

# MEDICIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UNA ANTENA

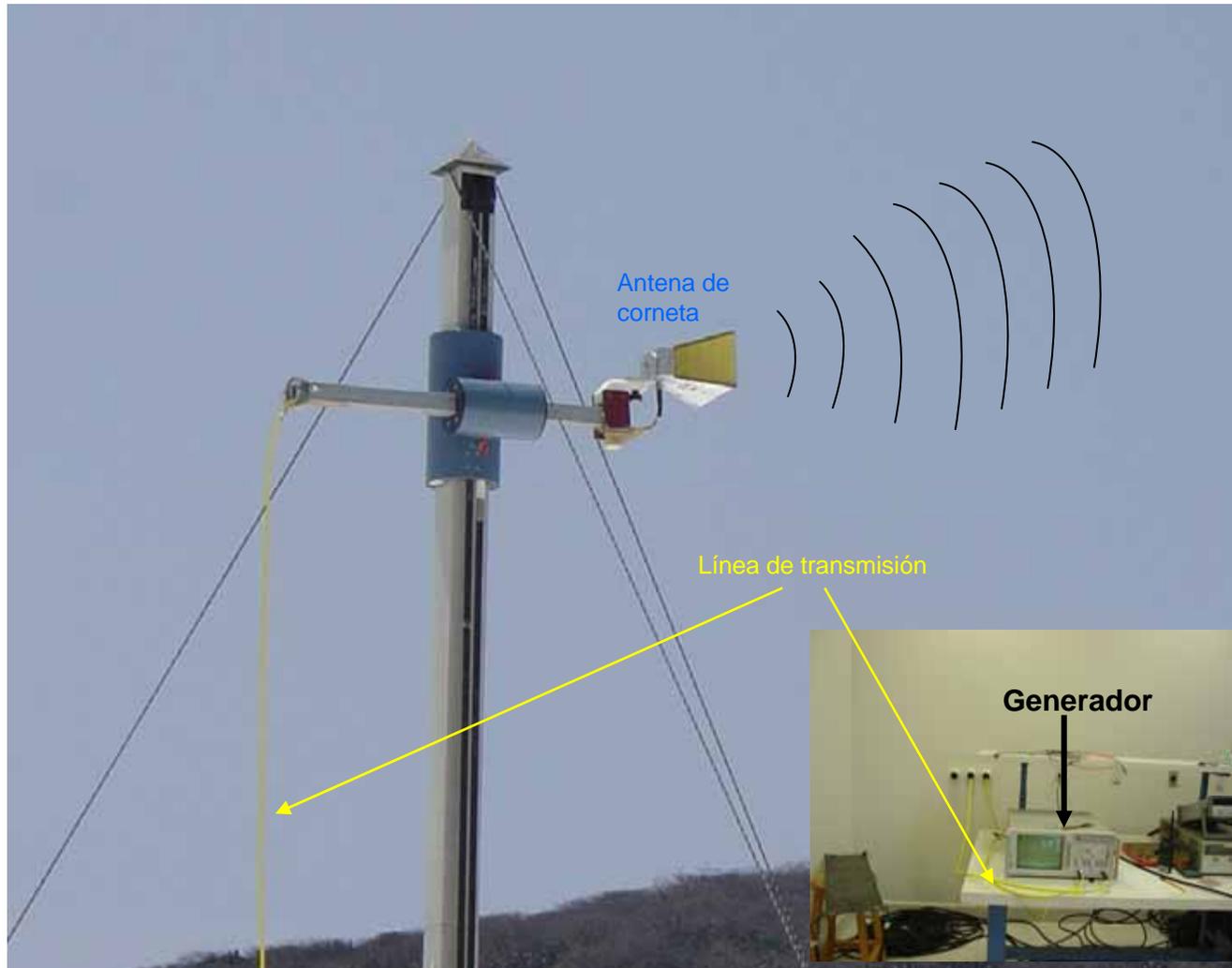


**Victoria Molina L., Israel García R., Mariano Botello P.\***

Laboratorios de Campos Electromagnéticos y Antenas, Centro Nacional de Metrología,  
km 4.5 carr.a los Cués, El Marqués, Qro.

\*Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN)  
Av. Ticomán No. 2508, Del. G. A. Madero, México D. F.

E-mail: [vmolina@cenam.mx](mailto:vmolina@cenam.mx); [igarcia@cenam.mx](mailto:igarcia@cenam.mx); [marianobotello@gmail.com](mailto:marianobotello@gmail.com)



Una antena es un dispositivo que constituye la interfaz entre campos electromagnéticos guiados en una línea de transmisión y campos electromagnéticos radiados en el espacio.

