aplicadores de calor en tratamientos de hipertermia
- altímetros de aviones,
- aplicaciones militares y en general todos los sistemas a frecuencias de microondas.

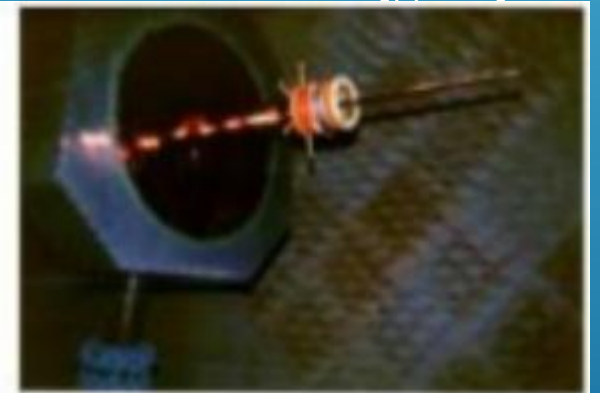
Entre otras tenemos: • Comunicaciones móviles (estaciones base, teléfono móvil, automóvil).

- Antenas en aviones (navegación, altímetros, telefonía).
- Satélites de comunicaciones.
- Sistemas GPS
- Radares (Phased arrays) con conformado electrónico de haz.
- Biomédicas (aplicadores de calor en medicina (hipotermia)).
- Telemetría (guiado de misiles, sensores).
- Observación de la tierra.

Comunicaciones móviles terrestres

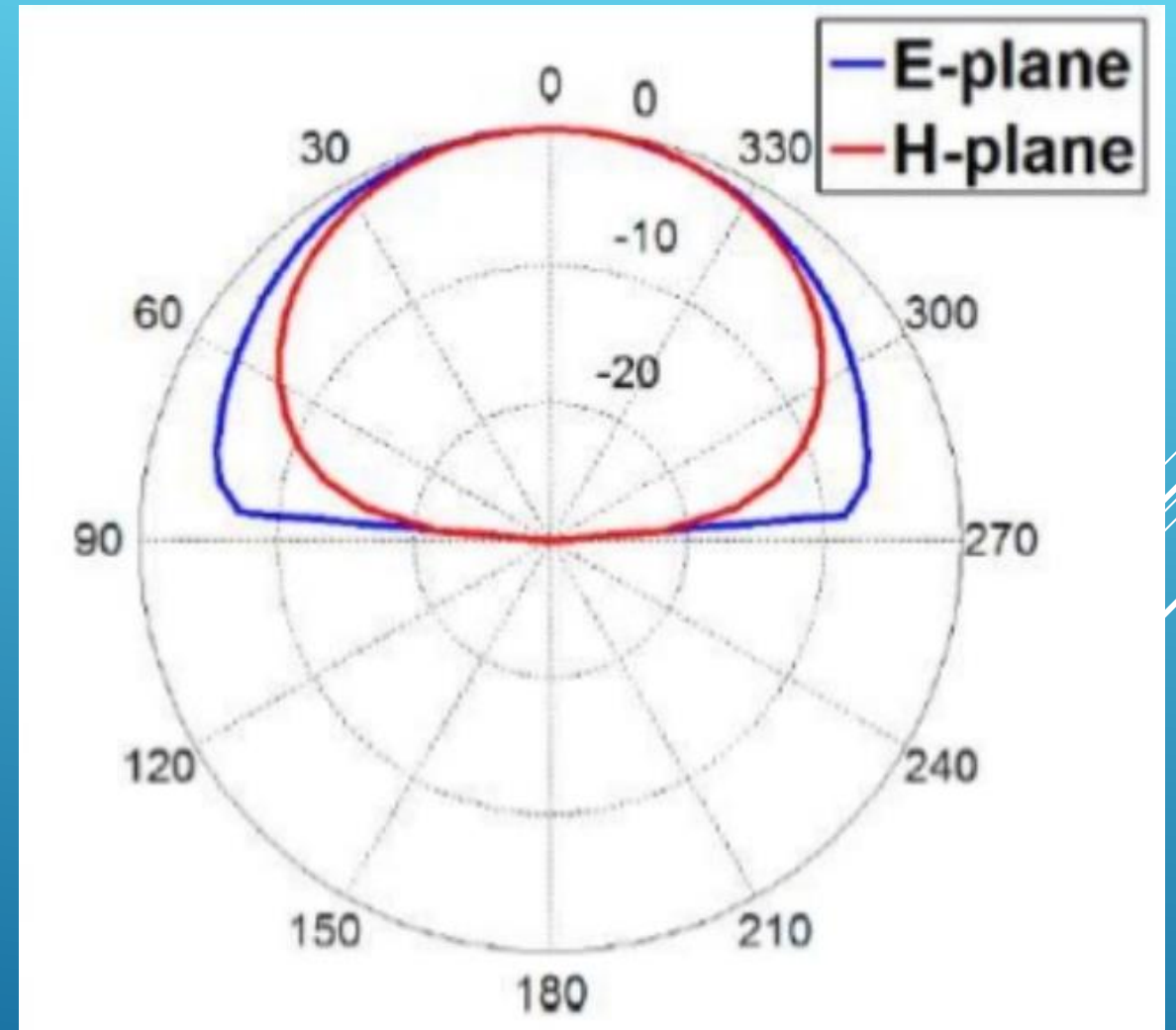
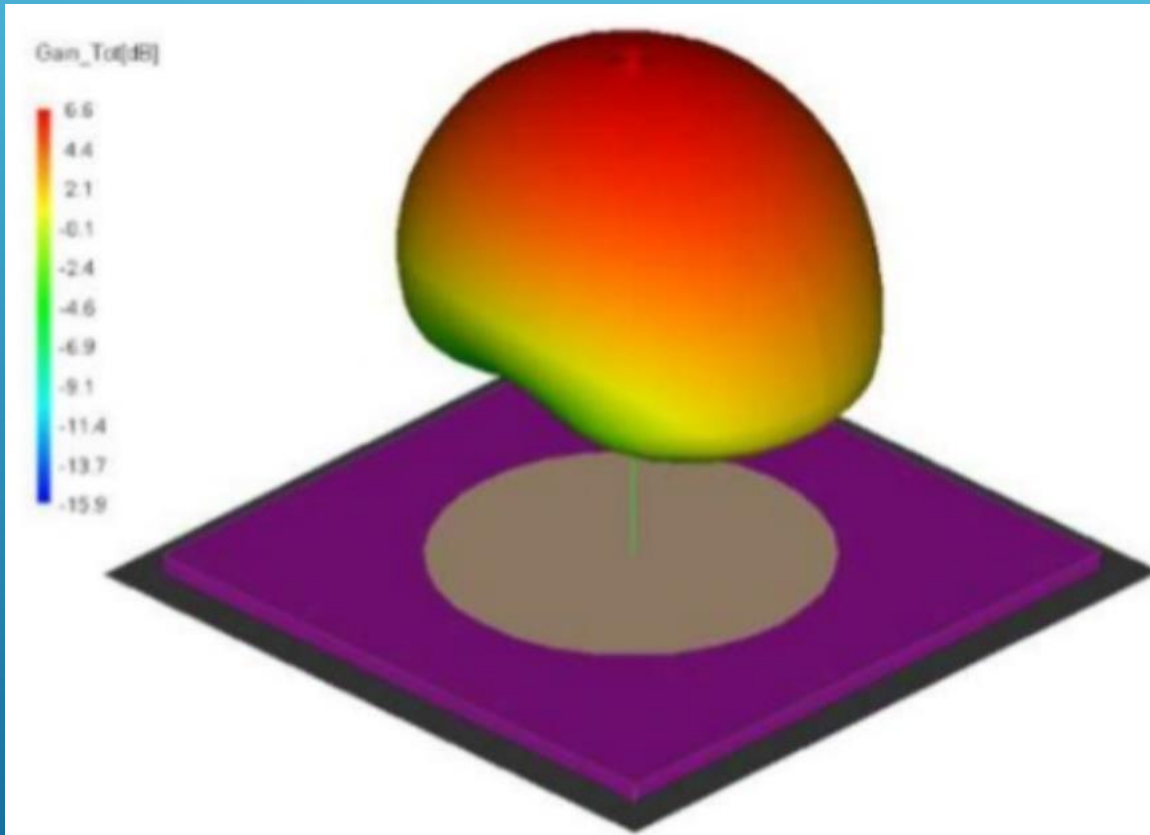


Antena microstrip conformada



La antena en el satélite

# PATRÓN DE RADIACIÓN

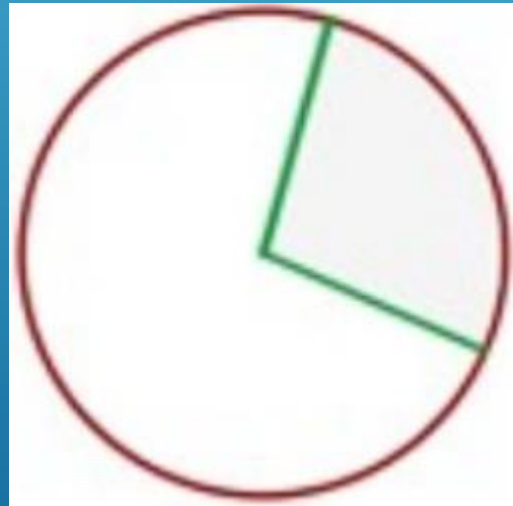
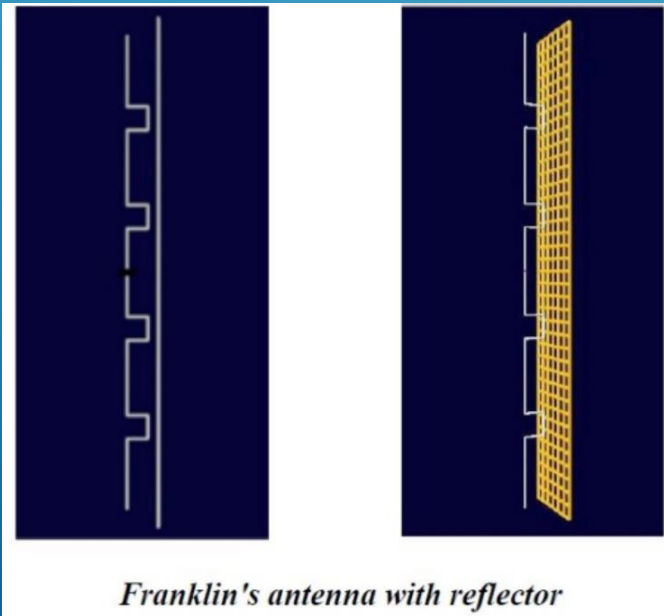


