

#2  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISION DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN  
TELECOMUNICACIONES

MANUAL DE PRÁCTICAS  
DEL  
LABORATORIO DE  
ANTENAS Y PROPAGACIÓN

1998.



FACULTAD DE INGENIERIA

ING. ROSARIO BARRAGAN PAZ

ING. LETICIA C. ROJAS ANZALDO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AMATEPEC  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE  
MATERIA Y PRODUCCIÓN

LABORATORIO DE  
MATERIA Y PRODUCCIÓN  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AMATEPEC

LABORATORIO DE  
MATERIA Y PRODUCCIÓN  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AMATEPEC



APUNTE  
12

1998  
G.-612075

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



\*612075\*

# MANUAL DE PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE ANTENAS Y PROPAGACIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN PARÁMETROS FUNDAMENTALES .....1

### **SECCIÓN EQUIPO UHF (ULTRA HIGH FREQUENCY)**

PRACTICA #1 ANTENA MARCONI. ( MONOPOLO ).....1

PRACTICA # 2 ANTENA HERTZ ( DIPOLO ).....

PRACTICA # 3 ANTENA YAGI-UDA.....

PRACTICA # 4 ANTENA LOGOPERIODICA.....

PRACTICA # 5 ANTENA HELICOIDAL.....

### **SECCIÓN EQUIPO BANDA X**

PRACTICA #1 ANTENA DE CORNETA ( ALIMENTADOR ).....1-6

PRACTICA # 2 ANTENAS DIELECTICAS.....1-8

PRACTICA # 3 REFLECTOR PARABÓLICO ALIMENTADO POR UN DIPOLO.....1-8

PRACTICA # 4 REFLECTOR PARABÓLICO ALIMENTADO POR UNA ANTENA DE  
 CORNETA.....1-8

### **SECCIÓN EQUIPO BANDA Ka**

PRACTICA #1 ANTENAS RANURADAS.....1

PRACTICA # 2 ANTENAS DIELECTICAS.....

PRACTICA # 3 ANTENAS DE APERTURA.....

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA.....

APÉNDICE A	SEGURIDAD Y CUIDADO	A 1
APÉNDICE B	EQUIPO EN U.H.F.	B 1-
APÉNDICE C	OSCILOSCOPIO PHILIPS (2 GHz)	C 1-
APÉNDICE D	EQUIPO BANDA X	D 1-
APÉNDICE E	EQUIPO BANDA Ka	E 1-
APÉNDICE F	GRAFICADOR Y PATRÓN DE RADIACIÓN	F 1-2

G-612075

# ***PARAMETROS FUNDAMENTALES***

## PRACTICA # PARÁMETROS FUNDAMENTALES

### CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

Investigar :

### INTRODUCCIÓN

Cuando se define lo que es una antena, la forma en que se comporta, se requiere fundamentar los parámetros en características físicas como son material, geometría, frecuencia, medio en que se propaguen las ondas, potencia de transmisión, y otros.

Los parámetros que nos definen el comportamiento de una antena cualquiera son *Los parámetros fundamentales.*

### **OBJETIVO :**

El alumno será capaz de identificar, medir y calcular cada uno de los parámetros fundamentales para cualquier tipo de antena.

### **DESARROLLO :**

1. Definir los siguientes parámetros fundamentales

- Patrones de radiación.
- Densidad de potencia de radiación.
- Intensidad de radiación.
- Eficiencia de radiación.
- Polarización.
- Directividad.
- Eficiencia directiva.
- Apertura física
- Apertura efectiva.
- Apertura máxima
- Ganancia

- Ganancia directiva
- Eficiencia.
- Niveles de contrapolar

Desde el momento en que el conductor de la antena no es un conductor perfecto, implica pérdidas, que se manifiestan en la temperatura, principalmente en la región cercana, éste efecto que en principio puede suponerse poco favorecedor, resulta útil y aprovechable.

- Definición de parámetros fundamentales:

- Patrones de radiación
- Densidad de potencia de radiación.
- **Intensidad de radiación.**

En una dirección dada, se define como la potencia radiada por una antena por unidad de ángulo sólido. Es un parámetro de campo lejano, y se calcula:

$$U = r^2 W_{rad} = r^2 W_0 \sin \theta / r^2 = W_0 \sin \theta$$

donde  $W_0$  es la densidad máxima de potencia y  $\theta$  es el ángulo.

Al analizar la intensidad de radiación en una zona lejana al patrón de radiación se considera la intensidad debida al campo en  $\theta$  y  $\phi$ .

$$U(\theta, \phi) = r^2 / \eta | E(r, \theta, \phi) |^2 \\ = 1/2 \eta (| E_\theta(\theta, \phi) |^2 + | E_\phi |^2)$$

- Eficiencia de radiación.
- Polarización.
- **Directividad.**

Es un concepto que se relaciona directamente con la ganancia directiva, dado que en el punto donde la ganancia directiva es máxima; esta medida es la directividad de la antena, para una eficiencia al 100%. Podemos pensar también en la directividad como el valor donde la ganancia en una dirección particular, muestra un valor máximo. En el caso de antenas isotópicas (donde la radiación es igual en cualquier parte), o sea, el radio de la magnitud de la ganancia es constante, en éste caso, la directividad es unitaria, no existe ganancia. Sin embargo, en el caso de radiadores que no son isotrópicos, la directividad es el radio máximo del patrón de radiación.

- Eficiencia directiva.
- Apertura física.
- Apertura efectiva.
- Apertura máxima.
- **Ganancia**

A pesar de que la antena no cuenta con elementos activos en el conductor, ganancia es un concepto de mejora de radiación de campo electromagnético, pero con una dirección definida.

Las antenas no aumentan su potencia radiada total, sino que la potencia total la enfocan en alguna dirección.

- **Ganancia directiva.**

Es una relación que existe entre la densidad de potencia radiada en esa dirección particular y la potencia radiada por una antena isotrópica ideal.

- Eficiencia.
- Niveles de contrapolar

### DESARROLLO

- 2 -Medición de parámetros fundamentales.
- 3 -Localización de parámetros fundamentales en manuales de antenas.

### CONCLUSIONES

---

---

---

---

---

---

---

---

### NOTAS

# ***ANTENAS LINEALES***

## PRACTICA # MONOPOLO

### CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

Investigar :

### INTRODUCCIÓN

Una vez que conocemos el dipolo, podemos continuar con el monopolo. Puede resultar extraño que se analice primero un caso con dos pares de conductores que un sistema con sólo un conductor. La razón principal se debe a que el monopolo es en realidad un dipolo disfrazado. Cuando tenemos un dipolo cercano a una superficie conductora infinita, se presenta un efecto curioso, causado por el plano conductor, al cual nos referimos como plano de tierra<sup>1</sup>

El plano de tierra nos simula un "espejo" de nuestro dipolo y causa la impresión que tenemos dos fuentes emisoras de ondas electromagnéticas

#### Tipos de monopolos

- vertical
- horizontal

### OBJETIVOS

- Caracterizar la antena Tipo Monopolo
- Entender el uso y definición de una antena isotópica y una patrón

### EQUIPO

- Master builder (señal de UHF)
- Antena monopolo
- Base

---

<sup>1</sup> Idealmente el plano de tierra es una superficie conductora (que refleja toda onda electromagnética) que se extiende infinitamente en todas direcciones

- Receptor

### DESARROLLO

1. -Medición de parámetros fundamentales.
2. -Obtención de patrones de radiación en forma lineal y polar.
3. -Comparar las antenas dipolo y dipolo doblado.
4. -Generar conclusiones

## PRACTICA # DIPOLO

### CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

Investigar :

### INTRODUCCIÓN

El dipolo es un elemento básico de todas las antenas. Se puede prescindir de cualquier otro elemento menos del dipolo. Este es el componente transductor que nos convierte de energía eléctrica a electromagnética o viceversa.