El diseño de una antena en particular depende del campo de aplicación.

Criterios de diseño:

## Ancho de banda

Es el intervalo de frecuencias en el que la antena funciona de acuerdo a una serie de características preestablecidas.

## Coefficiente de reflexión

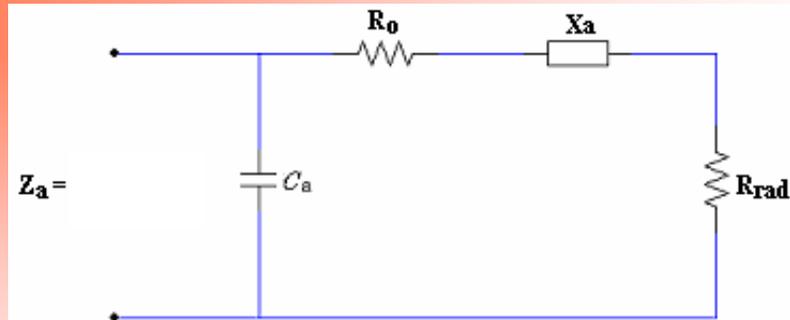
Medida del acoplamiento de la impedancia de la antena y la impedancia característica de la línea de transmisión

Cuando es cero: toda la energía entregada a la antena se transfiere al espacio

El diseño de una antena en particular depende del campo de aplicación.

Criterios de diseño:

## Resistencia de radiación



$R_0$ - pérdidas por calentamiento

$X_a$ - inductancia del alambre y otros efectos (impedancia mutua)

$C_a$ - capacitancia parásita entre las terminales de salida de la antena

$R_{rad}$ - no es una componente física pero sirve para calcular la potencia total recibida o transmitida

$Z_a$ - impedancia total de la antena, la cual debe acoplarse a la línea de transmisión.

El diseño de una antena en particular depende del campo de aplicación.

Criterios de diseño:

## Directividad

$$= \frac{\text{Intensidad de radiación en una dirección dada}}{\text{Intensidad de radiación promediada en todas direcciones.}}$$

## Ganancia

$$G = (\text{Directividad})(\text{Eficiencia})$$

Peor caso:  $G=0$   
Caso deseable:  $G=D$

## Factor de Antena

$$FA = \frac{\text{Campo eléctrico captado por la antena}}{\text{Tensión medida en el receptor}}$$

El diseño de una antena en particular depende del campo de aplicación.

Criterios de diseño:

## Apertura

$$\text{Potencia máxima disponible en las terminales de una antena receptora} = \frac{\text{Densidad de potencia de una onda plana incidente}}$$

Puede ser mayor o menor que el área física de la antena. Cuanto mayor sea, mejor será la recepción.

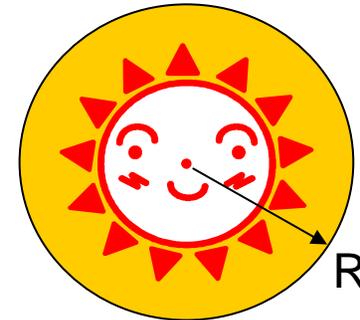
## Polarización

Se dice que una antena está polarizada verticalmente cuando las líneas de campo eléctrico de la antena están perpendiculares a la superficie de la tierra. Cuando las líneas de campo eléctrico están paralelas a la superficie de la tierra, se tiene polarización horizontal.

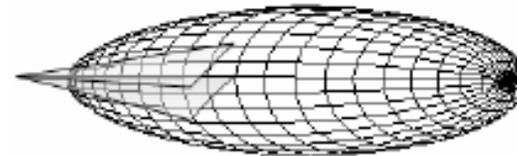
## Diagrama de radiación

¿Existe alguna fuente de radiación isotrópica?