# ANTENAS SECTORIALES

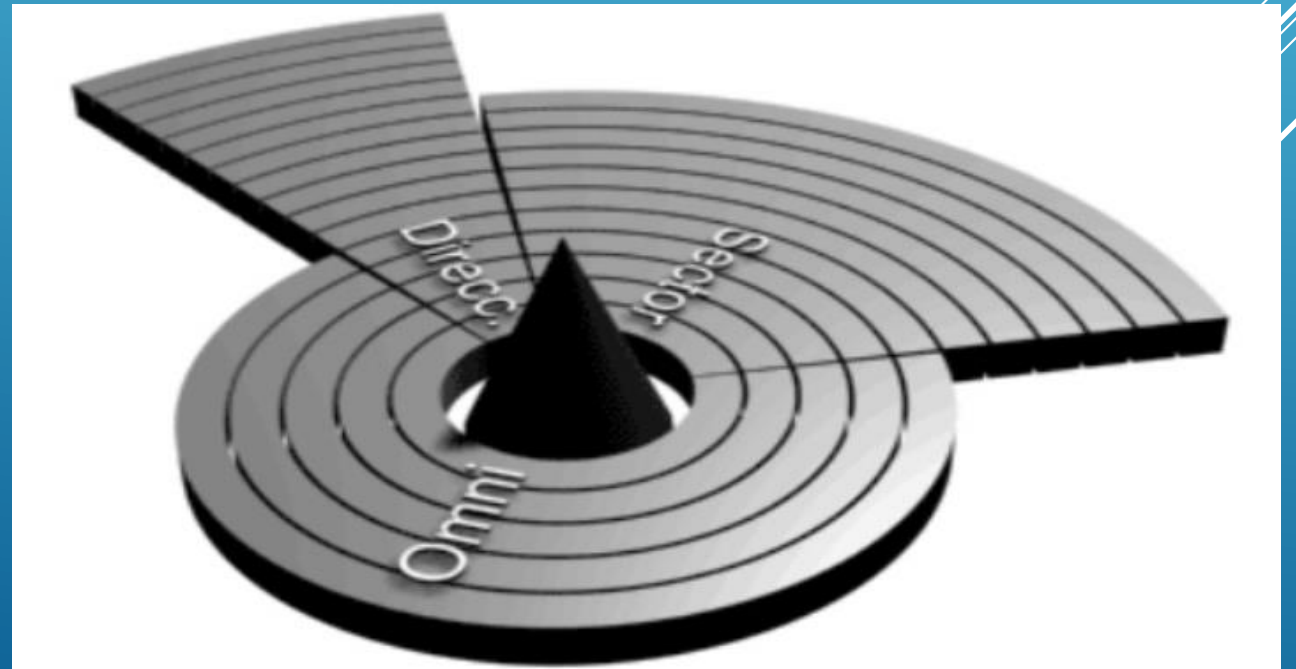
Definamos Sector

Un sector circular es la porción de un círculo limitada por dos radios

Diseñada por Dragoslav Dobričić, Basada en la antena tipo Franklin



- ▶ Es un tipo de antena de microondas con un patrón de radiación en forma de sector generalmente de  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $120^\circ$
- ▶ Pueden verse como la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales.
- ▶ Emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. El alcance de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional pero algo menor que la direccional



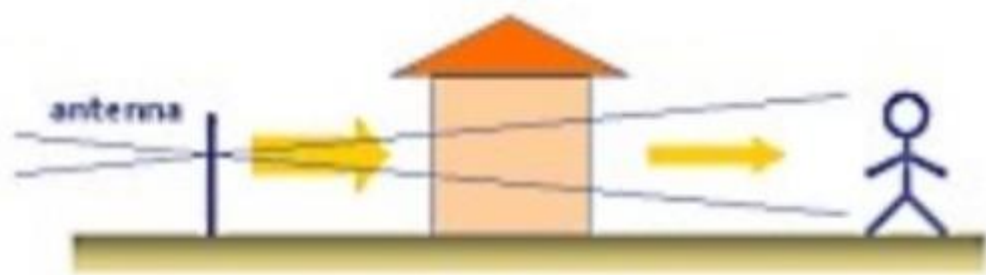


- Para tener una cobertura de  $360^\circ$  (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional) deberemos instalar o tres antenas sectoriales de  $120^\circ$ .

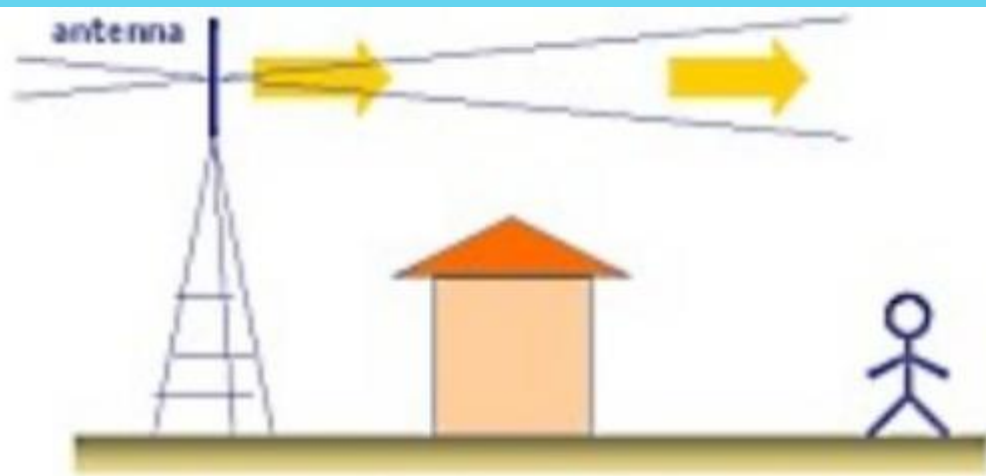




## ❖ Omni-directional limitations

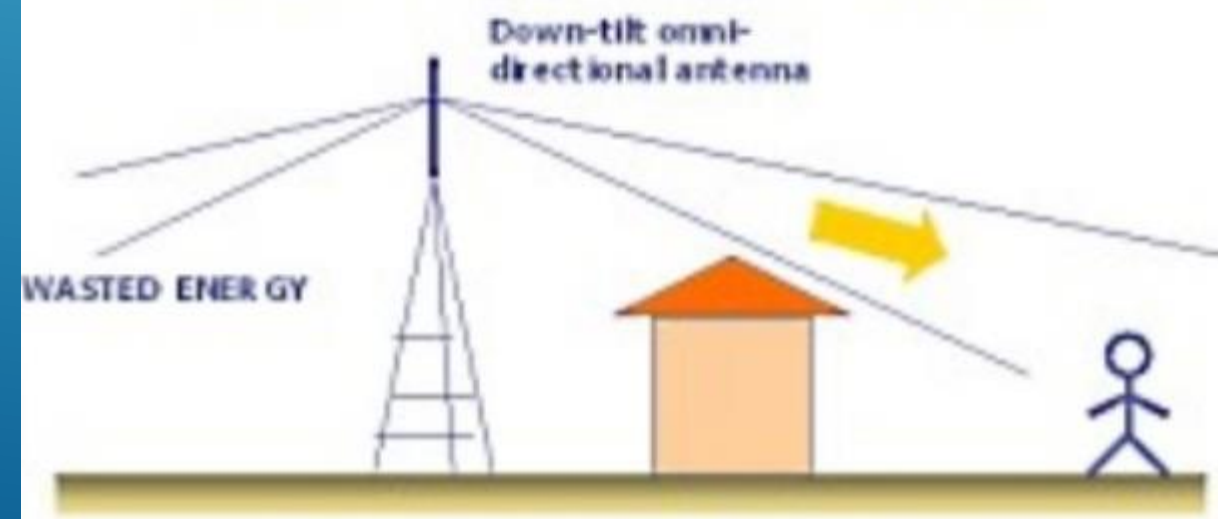


At ground height obstacles attenuate the signal



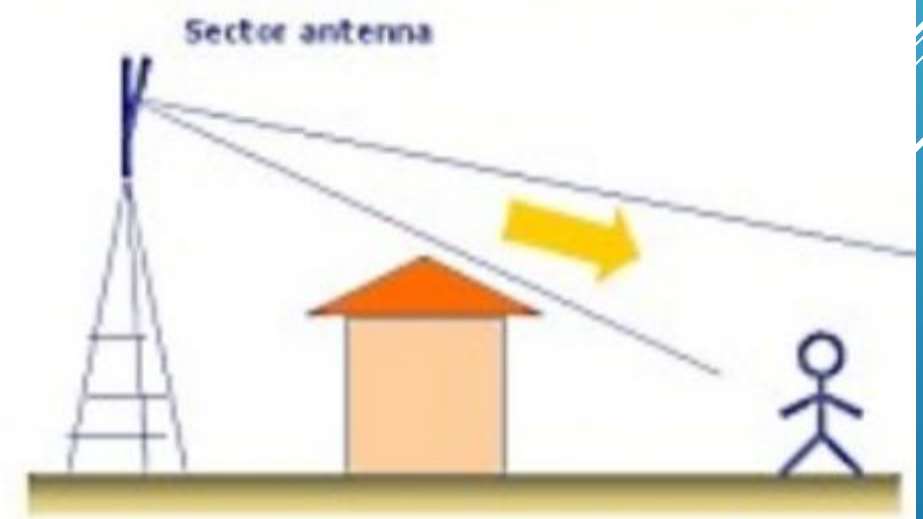
On a mast signal strength is weak at ground level