**Algunos tipos de dipolos son:**

- Antena tipo dipolo.
- Antena tipo dipolo corto.
- Antena tipo dipolo ultracorto
- Antena tipo dipolo doblado.
- Antena tipo monopolo.

### OBJETIVOS

El alumno comprenderá los principios electromagnéticos del dipolo que sirvieron para demostrar las teorías del matemático inglés J.C: Maxwell, que son fundamentales para la comprensión de las antenas

### EXPERIMENTOS

1. -Medición de parámetros fundamentales.
2. -Obtención de patrones de radiación en forma lineal y polar.
3. -Comparar las antenas dipolo y dipolo doblado.
4. -Generar conclusiones

### EQUIPO

### DESARROLLO

DIAGRAMA DE CONEXIONES

PROCEDIMIENTO

CONCLUSIONES

---

---

---

---

---

---

---

---

NOTAS

## PRACTICA # ARREGLOS YAGI-UDA

### ANTENAS LINEALES

Las antenas lineales son variantes sobre las antenas de dipolo. En éstas antenas también consideran que el grosor del conductor es mucho menor que su longitud, lo cual nos permite realizar los análisis con sencillez.

Otro aspecto importante de las antenas lineales es que además con otros elementos les permite funcionar en modo diferente.

### CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

Investigar :

### INTRODUCCIÓN

Este es un tipo de antena muy practico para frecuencias de VHF(30-300 MHz) HF(3 -30 MHz) y UHF (300-3,000mhz)

Esta antena esta formada por un dipolo y un determinado número de elementos parásitos, los cuales por acoplamiento mutuo inducido alteran el patrón de radiación de la antena proporcionándole mayor directividad al haz del dipolo

El diseño original se le debe a los japoneses, El primero en describir el funcionamiento del radiador fue S. Uda y sin embargo se debe a H. Yagi la traducción y descripción del funcionamiento de la antena en idioma inglés.

### Tipos de antenas Yagi uda

- Arreglos Yagi-Uda con dipolo doblado
- Arreglos Yagi-Uda con dipolo simple.
- Arreglos Yagi-Uda con reflector de esquina, con dipolo doblado y con dipolo simple.
- Arreglo Yagi-Uda de Lazo

## EXPERIMENTO 1

DIAGRAMA DE CONEXIONES

PROCEDIMIENTO

CONCLUSIONES

---

---

---

---

---

---

NOTAS

**OBJETIVOS**

- El alumno conocerá los arreglos con elementos parásitos
- El alumno será capaz de caracterizar la antena yagi-uda

**EQUIPO**

- Master builder (señal de UHF)
- Base
- Receptor
- Antena YAGI- UDA

**DESARROLLO**

1. -Medición de parámetros fundamentales.

ANTENA	$\alpha_v$	$\alpha_h$	$\alpha$	D (adim)	D(dB)	Pfront	Ppost	Pisot	G <sub>0</sub>	G (dB)	$\eta$ Direc	$\eta$	Lóbulos Laterales
Completa													
sin 1 director													
s/2 directores													
sin reflector													
sin reflector y 1 director													
sin reflector ni 2 directores													

1. -Obtención de patrones de radiación. Para cada tipo de antena
2. Comparar y dibujar los patrones de radiación de la antena yagi-uda completa y otro cualesquiera de los casos.
3. -Comparar las antenas dipolo y dipolo doblado con la antena yagi-uda y encontrar las diferencias y similitudes.
4. Obtener sus conclusiones.
5. repetir los puntos 1 al 4 para la antena yagi-uda con dipolo simple y reflector grid

CONCLUSIONES

---

---

---

---

---

---

---

---

NOTAS

## PRACTICA # ANTENA LOGOPERIÓDICA

### CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

Investigar :

### INTRODUCCIÓN

Varias son las estructuras independientes de la frecuencia, sin embargo todas las antenas que poseen esta característica están basadas en el mismo principio, establecido por V.H Rumsey, quien propuso que las estructuras debían ser definidas por ángulos y no por longitudes como las antenas existentes hasta entonces. A partir del principio de ángulos, fueron diseñadas varias antenas, pero la que arrojo mejores resultados fue la antena logoperiódica ideada por R. H. Duhamel a partir de éste diseño se desarrollaron nuevos diseños como los que se enuncian a continuación :

1.-

$D_0$	$\tau$	$\sigma$
8.00	0.780	0.135
8.50	0.826	0.148
9.00	0.865	0.159
9.50	0.895	0.168
10.00	0.918	0.170
10.50	0.924	0.175
11.00	0.943	0.179
11.50	0.956	0.180
12.00	0.965	0.183

$D_0$  = Ganancia directa

Datos :  $D_0$

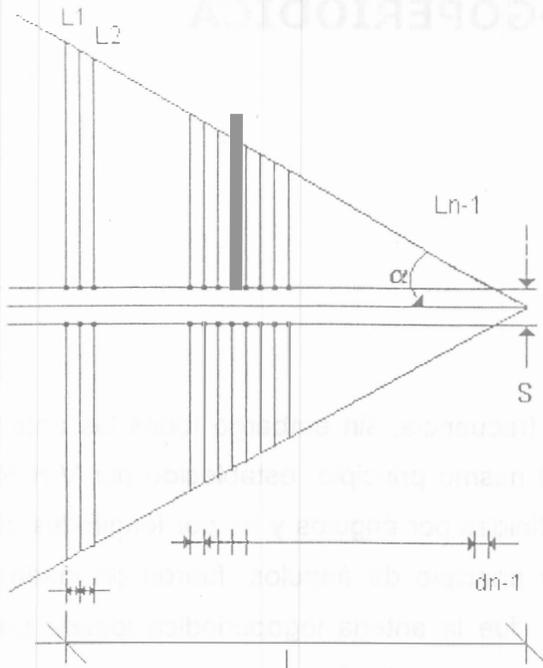
$f_{\min}$

$f_{\max}$

$$k_1 = 1.01 - 0.519 \tau$$

$$2.- \alpha = \arctan \frac{1-\tau}{4\sigma} \quad [^\circ]$$

$$3.- L_1 = k_1 (3 \times 10^8 / f_{\min}) \quad [m]$$



$$4.- k_2 = 7.1 \tau^3 - 21\tau^2 + 21.98\tau - 7.3 + \sigma (21.86 - 66\tau + 62.12\tau^2 - 18.29\tau^3)$$

5.- # ELEMENTOS

$$N = 1 + \frac{\log\left(\frac{k_2}{k_1}\right) + \log\left(\frac{f_{min}}{f_{max}}\right)}{\log \tau}$$

$$6.- l = \frac{2 L_1 \sigma (1 - \tau^{n-1})}{1 - \tau} \quad [m]$$

$$7.- d_1 = 2\sigma L_1 \quad [m]$$

$$8.- L_n = \tau^{n-1} L_1 \quad [m]$$

$$9.- d_n = \tau^{n-1} d_1 \quad [m]$$

10.-  $75\Omega \Rightarrow S = 1.2\phi$  [m]  
 $300\Omega \Rightarrow S = 6.13\phi$  [m]

$\phi$  diámetro del conductor



### ANTENA LOGOPERIÓDICA DISEÑO 2

Datos:

$G[\text{dB}]$ ,  
 $f_{\text{max}} - \lambda_{\text{min}}$ ,  
 $f_{\text{min}} - \lambda_{\text{max}}$

Elegir un valor en el rango siguiente

$0.13 < \sigma < 0.15$

$0.80 < \tau < 0.92$

$\alpha = \text{angtan} \frac{1-\tau}{6\sigma}$  [m]

Número de elementos

$$N = 1 + \frac{\lg \left( \frac{k_2}{k_1} \right) + \log \left( \frac{f_{\text{min}}}{f_{\text{max}}} \right)}{\log \tau}$$

### OBJETIVOS

- El alumno conocerá diversos metodos de diseño de antenas logoperiodicas
- Diseñar una antena logoperiodica con ambos metodos
- Caracterizar la antena

### EQUIPO

- Master builder (señal de UHF)
- Base
- Receptor
- Antena LOGOPERIODICA

### DESARROLLO

1. -Carecterizar una antena logoperiódica
2. Medición de parámetros fundamentales.
3. -Obtención de patrones de radiación.  
Polar  
lineal
4. -Comparar las antenas dipolo y dipolo doblado con la antena yagui uda y encontrar las diferencias y similitudes.
5. Con las dimensiones físicas de la antena prueba obtener los resultados teóricos y compararlös

CONCLUSIONES

---

---

---

---

---

---

---

---

NOTAS

# ***ANTENAS PARA BANDA X***

## PRACTICA # ANTENA DE CORNETA ( O ALIMENTADOR )

### CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

ALIMENTADORES O CORNETAS

Investigar :

LOS DIFERENTES TIPOS DE ALIMENTADORES

### INTRODUCCIÓN

### OBJETIVOS

- Observar la función del reflector parabólico.
- Entender los cambios que sufren los patrones de radiación de una antena al colocar un reflector.
- Conocer el funcionamiento del equipo en banda X con que dispone el laboratorio a fin de obtener las lecturas necesarias.

### EXPERIMENTO

- 1.- Obtener el patrón de radiación de la antena de corneta.

### EQUIPO

#### **EQUIPO MARCONI INSTRUMENTS**

1 Banco de Puebla de antenas MODELO : 6452A/2.

1 Fuente de Poder MODELO : 6590.

1 Medidor de V.S.W.R. MODELO : 6593A.

1 Oscilador de Diodo Gunn.

1 Aislador.

1 Atenuador Variable.

1 Ondámetro.

2 Antenas de Corneta.

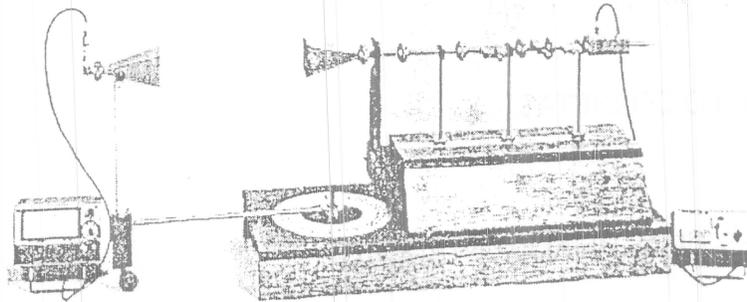
1 Detector de Cristal

DESARROLLO

## EXPERIMENTO 1

Obtener el patrón de radiación de la antena de corneta.

### DIAGRAMA DE CONEXIONES



### PROCEDIMIENTO

Plano Horizontal X-Y.

Colocar como antena transmisora la antena de corneta.

Colocar como antena receptora la corneta.

Colocarlas en línea de vista.

Encender el equipo hasta terminar de conectar las antenas.

Obtener de la fuente de poder un voltaje de salida **NO mayor a 9 Volts**

**NOTA: Recordar que debe medirse en la carátula del galvanómetro, y no en la perilla**

Localizar el ángulo en el cual existe mayor amplitud de recepción, a fin de calibrar el indicador de V.S.W.R. a 0 dB.

Utilizar las escalas más adecuadas en el indicador de V.S.W.R.

Ajustar con la perilla del fino a 0 dB, después **no** moverla.

Deslizar la antena receptora de 0° hasta + 90° y simultáneamente medir la atenuación correspondiente en el indicador de V.S.W.R.

Medir el ángulo correspondiente a cada disminución de 1 dB.

Anotar en la tabla siguiente las lecturas necesarias para trazar el patrón de radiación.

Deslizar la antena receptora de 0° hasta - 90° y simultáneamente medir la atenuación correspondiente en el indicador de V.S.W.R.

Medir el ángulo correspondiente a cada disminución de 1 dB.

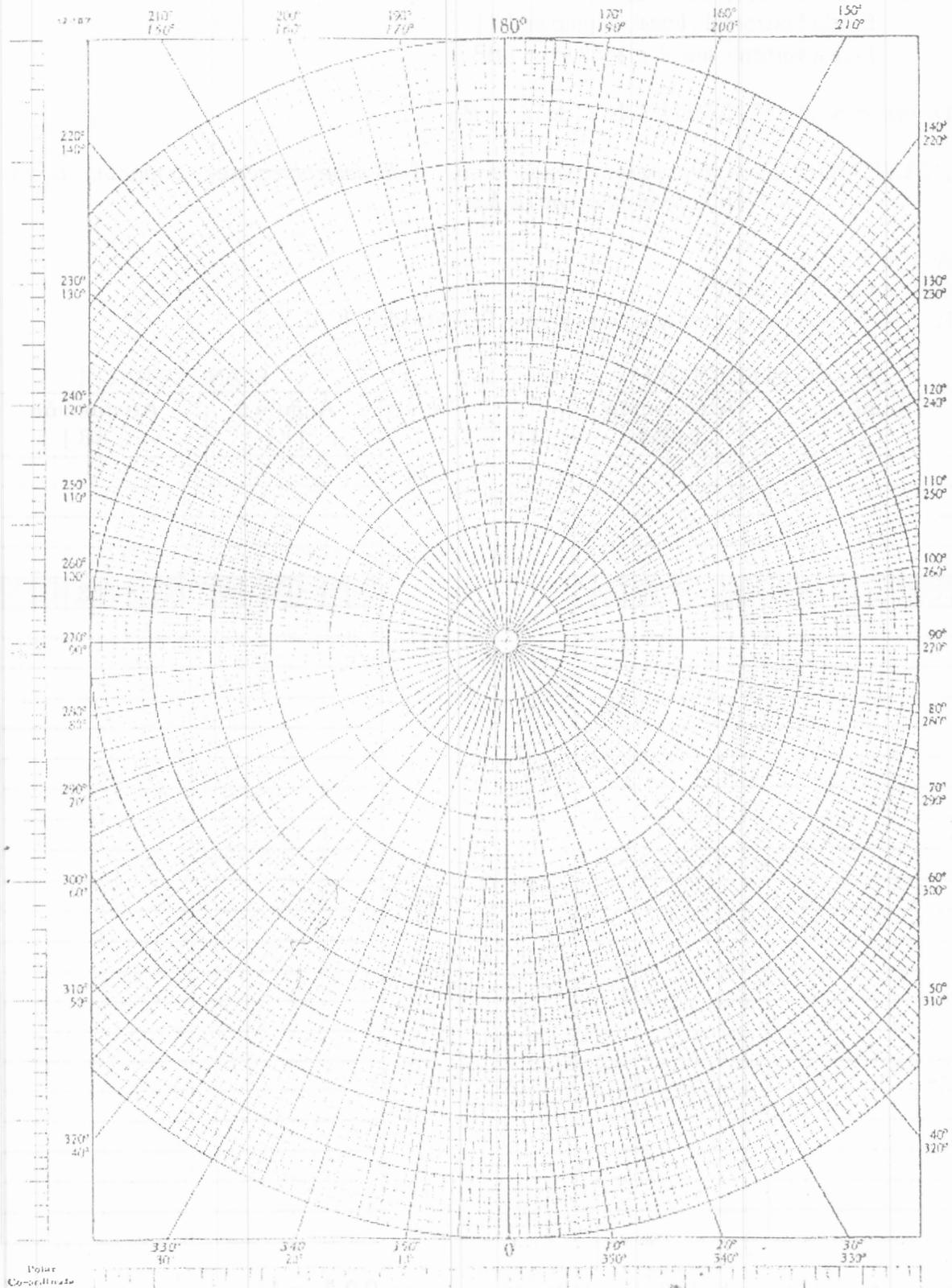
Anotar en la tabla siguiente las lecturas necesarias para trazar el patrón de radiación.