El SOL es una fuente de radiación isotrópica

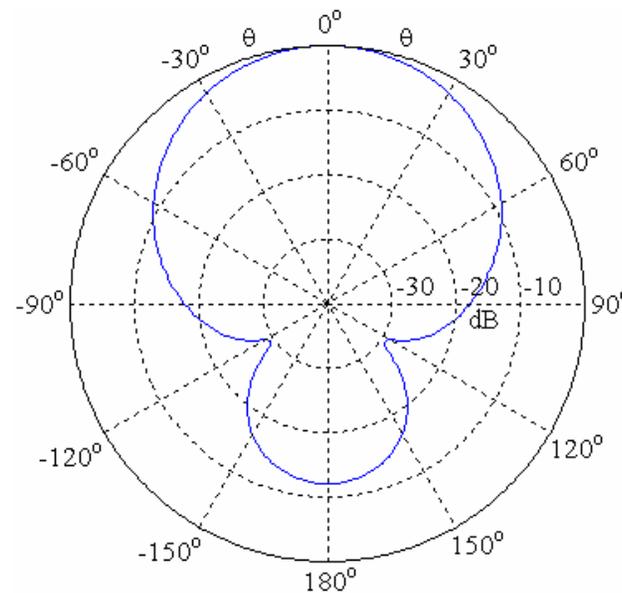


En la práctica, ninguna antena es isotrópica. Existen algunas aproximaciones. Lo más común es encontrar antenas omnidireccionales y direccionales.



## Diagrama de radiación

El diagrama de radiación es una representación grafica en tres dimensiones de la distribución de energía de un radiador en función de la dirección.

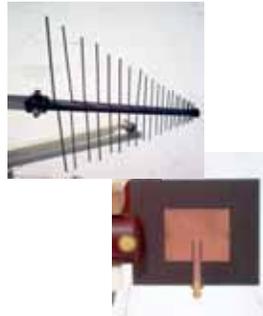


Se mide a una distancia constante en la región de campo lejano de la antena y comúnmente se gráfica en términos de una potencia relativa, es decir la potencia radiada se gráfica como un valor normalizado con respecto a la potencia en la dirección de radiación máxima. La potencia en la posición de radiación máxima se refiere como  $0$  dB, entonces la potencia en todas las demás direcciones resulta un valor negativo.

Existen varias técnicas de calibración de antenas.



100 kHz a 1,3 GHz



- i. Calibración de antenas de alambre:**  
 monopolos, dipolos, antenas de lazo, y todas sus variantes como por ejemplo: bicónicas, dipolos doblados, arreglos de dipolos, etc.

*Método:* Plano de tierra reflector con Atenuación de Sitio Normalizada (ASN) conocida.