## ❖ Down-tilt Omni-directional



Signal is strong for customer

## • Sector antenna efficiency



Signal is stronger for customer

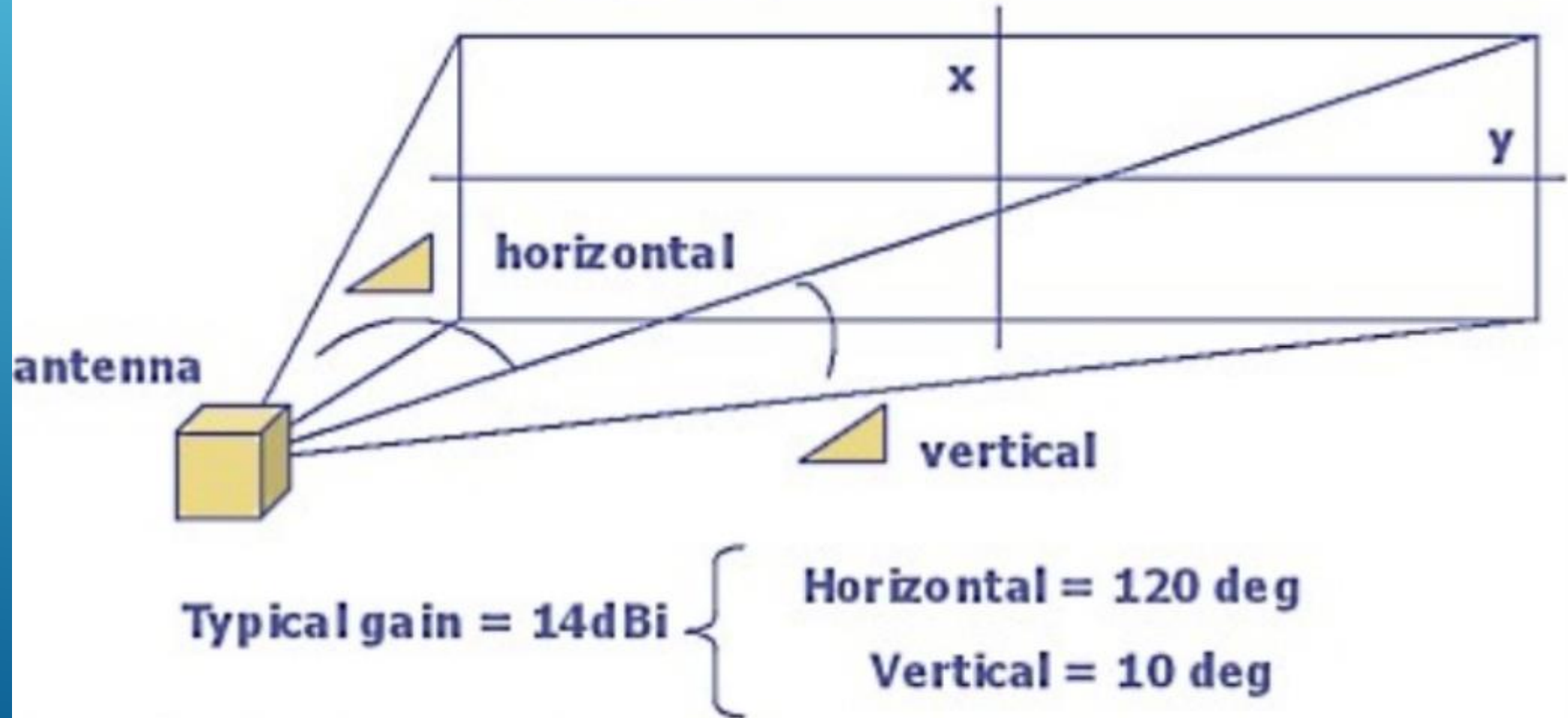


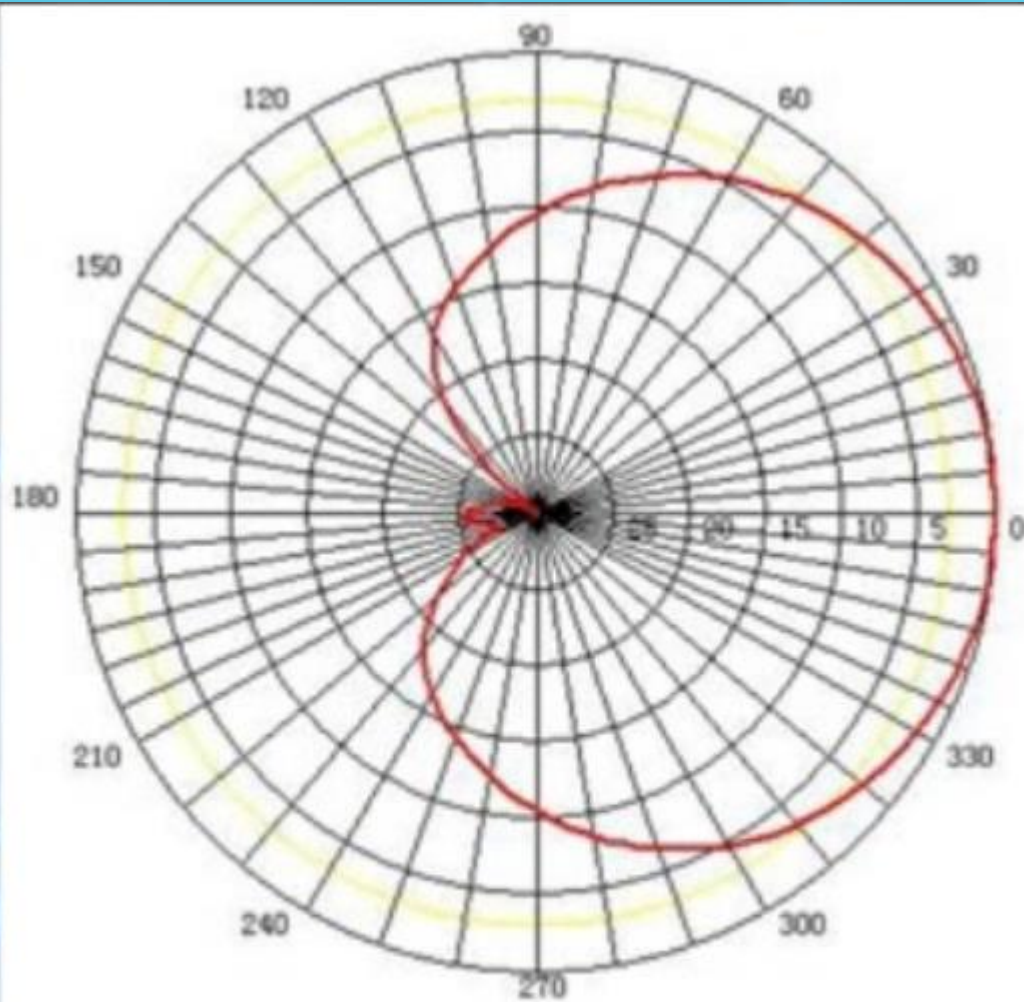
# PATRÓN DE RADIACIÓN



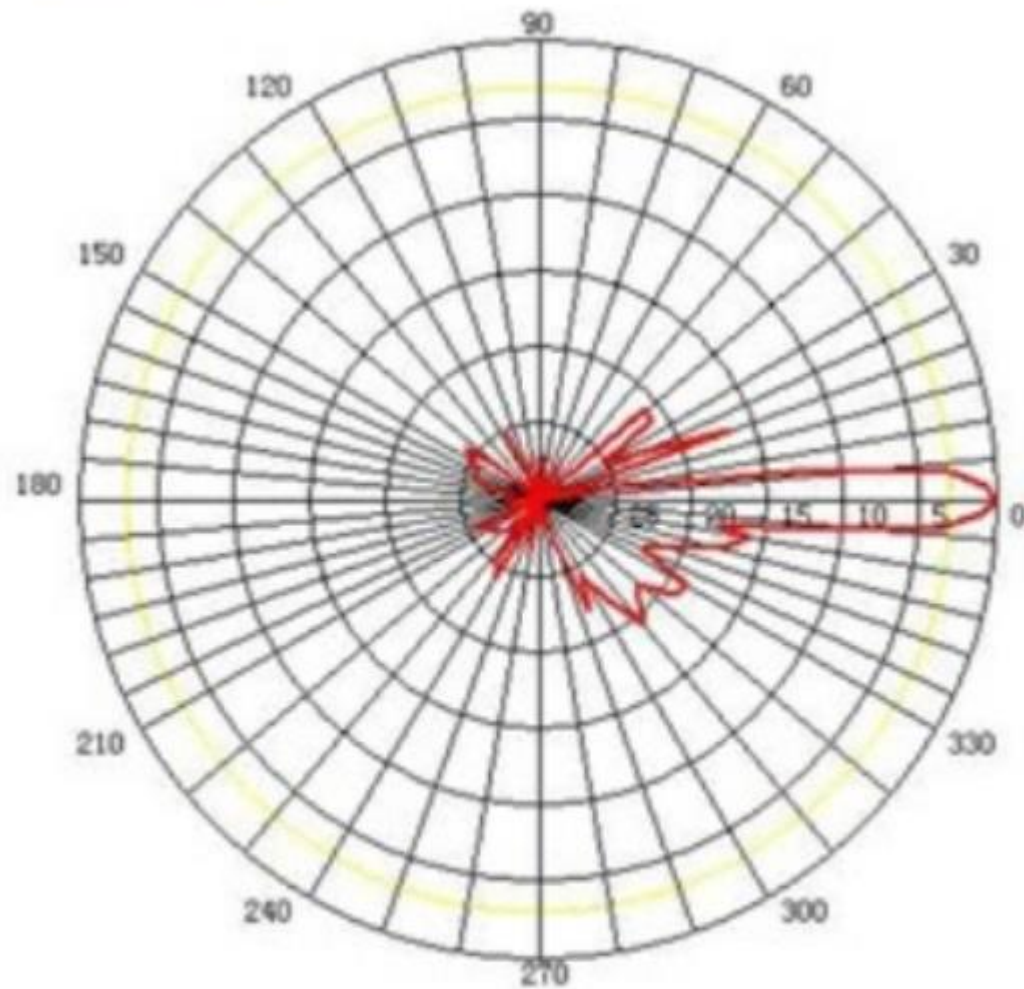
- ▶ El patrón de radiación horizontal está determinada por el diseño de la **antena**. Antenas sectoriales están construidas de 90 grados, 120 grados y 180 grados, las antenas por lo tanto, 4, 3 y 2, respectivamente, son necesarios para proporcionar un patrón de radiación de grado 360.
- ▶ El patrón de radiación vertical está determinada por la ganancia de la **antena**: una antena de 14dBi tendrá aproximadamente 10 grados de ángulo vertical entre los puntos de -3 dB, y una antena de 20dBi tendrá aproximadamente 7 grados de ángulo vertical.