Dibujar el patrón POLAR de radiación.

Escala radial : lineal, magnitud en [ dB ] ó en [ V ].

Escala angular : en [ ° ].





PRACTICA # ANTENA DE CORNETA  
SECCIÓN EQUIPO BANDA X  
página 4



## NOTAS

## PRACTICA # ANTENAS DIELECTICAS

### CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

MATERIAL DIELECTICO  
MATERIAL CONDUCTOR

Investigar :

LOS DIFERENTES MATERIALES DIELECTRICOS.

### INTRODUCCIÓN

#### OBJETIVOS

- Entender la posibilidad de construir una antena con un material dieléctrico.
- Comparar los patrones de radiación, así como las ganancias de dos antenas.
- Conocer el funcionamiento del equipo en banda X con que dispone el laboratorio a fin de obtener las lecturas necesarias.

#### EXPERIMENTOS

- 1.- Obtener el patrón de radiación de la antena dieléctrica #1.
- 2.- Medir la ganancia de la antena dieléctrica #1 con respecto a la antena de corneta.
- 3.- Obtener el patrón de radiación de la antena dieléctrica #2.
- 4.- Medir la ganancia de la antena dieléctrica #2 con respecto a la antena de corneta.

#### EQUIPO

##### **EQUIPO MARCONI INSTRUMENTS**

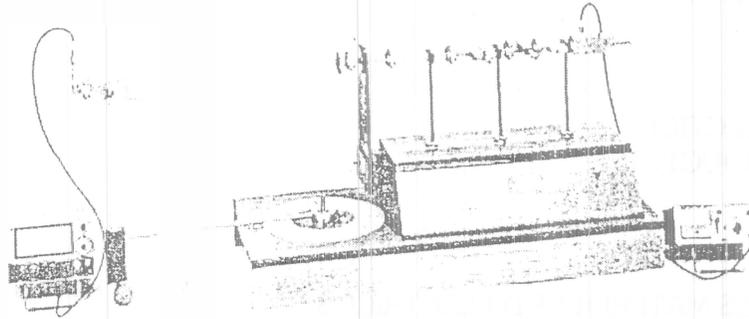
- 1 Banco de Prueba de antenas MODELO : 6452A/2.
- 1 Fuente de Poder MODELO : 6590.
- 1 Medidor de V.S.W.R. MODELO : 6593A.
- 1 Oscilador de Diodo Gunn.
- 1 Aislador.
- 1 Atenuador Variable.
- 1 Ondámetro.
- 2 Antenas dieléctricas.
- 1 Reflector parabólico.
- 1 Antena de Corneta.
- 1 Detector de Cristal

DESARROLLO

**EXPERIMENTO 1 y 3**

**Obtener el patrón de radiación para una antena dieléctrica**

DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Plano Horizontal X-Y.

Colocar como antena transmisora la dieléctrica.

Colocar como antena receptora la corneta.

Colocarlas en línea de vista.

Encender el equipo hasta terminar de conectar las antenas.

Obtener de la fuente de poder un voltaje de salida **NO mayor a 9 Volts**

**NOTA: Recordar que debe medirse en la carátula del galvanómetro, y no en la perilla**

Localizar el ángulo en el cual existe mayor amplitud de recepción, a fin de calibrar el indicador de V.S.W.R. a 0 dB.

Utilizar las escalas más adecuadas en el indicador de V.S.W.R.

Ajustar con la perilla del fino a 0 dB, después **no** moverla.

Deslizar la antena receptora de 0° hasta + 90° y simultáneamente medir la atenuación correspondiente en el indicador de V.S.W.R.

Medir el ángulo correspondiente a cada disminución de 1 dB.

Anotar en la tabla siguiente las lecturas necesarias para trazar el patrón de radiación.

Deslizar la antena receptora de 0° hasta - 90° y simultáneamente medir la atenuación correspondiente en el indicador de V.S.W.R.

Medir el ángulo correspondiente a cada disminución de 1 dB.

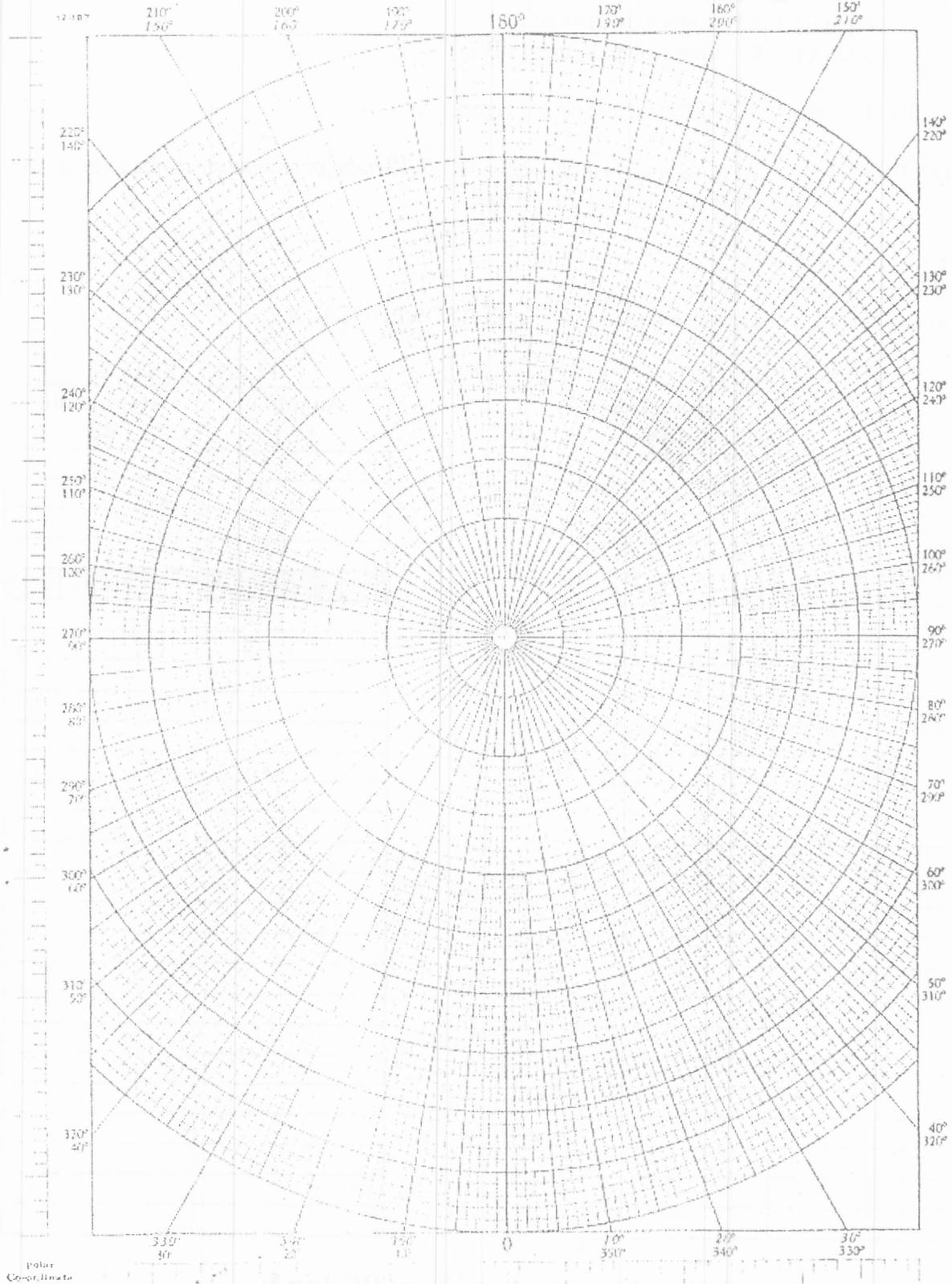
Anotar en la tabla siguiente las lecturas necesarias para trazar el patrón de radiación.