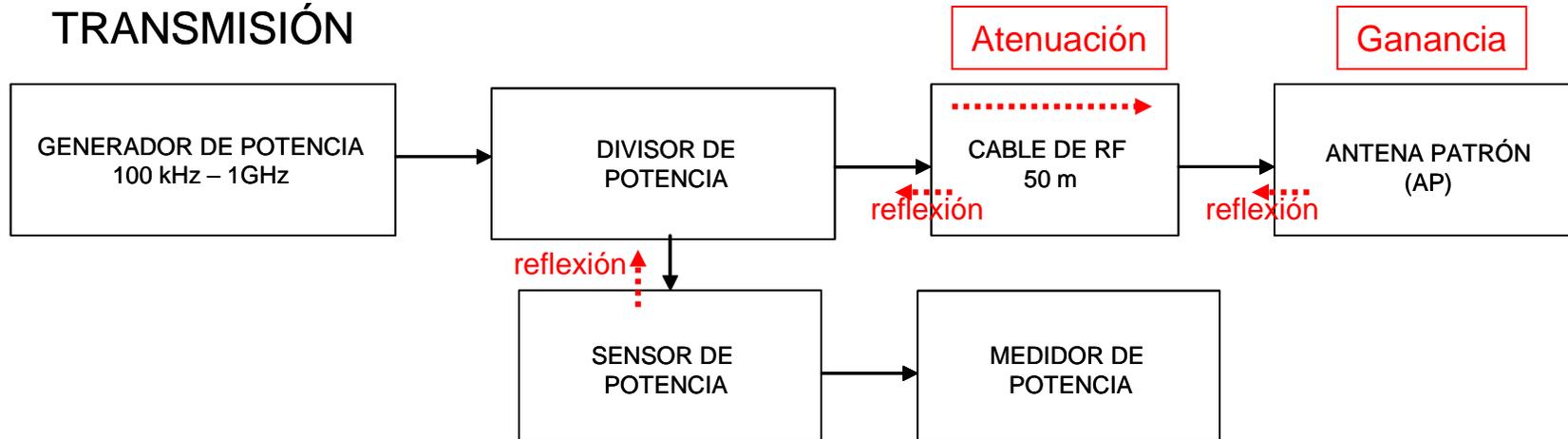
1GHz a 18 GHz



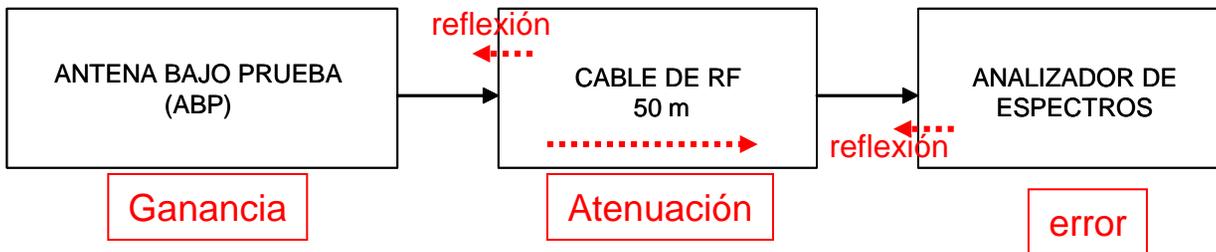
- ii. Calibración de antenas de microondas:**  
 pequeños dipolos, arreglos logarítmicos, antenas de corneta y sus variantes, antenas de parche, etc.