**SECTOR antenna**  
Angle of coverage  
at the  $-3\text{dB}$  points  
( $1/2$  power)

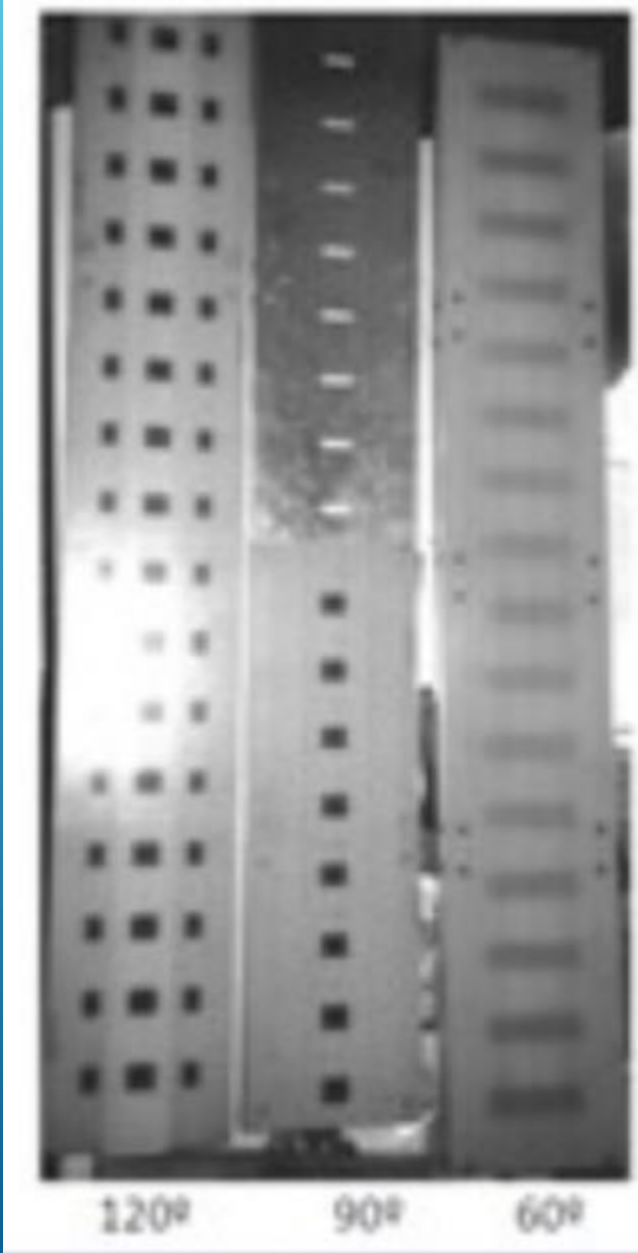




**Horizontal**



**Vertical**

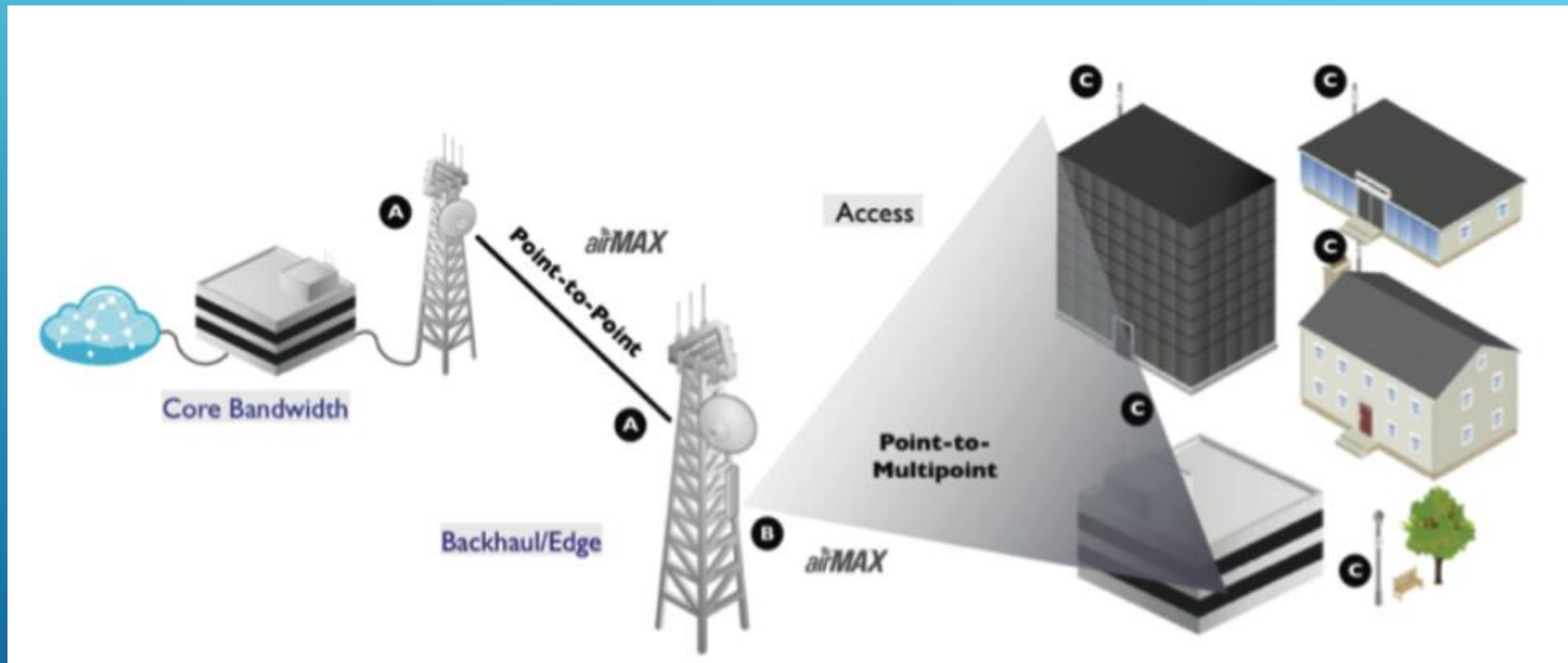




# RADIO ENLACES: QUE ES PTP – PTMP

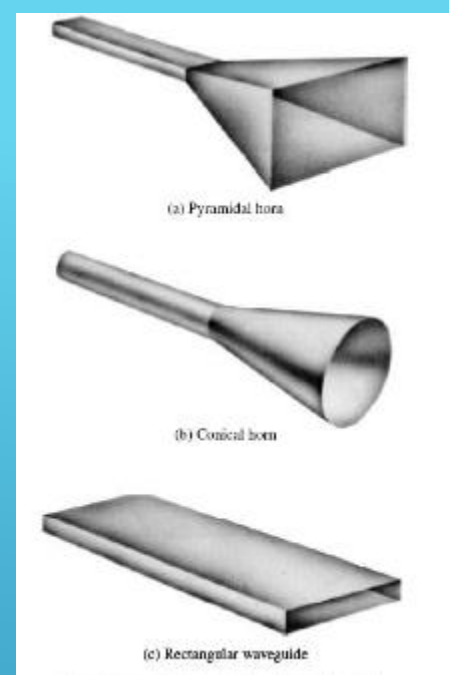
- ▶ En las comunicaciones inalámbricas fijas al aire libre, existen dos métodos principales de implementación utilizados para la distribución inalámbrica: Punto a punto (PtP) y Punto a multipunto (PtMP).
- ▶ **Enlaces Punto a punto (PtP):** conecta dos ubicaciones, generalmente a una distancia de varios km, esencialmente formando un puente Ethernet.
- ▶ **Enlaces punto a multipunto (PtMP):** conecta tres o más ubicaciones, utilizando una estación base (o punto de acceso) y múltiples dispositivos CPE (estaciones) conectados al punto de acceso.





# ANTENAS DE APERTURA

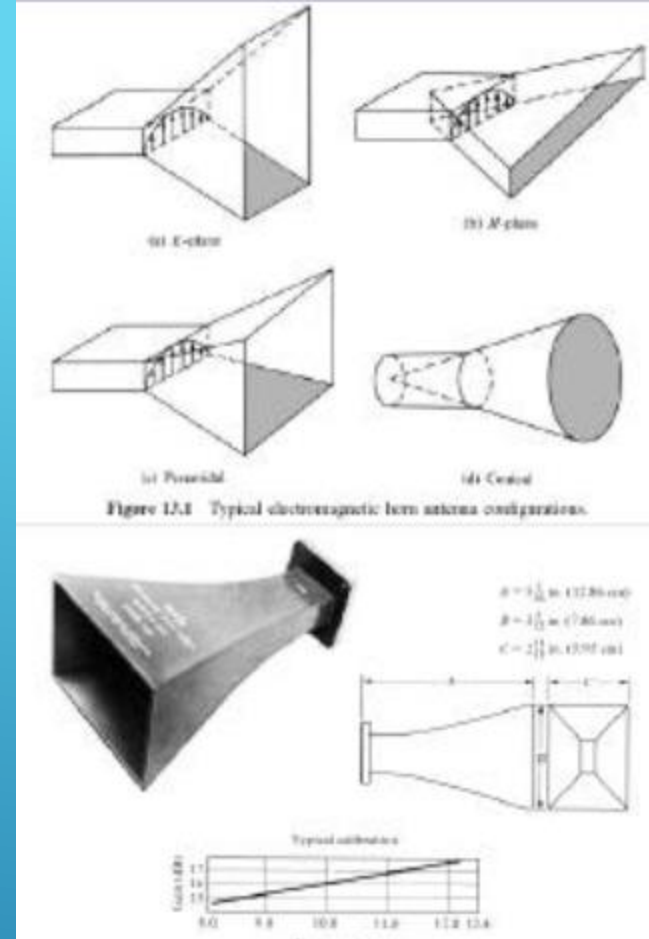
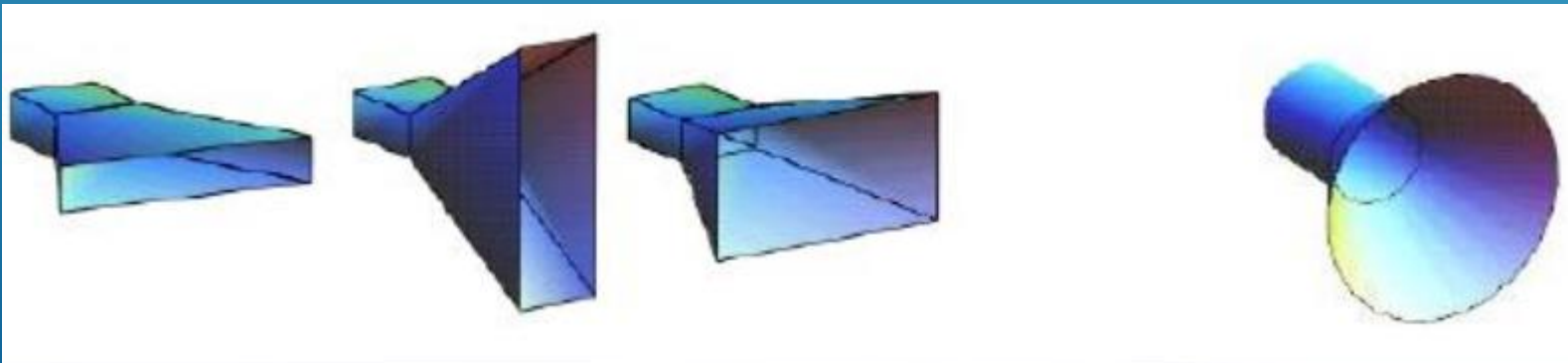
- ▶ Las antenas de apertura se utilizaron de una manera amplia a partir de la segunda guerra mundial, con el desarrollo de los sistemas de radar y los sistemas de comunicaciones de microondas
- ▶ Consideraremos como “Apertura” una región plana de superficie  $S$  sobre la que suponemos que existen unos campos iluminantes conocidos,  $E$  y  $H$ .