Dibujar el patrón POLAR de radiación.

Escala radial : lineal, magnitud en [ dB ] ó en [ V ].

Escala angular : en [ ° ].





PRACTICA # REFLECTOR PARABÓLICO - CORNETA  
SECCIÓN EQUIPO BANDA X



DESARROLLO

**EXPERIMENTO 2 y 4**  
**Medir la ganancia de una antena dieléctrica**

DIAGRAMA DE CONEXIONES

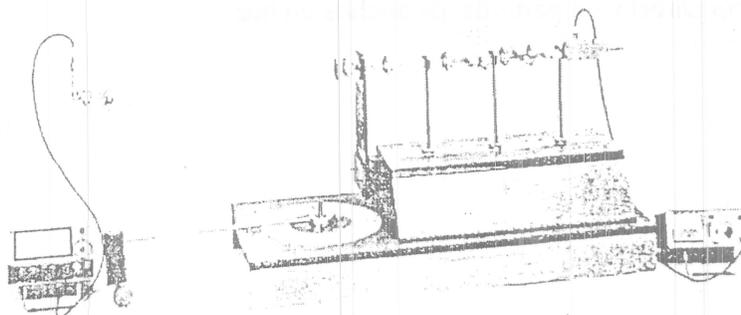


Diagrama 1 Antena de Prueba

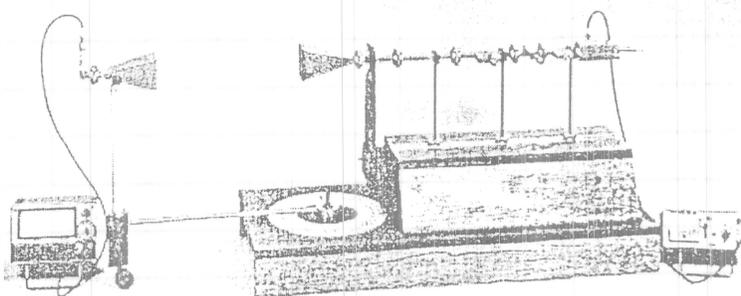


Diagrama 2 Antena Patrón

PROCEDIMIENTO

Según el diagrama 1 , Antena de Prueba.

Colocar la antena transmisora frente a la receptora (en línea de vista) a 0°

Medir la atenuación en ese punto máximo de radiación (lectura 1).

Apagar el equipo.

Cambiar la antena

Según el Diagrama 2 , Antena Patrón.

Colocar la antena transmisora frente a la receptora (en línea de vista) a 0°

Medir la atenuación en ese punto máximo de radiación (lectura 2).

Anotar los datos en la table siguiente :

Antena	Atenuación [ dB ]	Ganancia [ dB ]
Prueba	lectura 1 =	G prueba
Patrón	lectura 2 =	17.2
	lectura 1 - lectura 2 =	



## NOTAS



## PRACTICA # REFLECTOR PARABÓLICO ALIMENTADO POR UNA ANTENA DIPOLO

### CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

REFLEXION  
REFLECTORES

Investigar :

LOS DIFERENTES TIPOS DE REFLECTORES.

### INTRODUCCIÓN

#### OBJETIVOS

- Observar la función del reflector parabólico.
- Entender los cambios que sufren los patrones de radiación de una antena al colocar un reflector.
- Conocer el funcionamiento del equipo en banda X con que dispone el laboratorio a fin de obtener las lecturas necesarias.

#### EXPERIMENTOS

- 1.- Obtener el patrón de radiación del reflector parabólico.
- 2.- Medir la ganancia del dipolo con reflector parabólico.

#### EQUIPO

##### **EQUIPO MARCONI INSTRUMENTS**

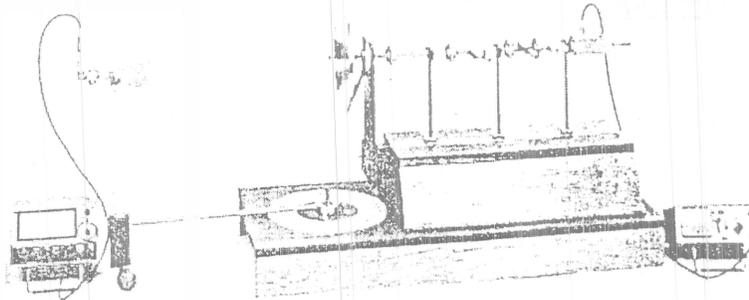
- 1 Banco de Pueba de antenas MODELO : 6452A/2.
- 1 Fuente de Poder MODELO : 6590.
- 1 Medidor de V.S.W.R. MODELO : 6593A.
- 1 Oscilador de Diodo Gunn.
- 1 Aislador.
- 1 Atenuador Variable.
- 1 Ondámetro.
- 1 Dipolo para microondas
- 1 Reflector parabólico.
- 1 Antena de Corneta.
- 1 Detector de Cristal

DESARROLLO

## EXPERIMENTO 1

Obtener el patrón de radiación del reflector parabólico alimentado por un dipolo

### DIAGRAMA DE CONEXIONES



### PROCEDIMIENTO

Plano Horizontal X-Y.

Colocar como antena transmisora el reflector parabólico alimentado por el dipolo.

Colocar como antena receptora la corneta.

Colocarlas en línea de vista.

Encender el equipo hasta terminar de conectar las antenas.

Obtener de la fuente de poder un voltaje de salida **NO mayor a 9 Volts**

**NOTA: Recordar que debe medirse en la carátula del galvanómetro, y no en la perilla**

• Localizar el ángulo en el cual existe mayor amplitud de recepción, a fin de calibrar el indicador de V.S.W.R. a 0 dB.

Utilizar las escalas más adecuadas en el indicador de V.S.W.R.

Ajustar con la perilla del fino a 0 dB, después **no** moverla.

Deslizar la antena receptora de 0° hasta + 90° y simultáneamente medir la atenuación correspondiente en el indicador de V.S.W.R.

Medir el ángulo correspondiente a cada disminución de 1 dB.