*Método:* Empleo de una antena patrón en espacio libre de reflexión

## TRANSMISIÓN

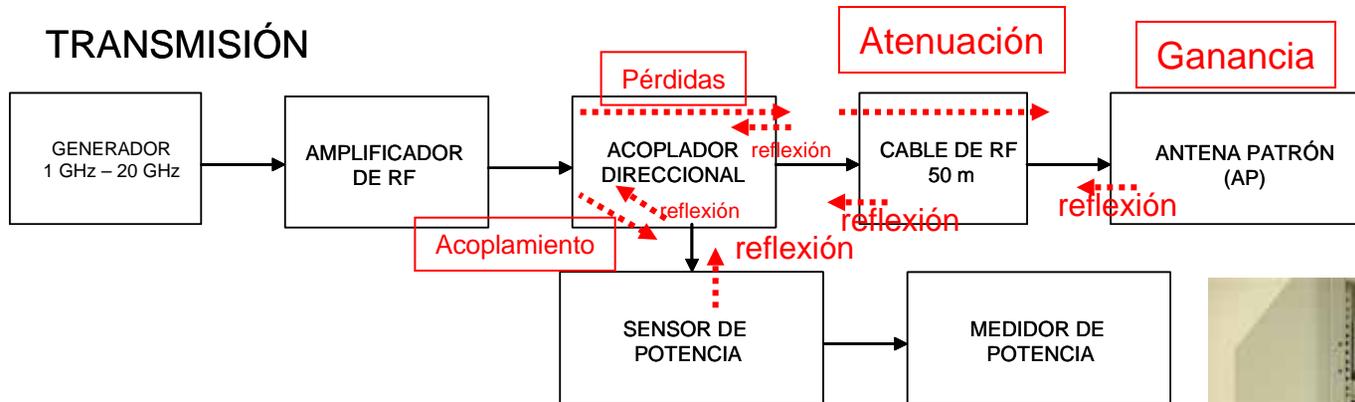


## RECEPCIÓN

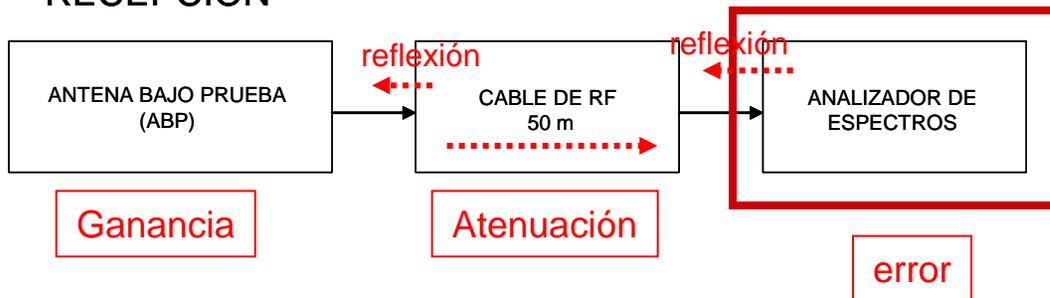


■ Efectos a considerar durante la caracterización del sistema de medición

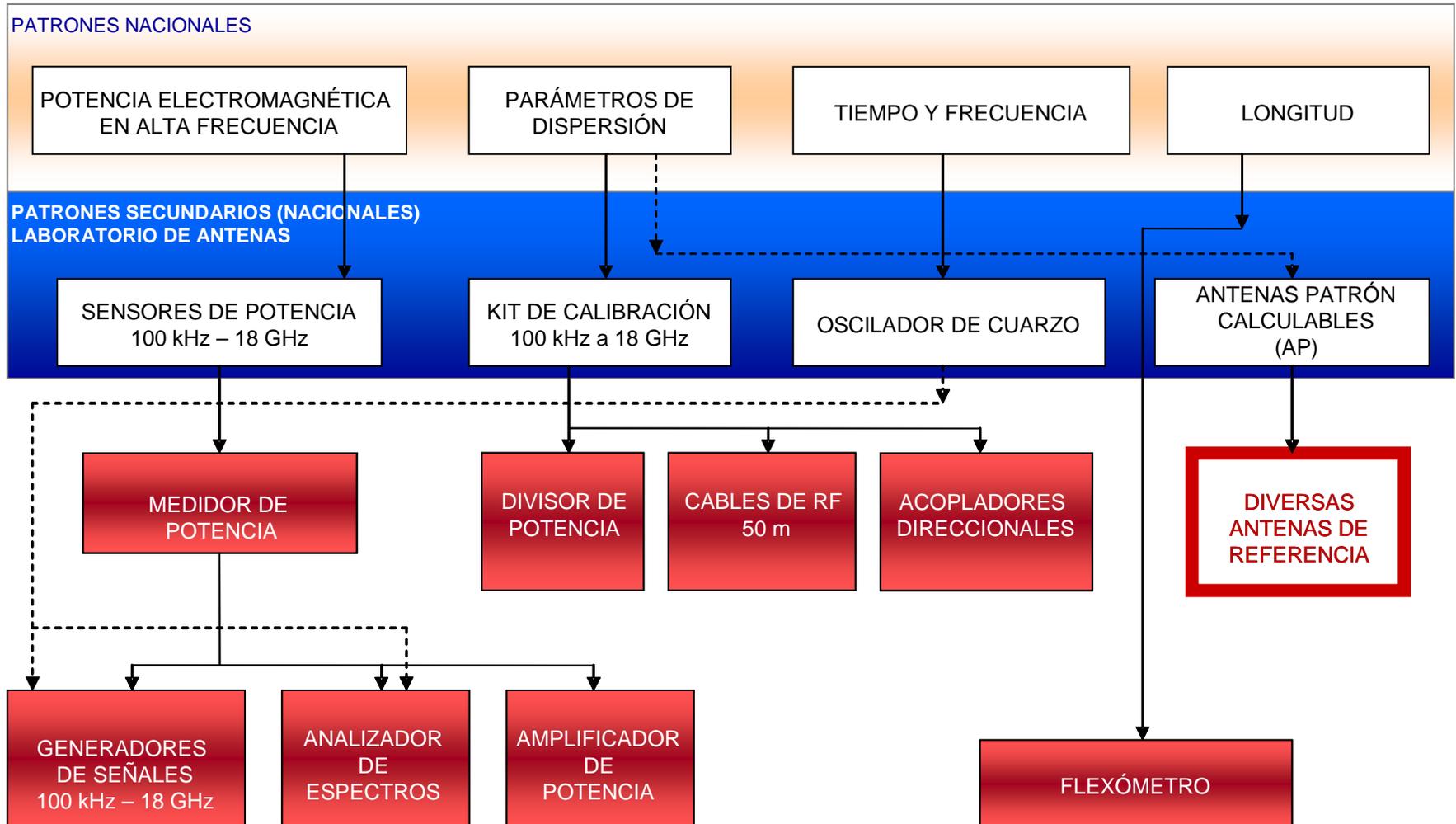
## TRANSMISIÓN



## RECEPCIÓN



Efectos a considerar durante la caracterización del sistema de medición



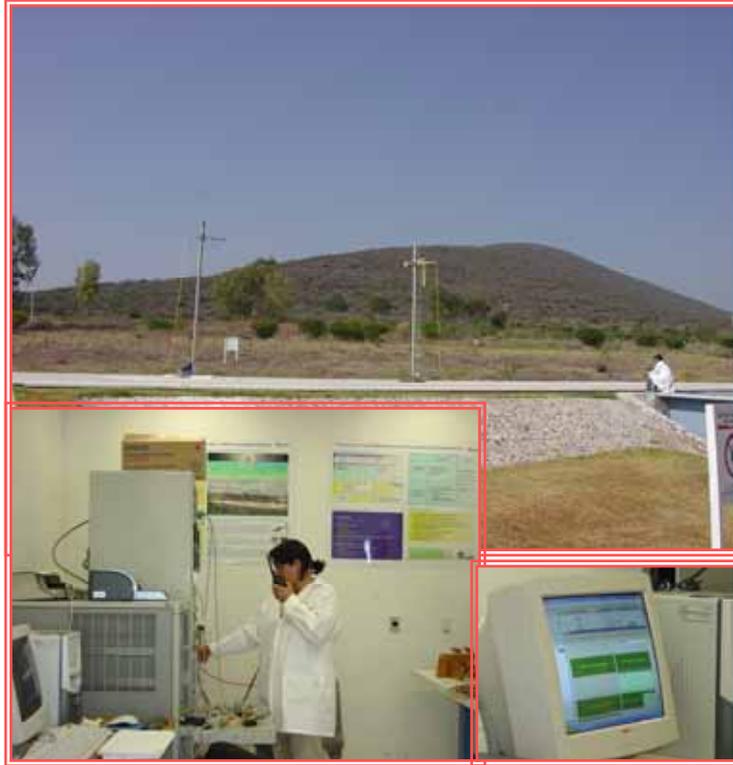
## COEFICIENTE DE REFLEXIÓN



**Incertidumbre estándar combinada en la medición del Coeficiente de Reflexión**

<b>f [GHz]</b>	<b>u(x) [V/V]</b>