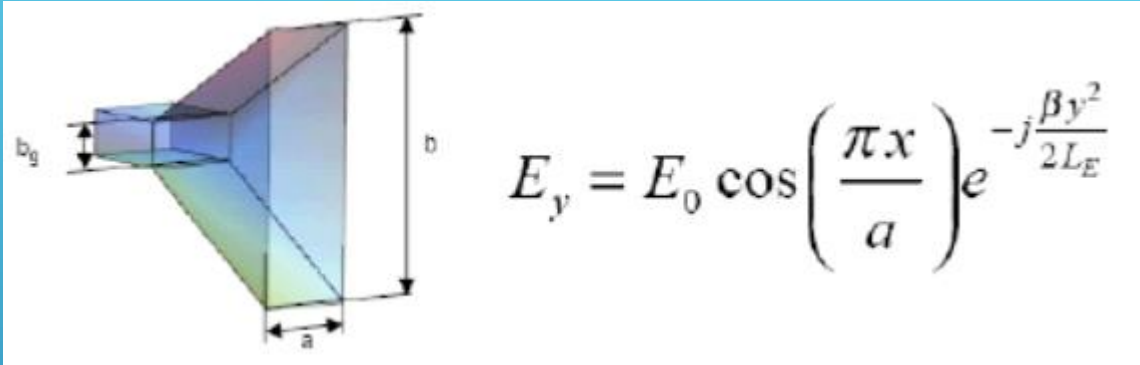
# ANTENA DE BOCINA

- ▶ Una bocina EM es una antena que se utiliza de forma generalizada a frecuencias de microondas, por sus características de gran ancho de banda y por su facilidad de construcción y diseño.
- ▶ Se utiliza como antena individual, en forma de agrupaciones, o como alimentador primario de reflectores y lentes.
- ▶ Son estructuras muy bien adaptadas en banda ancha a la guía de entrada, que consiguen haces directivos según el eje con ganancias medias (10-25 dBi).
- ▶ Una bocina se alimenta a partir de una guía de ondas que propaga uno o varios modos. Las dimensiones van aumentando progresivamente hasta que la apertura equivalente tenga unas dimensiones suficientes para conseguir la directividad deseada.

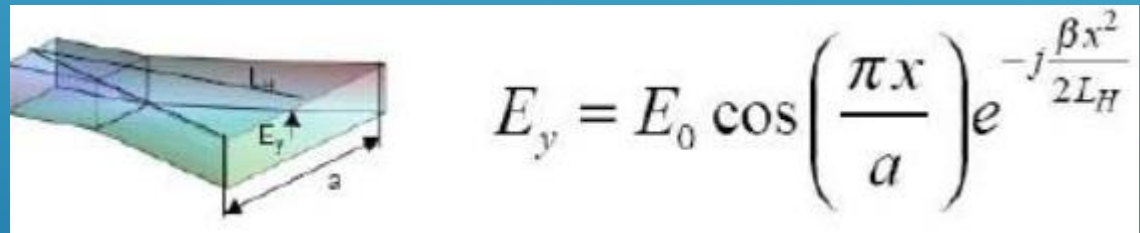
- ▶ Las guías de onda rectangulares que propagan el modo fundamental TE<sub>10</sub>, se pueden abrir en el plano horizontal, dando lugar a las denominadas bocinas de plano H; en el vertical, bocinas de plano E o bien en ambos planos, bocinas piramidales.
- ▶ Las guías de onda circulares que propagan el modo fundamental TE<sub>11</sub> alimentan a las bocinas circulares



# PLANO E



# PLANO H



Radiation Pattern	Characteristics
<p>Elevation:</p> <p>3 dB beamwidth = <math>56 \lambda / dz</math></p> <p>Azimuth:</p> <p>3 dB beamwidth = <math>70 \lambda / dx</math></p>	<p><b>Polarization:</b> Linear</p> <p><b>Typical Half-Power Beamwidth:</b> 40 deg x 40 deg</p> <p><b>Typical Gain:</b> 5 to 20 dB</p> <p><b>Bandwidth:</b> If ridged: 120% or 4:1 If not ridged: 67% or 2:1</p> <p><b>Frequency Limit:</b> <b>Lower:</b> 50 MHz <b>Upper:</b> 40 GHz</p>

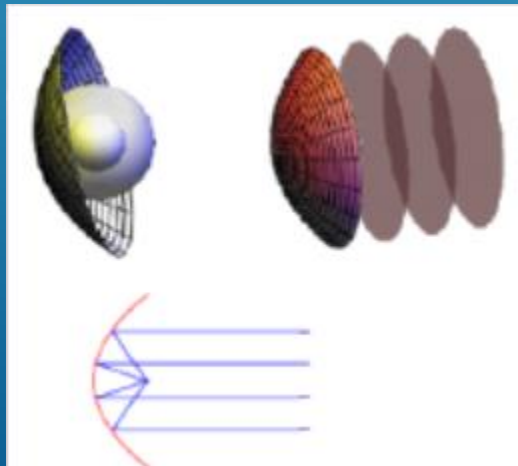
<p>Elevation:</p> <p>Azimuth:</p>	<p><b>Polarization:</b> Circular, Depends on polarizer</p> <p><b>Typical Half-Power Beamwidth:</b> 40 deg x 40 deg</p> <p><b>Typical Gain:</b> 5 to 10 dB</p> <p><b>Bandwidth:</b> 60% or 2:1</p> <p><b>Frequency Limit:</b> <b>Lower:</b> 2 GHz <b>Upper:</b> 18 GHz</p>
-----------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	Diferencia caminos	Diferencia fase	Dimensiones
Bocina plano E	$\frac{b_1^2}{8 \cdot l_E} = \frac{\lambda}{4}$	$\beta \frac{b_1^2}{8 \cdot l_E} = \frac{\pi}{2}$	$b_1 = \sqrt{2 \cdot \lambda \cdot l_E}$
Bocina plano H	$\frac{a_1^2}{8 \cdot l_H} = \frac{3\lambda}{8}$	$\beta \frac{a_1^2}{8 \cdot l_H} = \frac{3\pi}{4}$	$a_1 = \sqrt{3 \cdot \lambda \cdot l_H}$

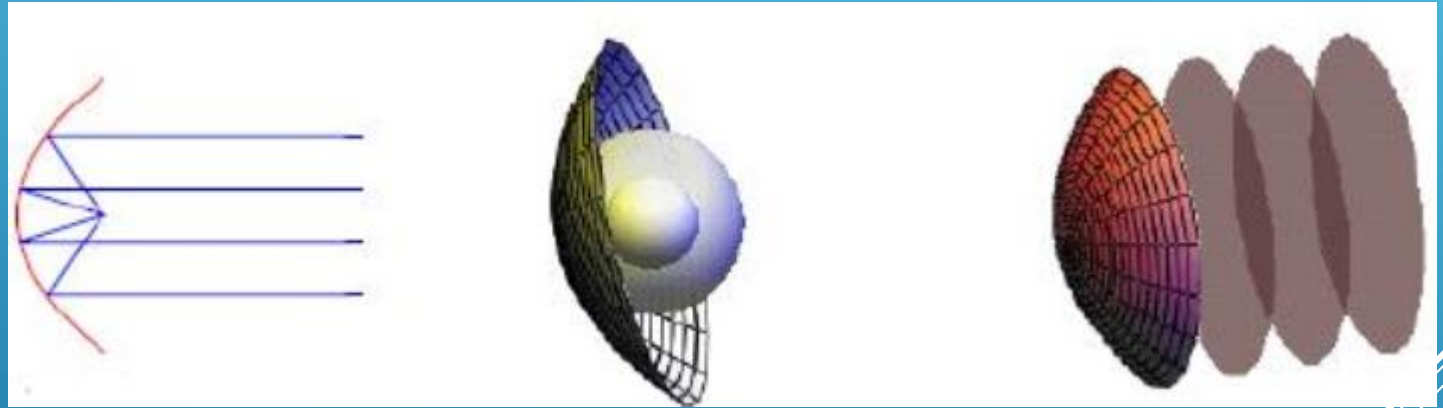


# REFLECTORES

- ▶ Son antenas formadas por una superficie metálica y una bocina alimentadora.
- ▶ Tienen una directividad muy elevada (las bocinas no tienen porqué entregar mucha potencia).
- ▶ La teoría de reflectors se desarrolló en la II Guerra Mundial, se usan mucho en enlaces vía satélite (no para difusión). La bocina de alimentación radia ondas esféricas, y el reflector metálico las refleja transformándolas en ondas planas



**Las ondas que se propagan entre el foco y el reflector son ondas esféricas y varían su amplitud y fase**

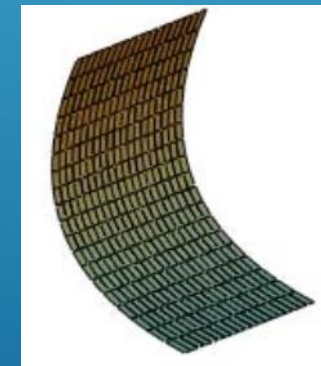
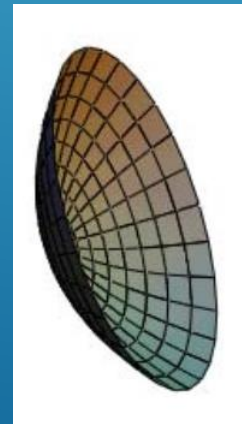
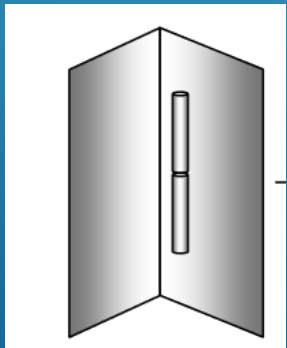
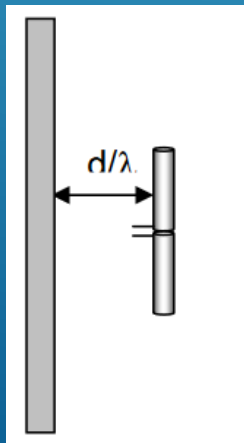