Anotar en la tabla siguiente las lecturas necesarias para trazar el patrón de radiación.

Deslizar la antena receptora de 0° hasta - 90° y simultáneamente medir la atenuación correspondiente en el indicador de V.S.W.R.

Medir el ángulo correspondiente a cada disminución de 1 dB.

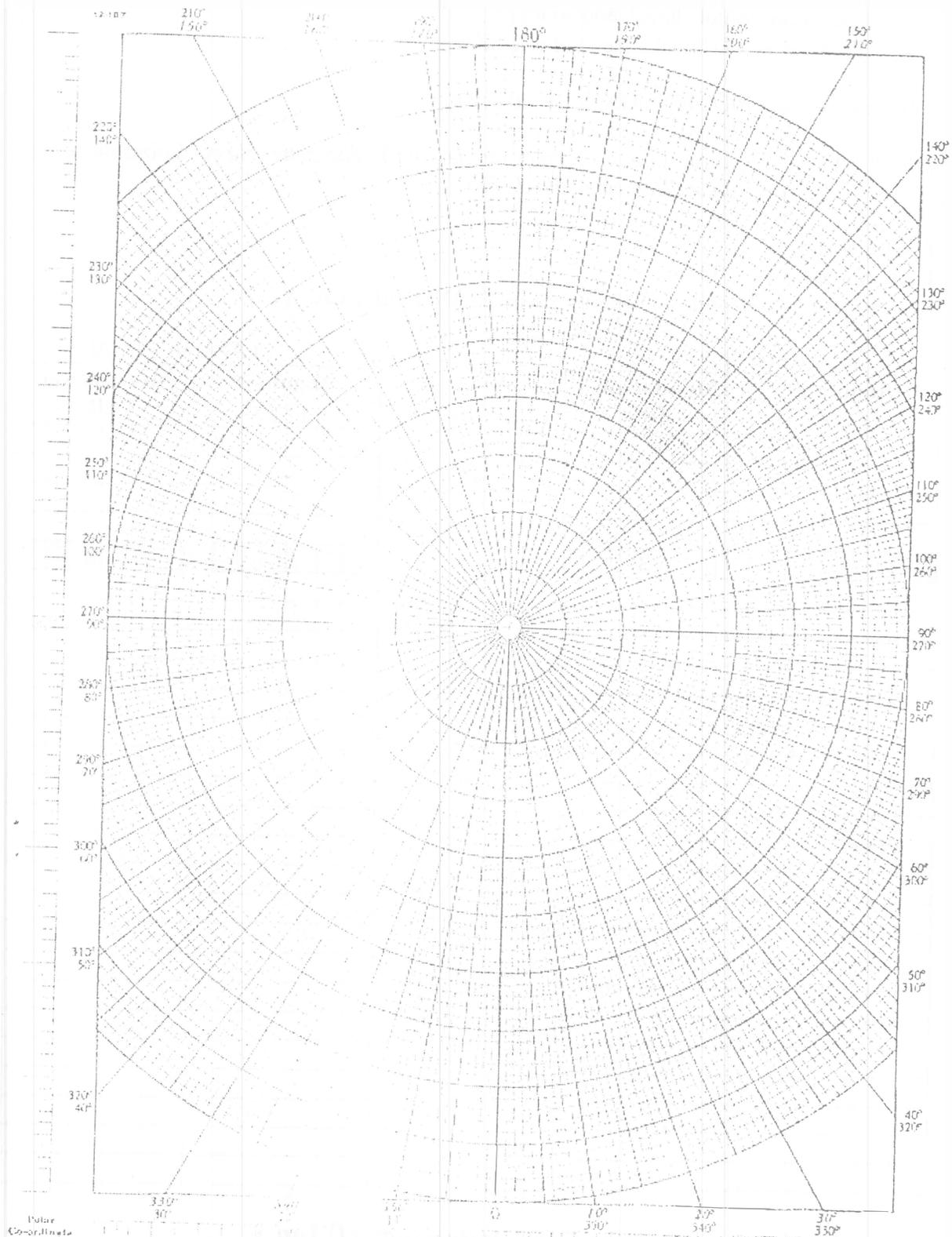
Anotar en la tabla siguiente las lecturas necesarias para trazar el patrón de radiación.

Dibujar el patrón POLAR de radiación.

Escala radial : lineal, magnitud en [ dB ] ó en [ V ].

Escala angular : en [ ° ].





PRACTICA # REFLECTOR PARABÓLICO - DIPOLO  
SECCIÓN EQUIPO BANDA X



DESARROLLO

**EXPERIMENTO 2**

**Medir la ganancia del reflector parabólico alimentado por un dipolo**

DIAGRAMA DE CONEXIONES

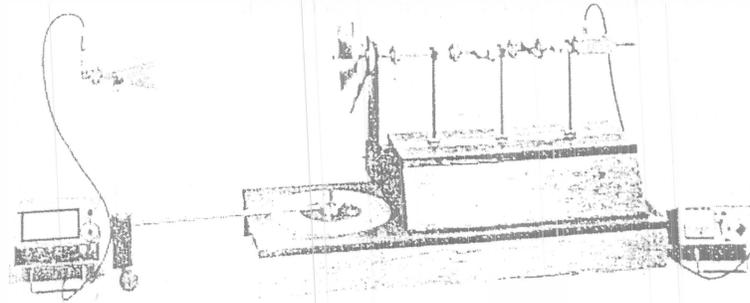


Diagrama 1 Antena de Prueba

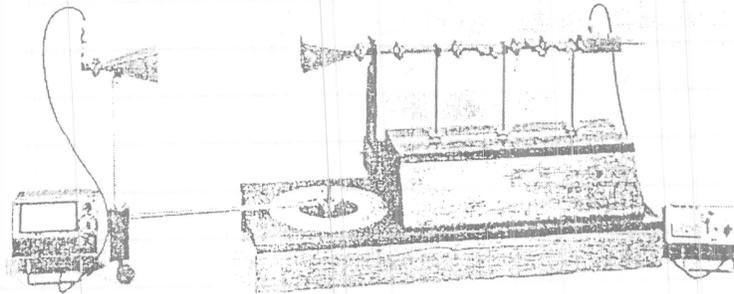


Diagrama 2 Antena Patrón

**PROCEDIMIENTO**

Según el diagrama 1 , Antena de Prueba.

Colocar la antena transmisora frente a la receptora (en línea de vista).

Medir la atenuación en ese punto máximo de radiación (lectura 1).

Apagar el equipo.

Cambiar la antena

Según el Diagrama 2 , Antena Patrón.

Colocar la antena transmisora frente a la receptora (en línea de vista) a 0°

Medir la atenuación en ese punto máximo de radiación (lectura 2).

Anotar los datos en la table siguiente :

Antena	Atenuación [ dB ]	Ganancia [ dB ]
Prueba	lectura 1 =	G prueba
Patrón	lectura 2 =	17.2
	lectura 1 - lectura 2 =	



## NOTAS



## PRACTICA # REFLECTOR PARABÓLICO ALIMENTADO POR UNA ANTENA DE CORNETA

### CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

REFLECTOR PARABÓLICO  
REFLECTOR HIPERBÓLICO

Investigar :

LOS DIFERENTES ARREGLOS DE REFLECTORES.

### INTRODUCCIÓN

#### OBJETIVOS

- Observar la función del reflector parabólico.
- Entender los cambios que sufren los patrones de radiación de una antena al colocar un reflector.
- Conocer el funcionamiento del equipo en banda X con que dispone el laboratorio a fin de obtener las lecturas necesarias.