de 1 a 2	0,0010
2,1 a 7,8	0,0015
7,9 a 18	0,0020

## DIAGRAMA DE RADIACIÓN



Incertidumbre estándar combinada en la medición del Diagrama de Radiación

Ángulo [°]	u(x) a f= 2 GHz [dB]
-180 a -176	-0,104 +0,106
-175 a -151	-0,151 +0,156
-150 a -61	-0,104 +0,107
-60 a -33	-0,263 +0,280
-32 a 32	-0,118 +0,121
33 a 59	-0,263 +0,280
60 a 67	-0,104 +0,107
68 a 95	-0,213 +0,224
96 a 156	-0,111 +0,113
157 a 174	-0,151 +0,156
175 a 180	-0,104 +0,107

$$P_{rel} = \frac{P_r}{P_{rmax}}$$

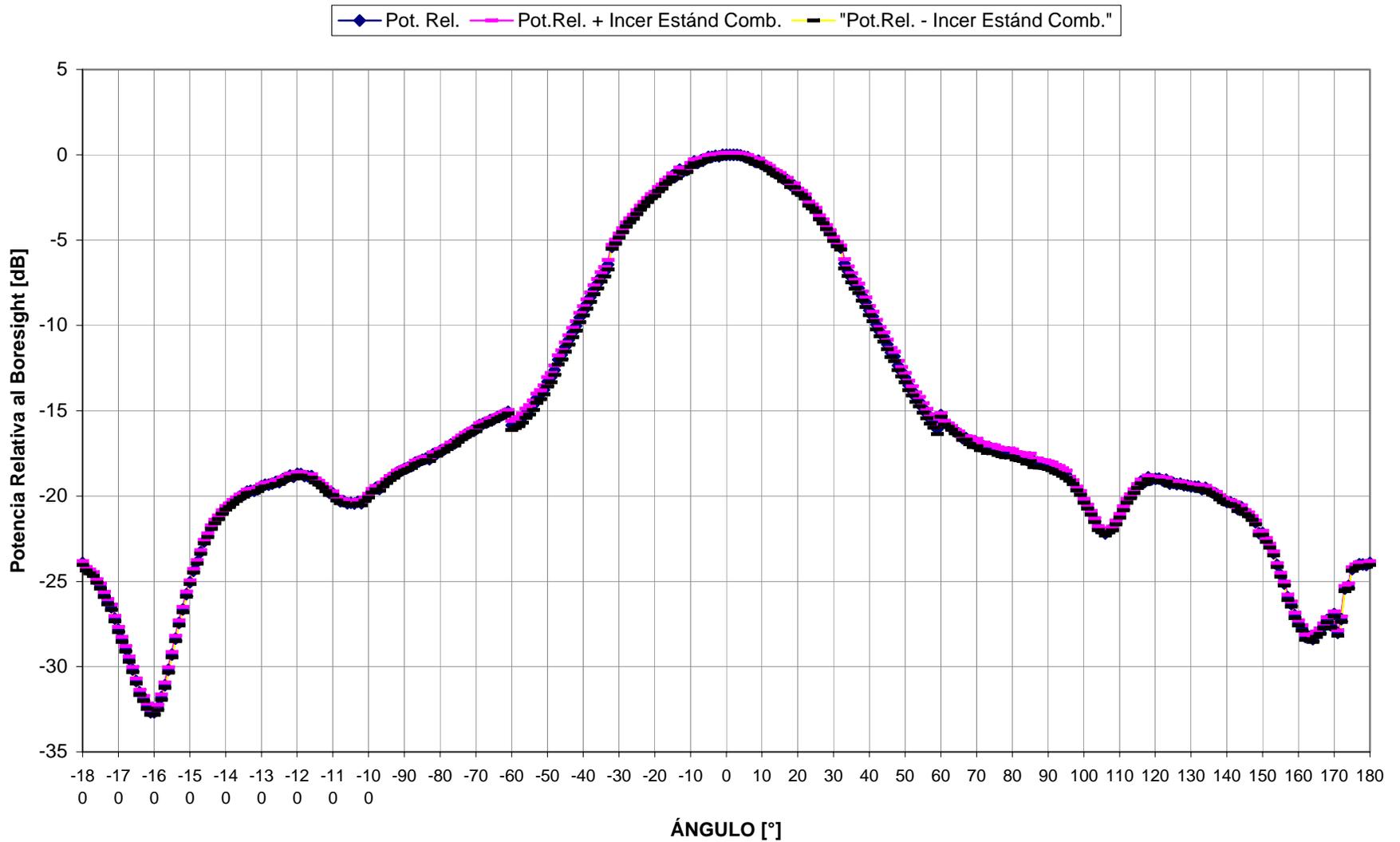
donde:

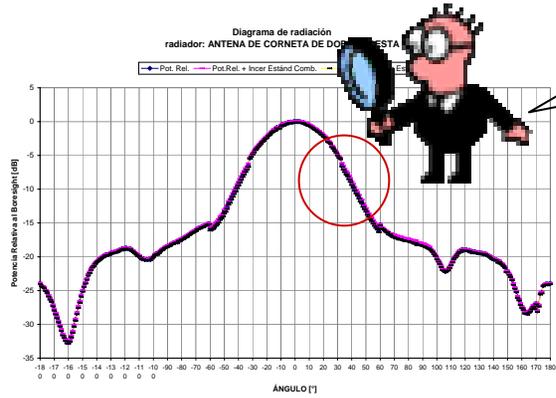
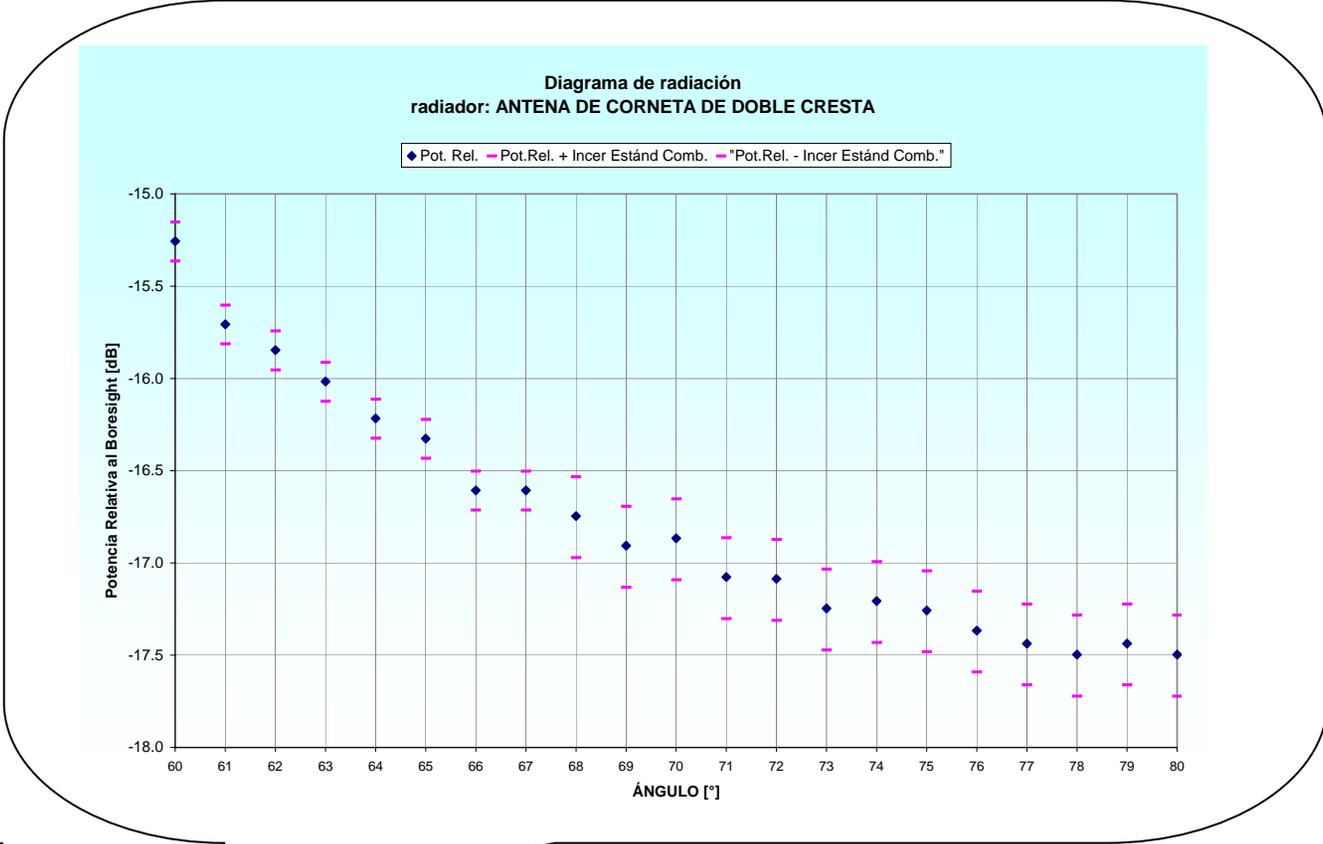
$P_{rel}$  es la potencia relativa