**Las ondas que se propagan desde el reflector hasta la apertura son ondas planas y tan solo se modifica la fase**

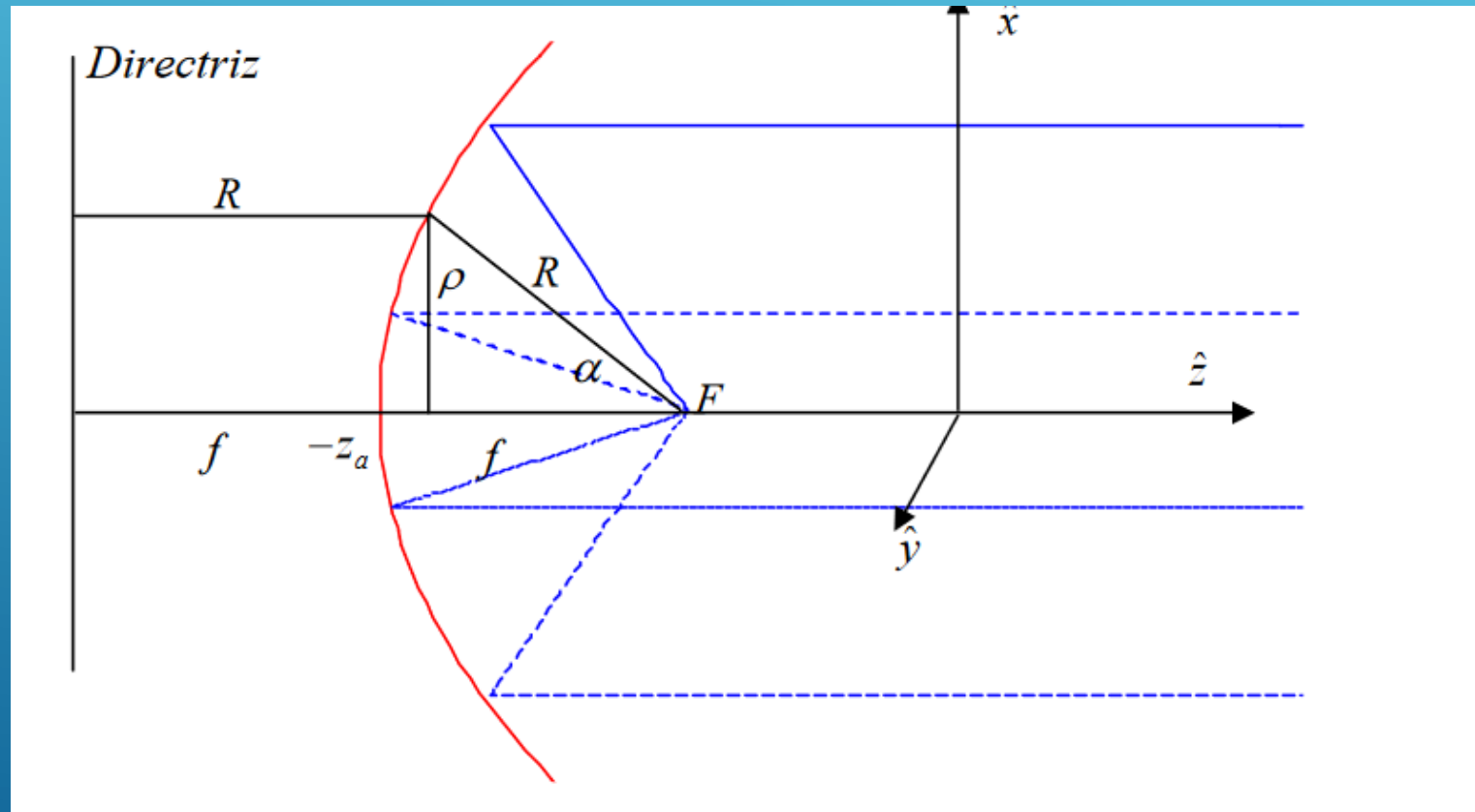
# ANALISIS DE ANTENA

- ▶ El análisis de los reflectores se puede realizar mediante técnicas de trazado de rayos o óptica geométrica (GO), seguida del análisis de los campos en la apertura y el cálculo de los campos radiados.
- ▶ Un análisis más detallado de la radiación requiere el estudio de la difracción en los bordes, para ello se desarrolló la teoría geométrica de la difracción (GTD).

## Superficies reflectoras

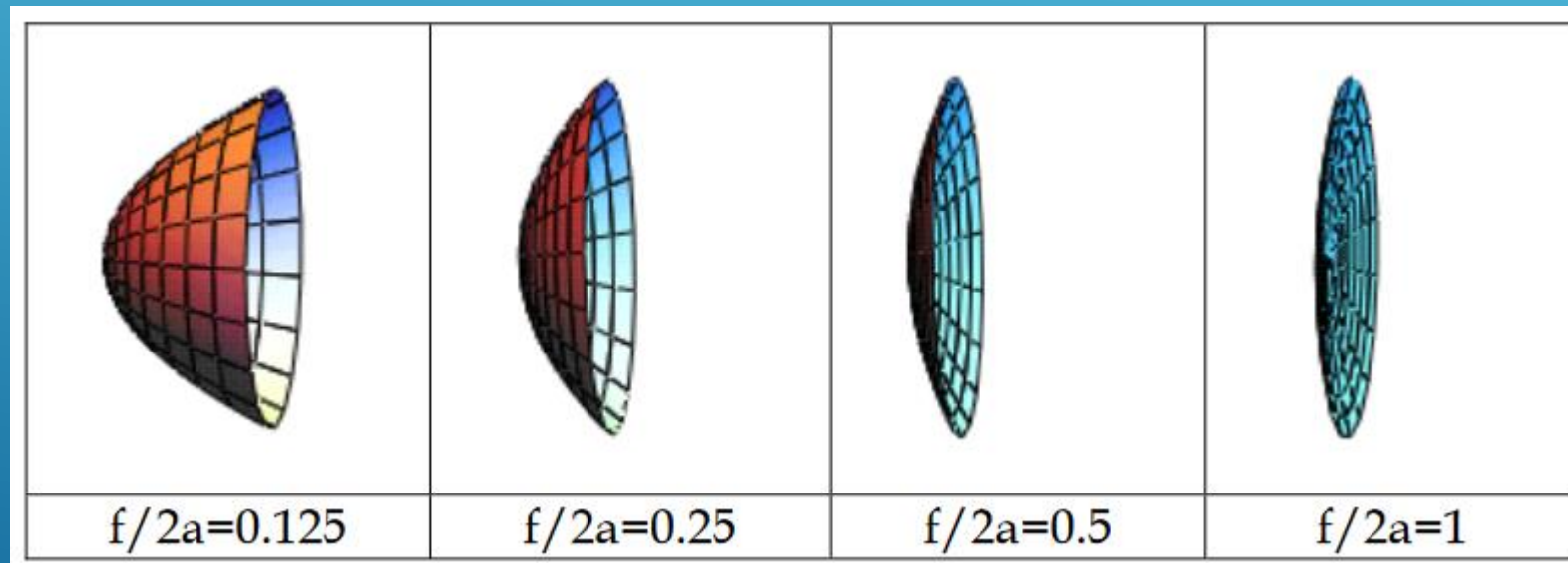


# ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE LA PARÁBOLA





- Las propiedades del reflector parabólico dependen del parámetro distancia focal a diámetro de la apertura ( $f/2a$ ). Un valor reducido equivale a un reflector con gran curvatura, mientras que valores superiores a 1 suponen que el reflector está más cerca de un plano.



$$D = 0,5 \frac{(\pi d)^2}{\lambda^2}$$

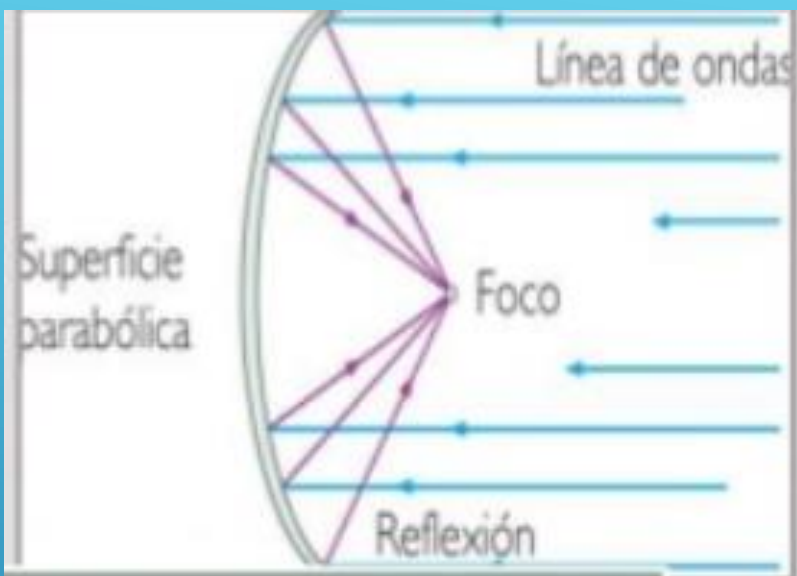
$\left\{ \begin{array}{l} D = \text{Directividad de la antena.} \\ d = \text{diámetro del plato, en m.} \\ \lambda = \text{longitud de onda, en m.} \end{array} \right.$



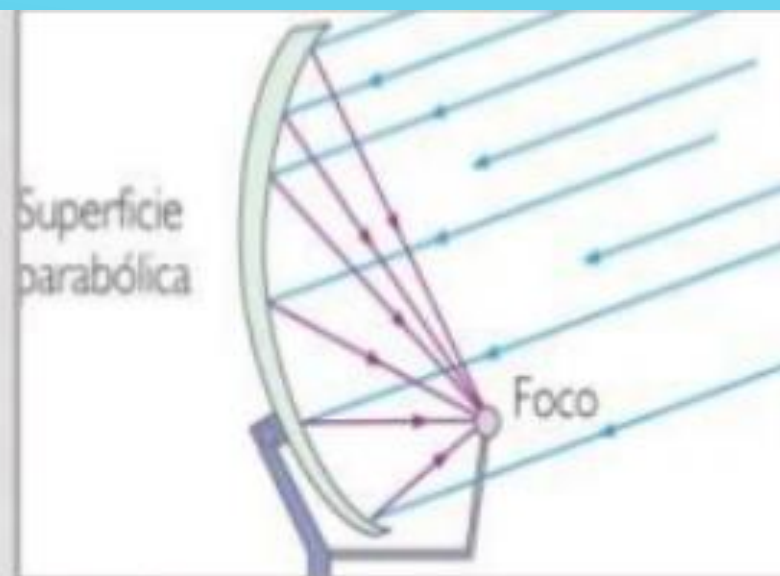
# TIPOS DE ANTENAS PARABOLICAS

- ▶ Reflector parabólico simple
- ▶ ( Gregoriano) o hiperbólico (Cassegrain). Aumentamos la distancia virtual de alimentación (campo más lejano).
- ▶ Reflector offset o descentrado. Utilizamos solo un tramo de parabólica, así conseguimos que la bocina no interfiera. Son más difíciles de fabricar, por ser asimétricos.