#### EXPERIMENTOS

- 1.- Obtener el patrón de radiación del reflector parabólico.
- 2.- Medir la ganancia del dipolo con reflector parabólico.

#### EQUIPO

##### **EQUIPO MARCONI INSTRUMENTS**

1 Banco de Pueba de antenas MODELO : 6452A/2.

1 Fuente de Poder MODELO : 6590.

1 Medidor de V.S.W.R. MODELO : 6593A.

1 Oscilador de Diodo Gunn.

1 Aislador.

1 Atenuador Variable.

1 Ondámetro.

1.Corneta con guía de ondas.

1 Reflector parabólico.

1 Antena de Corneta.

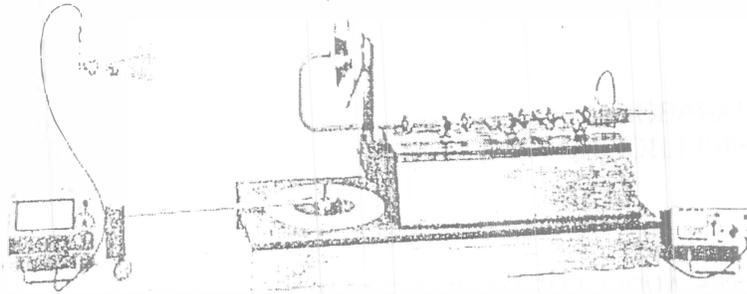
1 Detector de Cristal

DESARROLLO

**EXPERIMENTO 1**

**Obtener el patrón de radiación del reflector parabólico alimentado por una corneta**

DIAGRAMA DE CONEXIONES



PROCEDIMIENTO

Plano Horizontal X-Y.

Colocar como antena transmisora el reflector parabólico alimentado por una antena de corneta.  
Colocar como antena receptora la corneta.  
Colocarlas en línea de vista.

Encender el equipo hasta terminar de conectar las antenas.

Obtener de la fuente de poder un voltaje de salida **NO mayor a 9 Volts**

**NOTA: Recordar que debe medirse en la carátula del galvanómetro, y no en la perilla**

Localizar el ángulo en el cual existe mayor amplitud de recepción, a fin de calibrar el indicador de V.S.W.R. a 0 dB.

Utilizar las escalas más adecuadas en el indicador de V.S.W.R.

Ajustar con la perilla del fino a 0 dB. después **no** moverla.

Deslizar la antena receptora de 0° hasta + 90° y simultáneamente medir la atenuación correspondiente en el indicador de V.S.W.R.

Medir el ángulo correspondiente a cada disminución de 1 dB.

Anotar en la tabla siguiente las lecturas necesarias para trazar el patrón de radiación.

Deslizar la antena receptora de 0° hasta - 90° y simultáneamente medir la atenuación correspondiente en el indicador de V.S.W.R.

Medir el ángulo correspondiente a cada disminución de 1 dB.

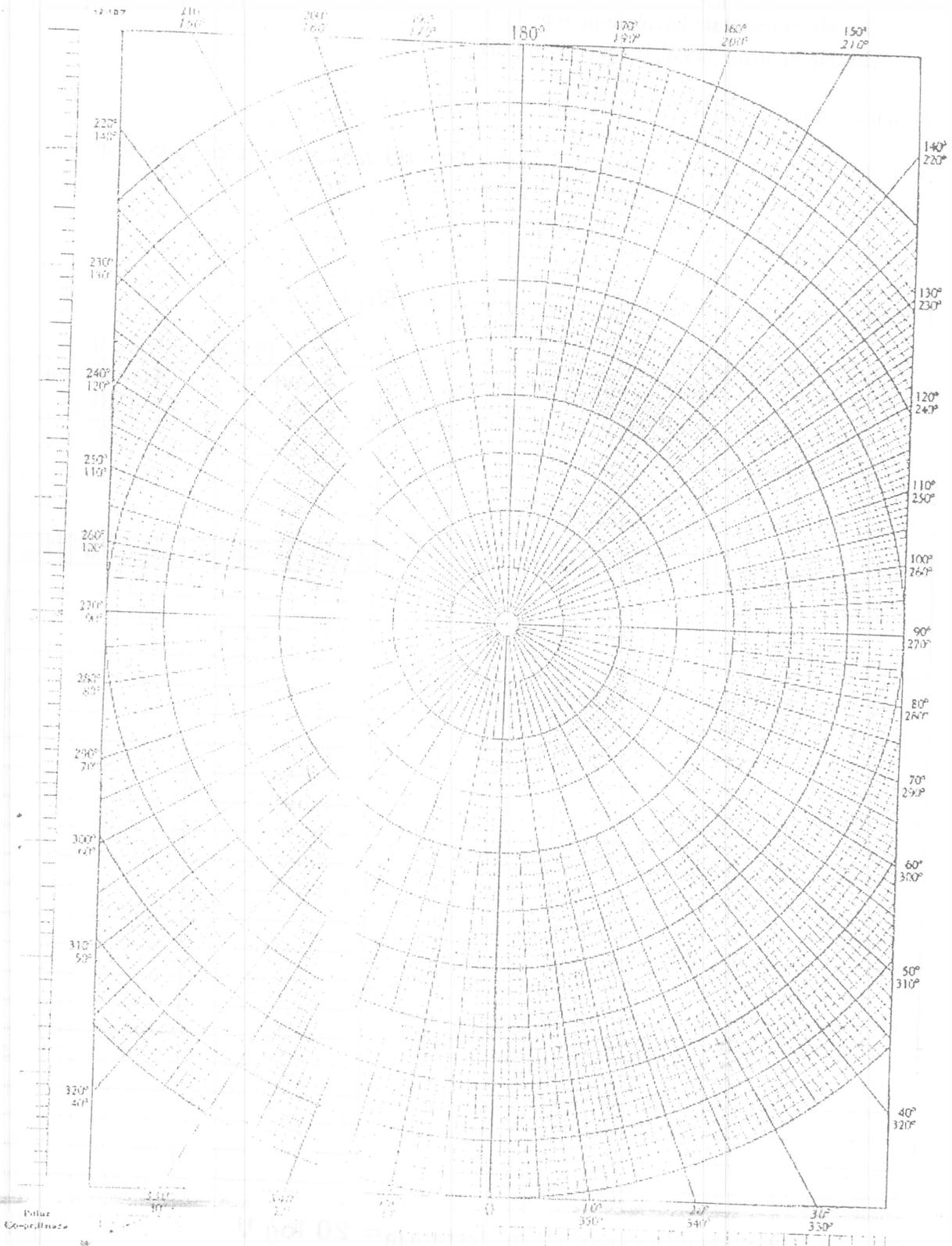
Anotar en la tabla siguiente las lecturas necesarias para trazar el patrón de radiación.

Dibujar el patrón POLAR de radiación.

Escala radial : línea, magnitud en [ dB ] ó en [ V ].

Escala angular : en [ ° ].