$P_r$  es la potencia recibida por la AP

$P_{rmax}$  es la potencia recibida en el *boresight* por la ABP

**Diagrama de radiación**  
**radiador: ANTENA DE CORNETA DE DOBLE CRESTA**





## GANANCIA

$$P_r = P_d A_r = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2} \frac{G_r \lambda^2}{4\pi}$$

$$P_r = P_t G_t G_r \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$$

$$G_r = \frac{P_r}{P_t G_t \left( \frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 A_1 A_2}$$

donde:

$P_r$  es la potencia recibida por la ABP

$P_t$  es la potencia transmitida por la AP

$G_r$  es la ganancia lineal de la ABP

$G_t$  es la ganancia lineal de la AP

$\lambda$  es la longitud de onda a la frecuencia de prueba

$R$  es la distancia de prueba entre la AP y la ABP

$A_1, A_2$  son las atenuaciones de los cables de RF en la transmisión y recepción respectivamente.



## FACTOR DE ANTENA

$$AF = \frac{9.73}{\lambda \sqrt{G_r}}$$

donde:

$AF$  es el factor de antena

$G_r$  es la ganancia lineal de la antena receptora y está dada por la ecuación (3).

## A. Con respecto al desarrollo de sistemas de medición para antenas pequeñas de microondas fue necesario

- La calibración del analizador de espectros, así como la calibración de los cables de RF, atenuadores, acopladores, divisores de tensión, sensores de potencia. Se puede decir que de manera general todos estos dispositivos fueron calibrados en el intervalo de 1 GHz a 18 GHz con una resolución de 100 MHz y de hasta 50 MHz en algunos casos.
- Se tienen las hojas de cálculo con las cuales será posible estimar la incertidumbre para todos los puntos donde sea posible realizar una calibración.
- Es necesario estimar la contribución de incertidumbre por posicionamiento y alineación de las antenas.

## B. Con respecto al desarrollo de sistemas de medición para antenas de Alambre:

\*Se tienen desarrollados los sistemas de medición, falta su caracterización para conocer la incertidumbre.

\*La medición de la ASN del CALTS-CENAM ha tenido que posponerse por limitaciones de equipo de posicionamiento.

# ¡Gracias!

**Victoria Molina L., Israel García R., Mariano Botello P.\***

Laboratorios de Campos Electromagnéticos y Antenas, Centro Nacional de Metrología,  
km 4.5 carr.a los Cués, El Marqués, Qro.

\*Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional (IPN)  
Av. Ticomán No. 2508, Del. G. A. Madero, México D. F.

E-mail: [vmolina@cenam.mx](mailto:vmolina@cenam.mx); [igarcia@cenam.mx](mailto:igarcia@cenam.mx); [marianobotello@gmail.com](mailto:marianobotello@gmail.com)