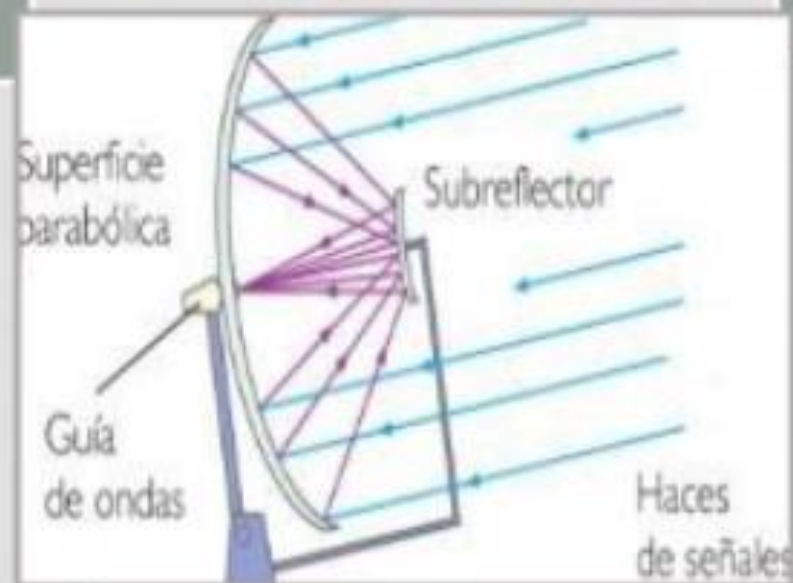




Antena parabólica de foco primario



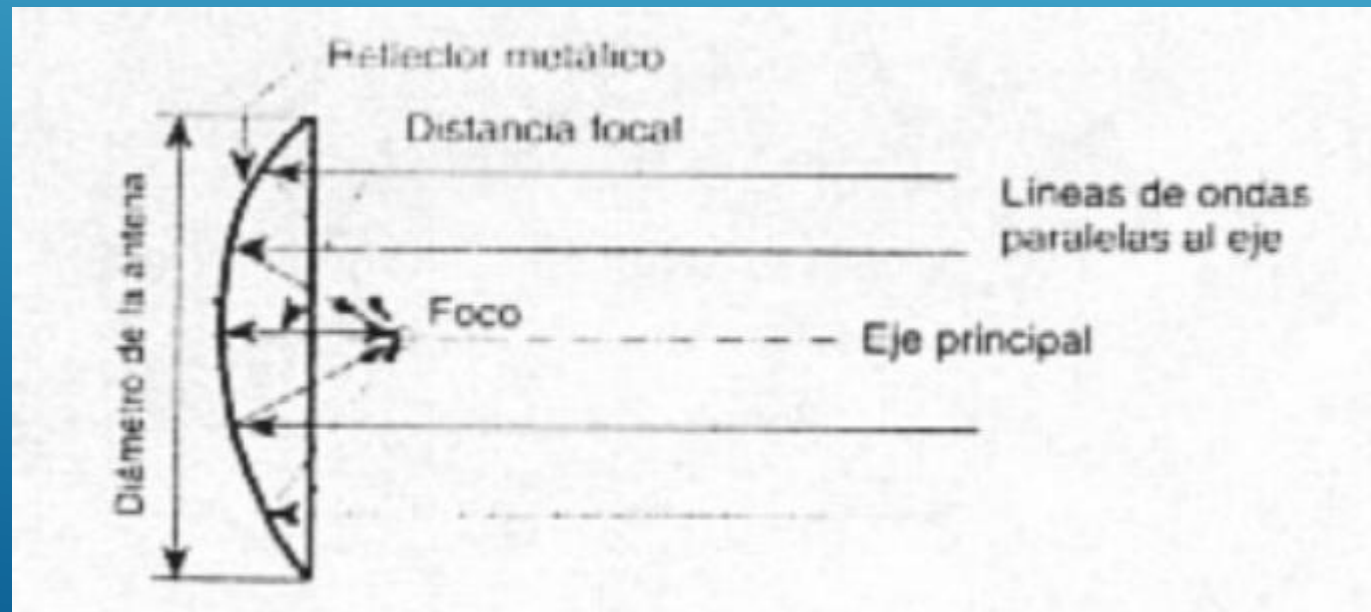
Antena parabólica Offset

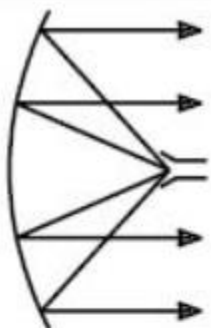


Antena parabólica Cassegrain

# ANTENA PARABÓLICA DE FOCO PRIMARIO

- ▶ La superficie de la antena es un paraboloide de revolución, y el fabricante la calcula y fabrica para tener un rendimiento alto, el mayor posible. Todas las ondas que inciden paralelamente al eje principal se reflejan y van a parar al foco. El foco está centrado en el paraboloide

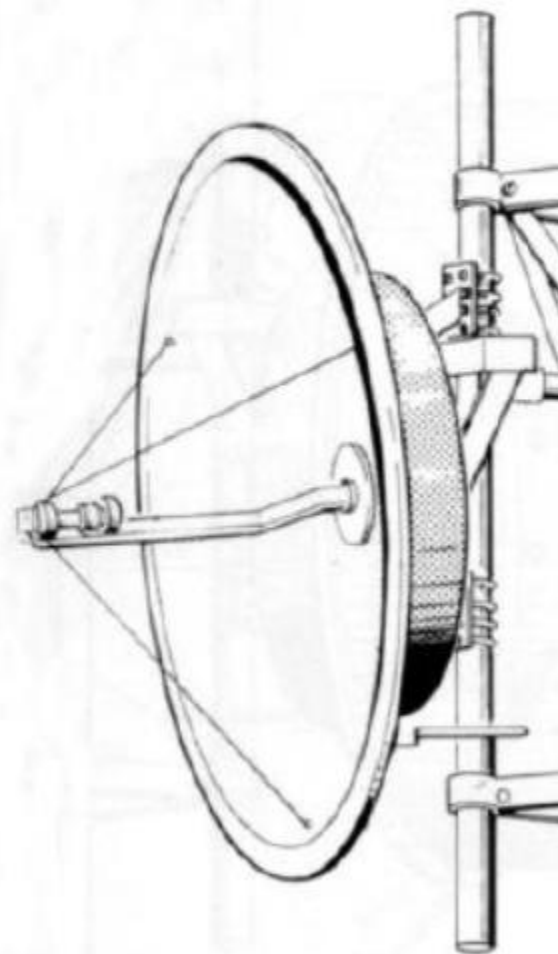




**Configuración de  
reflector simétrico**

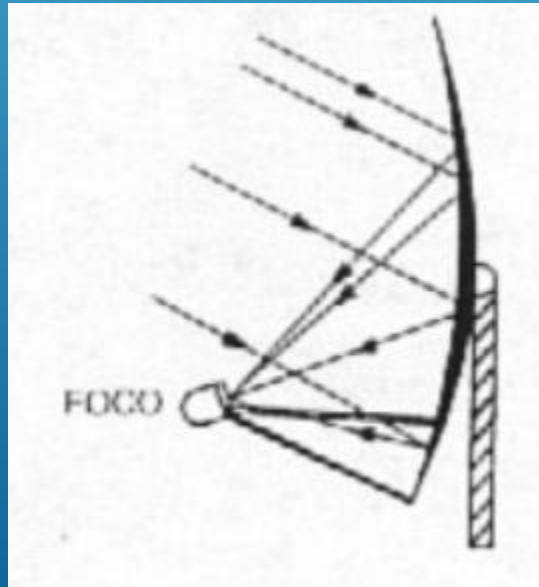


**Reflector simétrico  
convencional**



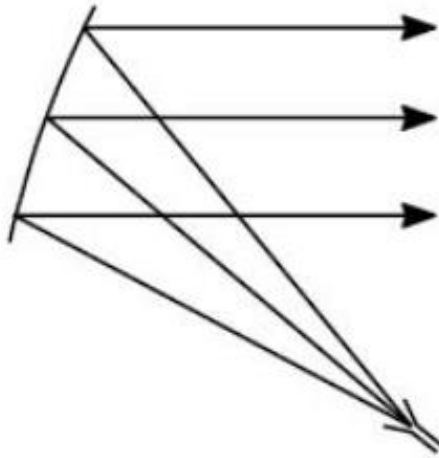
# ANTENA PARABÓLICA OFFSET

- Se obtiene recortando de grandes antenas parabólicas de forma esférica, Estas antenas tienen el foco desplazado hacia abajo, de tal forma que queda fuera de la superficie de la antena. Las ondas que llegan a la antena, se reflejan, algunas se dirigen al foco, y el resto se pierde.





## Reflector asimétrico (offset)



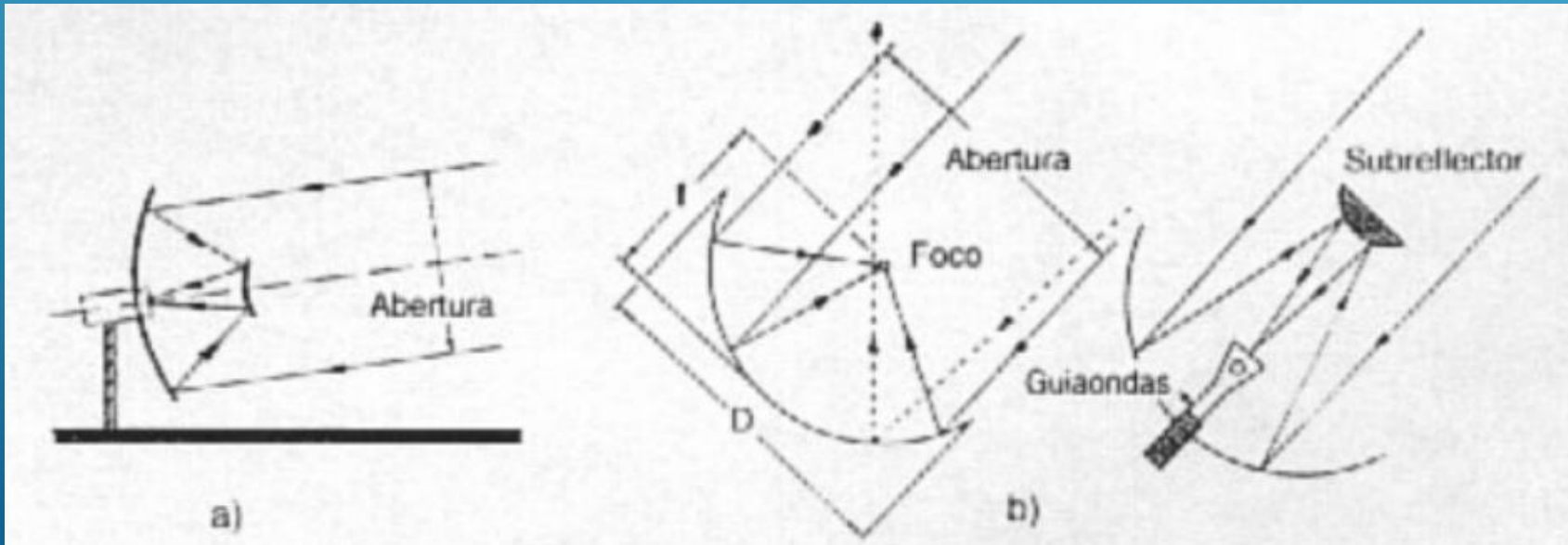
Se utiliza sólo una sección del reflector para evitar el bloqueo del alimentador

- Mejor NLPS (hasta 40 dB)
- Mejor directividad en reflectores pequeños
- Peor discriminación de polarización cruzada

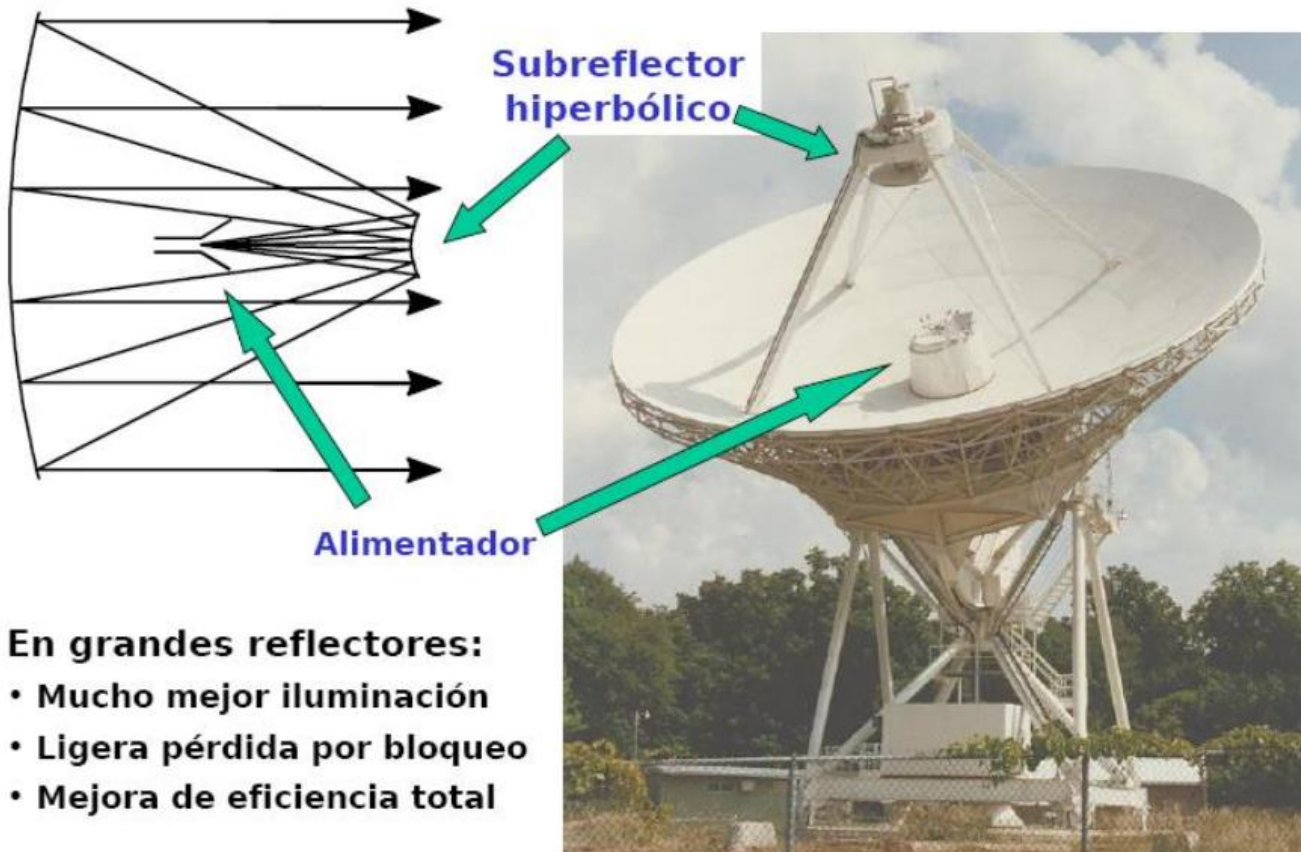


# ANTENA PARABÓLICA CASSEGRAIN

Es similar a la de foco primario, tiene dos reflectores; el mayor apunta al lugar de recepción, y las ondas al chocar, se reflejan y van al foco donde esta el reflector menor; al chocar las ondas van al foco ultimo, donde estará colocado el detector.

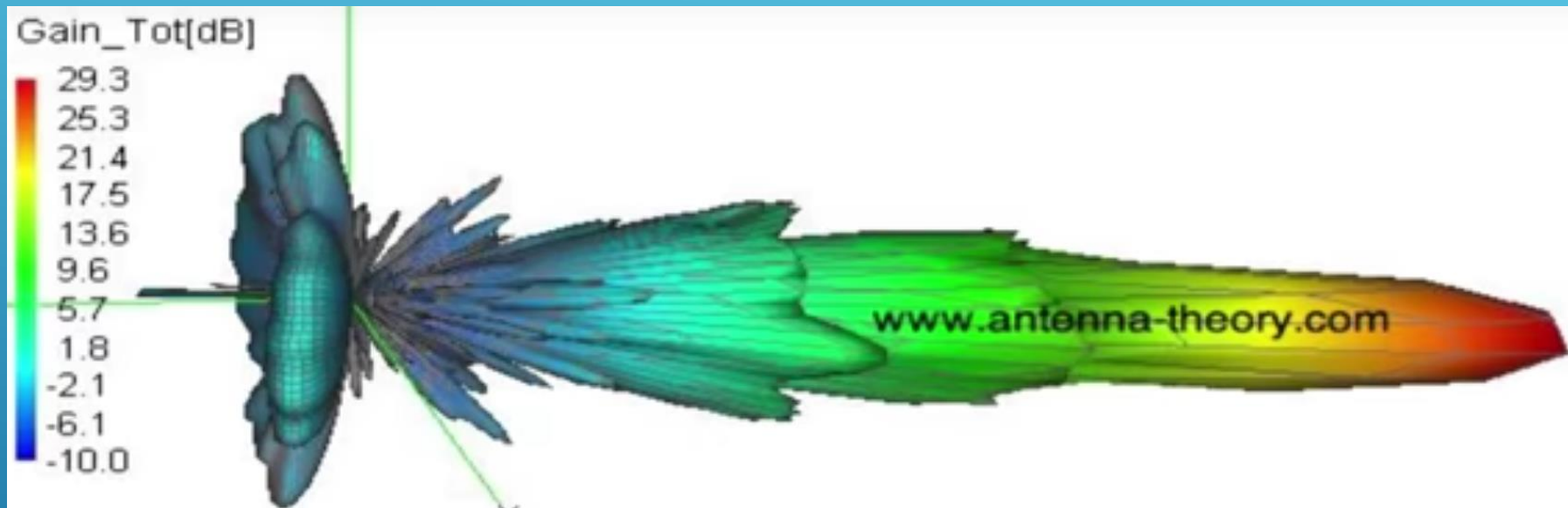


## Doble reflector (Cassegrain)





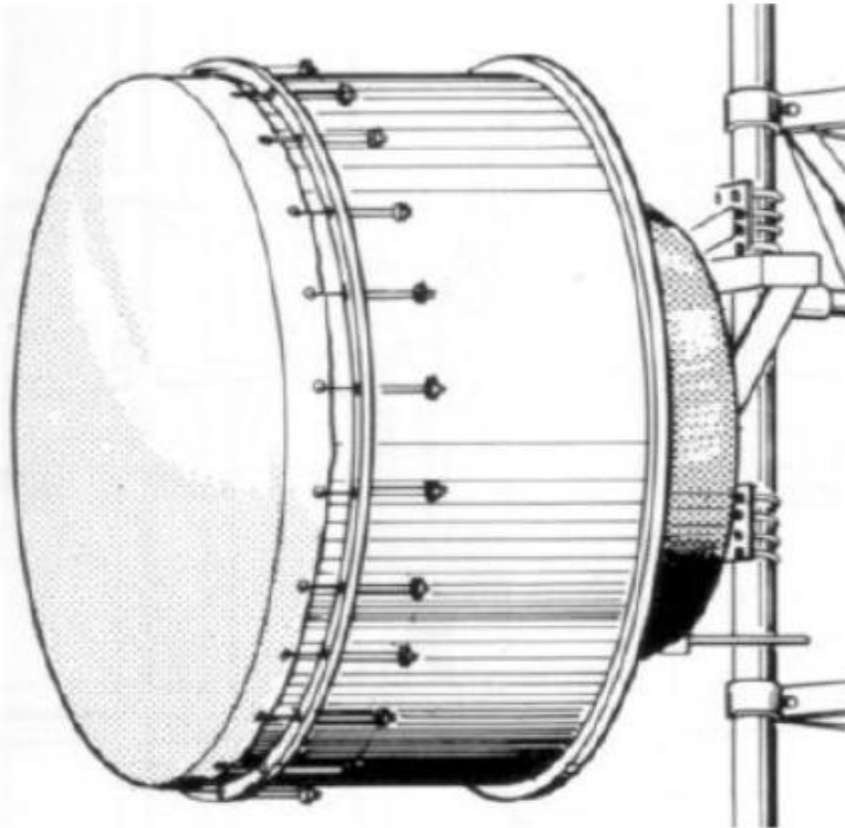
# PATRON DE RADIACION



# OTROS TIPOS DE REFLECTIVAS

## Reflector con radomo y escudo lateral

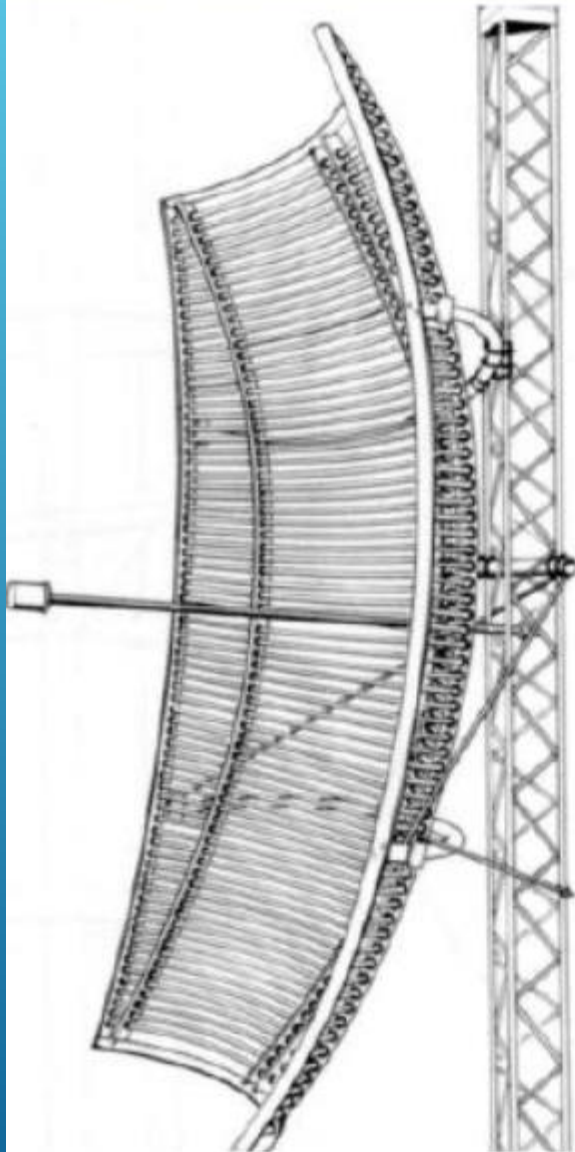
- Evita radiación lateral del alimentador





## Reflector de varillas

- Menor peso
- Menor resistencia al viento



**Polarización Vertical**



**Polarización Horizontal**

## Reflector con bordes aserrados

- Otro ejemplo: Tibidabo



Alimentación con  
guía de onda