DESARROLLO

**EXPERIMENTO 2**

**Medir la ganancia del reflector parabólico alimentado por una corneta**

DIAGRAMA DE CONEXIONES

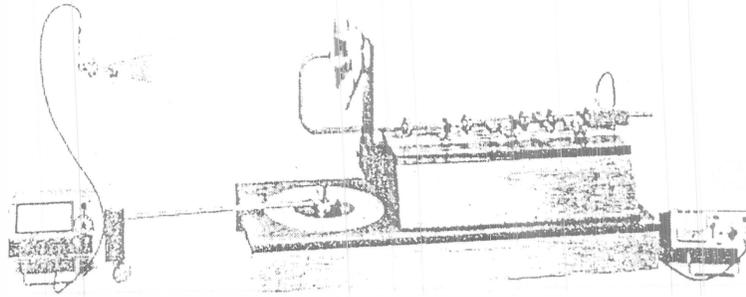


Diagrama 1 Antena de Prueba

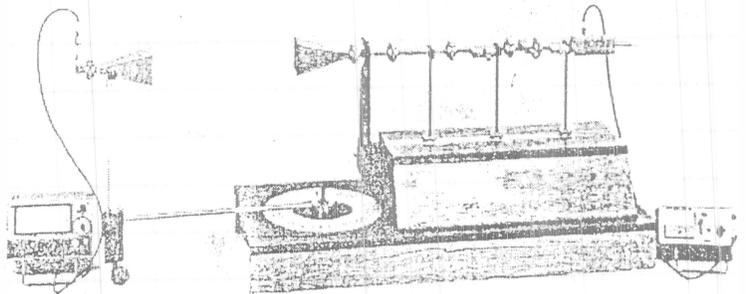


Diagrama 2 Antena Patrón

PROCEDIMIENTO

Según el diagrama 1 , Antena de Prueba.

Colocar la antena transmisora frente a la receptora (en línea de vista).

Medir la atenuación en ese punto máximo de radiación (lectura 1).

Apagar el equipo.

Cambiar la antena

Según el Diagrama 2 , Antena Patrón.

Colocar la antena transmisora frente a la receptora (en línea de vista) a 0°

Medir la atenuación en ese punto máximo de radiación (lectura 2).

Anotar los datos en la table siguiente :

Antena	Atenuación [ dB ]	Ganancia [ dB ]
Prueba	lectura 1 =	G prueba
Patrón	lectura 2 =	17.2
	lectura 1 - lectura 2 =	



## NOTAS

# ***ANTENAS PARA LA BANDA $Ka$***

**PRACTICA #**  
**EQUIPO BANDA Ka**

## **INVESTIGACIÓN DE LAS ANTENAS RANURADAS**

### **INTRODUCCIÓN TEÓRICA**

La antena ranurada se representa en una ranura estrecha ( $d \ll \lambda$ ) que esta cortada en un plano conductor ( Fig. 1.1). Esta posibilidad de hacer los antenas ranuras en un plano con superficie metálica es muy cómoda para usarlas en las objetos como aviones, cohetes y otros.

En el proceso de calculo los parámetros de la antena ranurada en las superficies curvas se cambian por las superficies planas que tocan tangencialmente a las superficies curvas en el lugar donde la antena esta colocada.

Las dimensiones lineales deben de ser mayor que la longitud de onda. Para el calculo del patrón de la antena ranurada esta puede representarse como un vibrador magnético simétrico en el cual la corriente magnética fluye (Fig.1,2). Cuando  $2a \ll \lambda$ .

La distribución de la corriente electrica a lo longitud del dipolo es senoidal:

$$I^m = I_0 \text{sen}(\beta l) \quad (1.1)$$

donde :

$\beta = 2\pi / \lambda$  es el coeficiente de fase,

$\lambda$  la longitud de onda

El patrón de radiaciones de un vibrador magnético simétrico en el campo lejano es igual del patrón de radiación del dipolo eléctrico:

$$F^m(\theta, \varphi) = \frac{\cos(\beta l \cos \theta) - \cos(\beta l)}{\text{sen } \theta} \quad (1.2)$$

El campo eléctrico en el campo lejano es encontrado por el uso del principio de dualidad intercambiando componentes eléctricas y magnéticas para los campos electromagnéticos del vibrador eléctrico simétrico.

$$H_{\theta} = j \frac{I^m}{2\pi Z_m} F(\theta, \varphi) \frac{\exp(-j\beta r)}{r},$$

$$E_{\varphi} = -H_{\theta} Z_m, \quad (1.3)$$

donde

$Z_m = 120\pi \sqrt{\mu/\epsilon}$  es la impedancia característica del medio,  
 $\epsilon$  es el constante dialéctica del medio,  
 $\mu$  es el permeabilidad magnética del medio.

El conductancia de radiación del dipolo magnético es :

$$G_{\Sigma}^m = R_{\Sigma}^e / Z_m^2,$$

donde

$$R_{\Sigma}^e = \frac{Z_m}{2\pi} \int_0^{\pi} \frac{[\cos(\beta l \cos\theta) - \cos(\beta l)]^2}{\sin\theta} \sin\theta \, d\theta$$

es la resistencia de radiación del dipolo eléctrico.

El conductancia de entrada del dipolo magnético es :

$$G_{ent}^m = Z_{ent}^e / Z_m^2,$$

donde  $Z_{ent}^e$  es la impedancia de entrada del dipolo eléctrico.

El factor de directividad en el plano normal del dipolo magnético se determina por la formula siguiente:

$$D = Z_m (1 - \cos(\beta l)^2) / (\pi R_{\Sigma}^e) \quad (1.4)$$

Es útil poner atención sobre tres tamaños(longitudes) de la antena para el factor de directividad

$2l = \lambda / 2, D = 1.64$  para el dipolo de media longitud de onda;

$2l = \lambda, D = 2.41$  para el dipolo de una longitud de onda;

$2l = 1.23\lambda, D = 3.36$  para el dipolo mayor de una longitud de onda.

En caso de excitación en un solo lado de la ranura sobre un plano infinito la admitancia de entrada, la conductancia de radiación y el factor de directividad se duplican.

Para el dipolo de media onda  $2l = \lambda / 2, l = \lambda / 4$  el patrón de radiación tiene el forma

$$F(\theta, \varphi) = \cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right) / \sin\theta. \quad (1.5)$$

no depende de  $\varphi$ .

En la Fig. 1.3 se muestra el patrón de radiación para el dipolo de media longitud de onda en el espacio libre. Se puede ver que por el eje de dipolo (z) la radiación no existe y la máxima radiación se encuentra en el plano normal al eje del dipolo.

En caso de colocar las antenas ranuradas de tamaños definidos en el plano conductor, la difracción del campo electromagnético sobre la frontera de plano conductor influye en el patrón de radiación de la antena

En el plano del vector  $H -$  (el plano de ranura) la radiación a lo largo de la ranura es igual cero y por eso la difracción en la frontera del plano no influye mucho en el patrón de radiación de la antena.

En caso de radiación frontal en el semiplano frontal, coincide con el patrón de radiación para la ranura en el plano infinito. En el semiplano posterior hay un pequeño lóbulo.

En el plano del vector  $E -$  (en el plano normal al plano y al eje de la ranura) hay una difracción en la frontera del plano que influye determinantemente en el patrón de radiación (esto depende del tamaño de plano). el resultado de la interferencia de las ondas radiadas por la ranura y por la difracción en la frontera del plano conductor, es que la cantidad de máximos y mínimos de radiación que aparecen patrón de radiación aumentan en forma directamente proporcional tamaño del plano definido.

El plano conductor definido esta delimitado por el diámetro de la ranura circular, el cual debe ser tener como mínimo una longitud de onda.

970727/CY

## 2 DESCRIPCIÓN DE LAS ANTENAS RANURADAS

En la Figura 1.4 se representa la antena ranurada, formada por una ranura estrecha de media onda cortada en la pestaña circular. Se excita por la guía de onda circular posterior la cual se conecta con la guía de onda rectangular por medio de un acoplador. A través de la guía de onda rectangular la antena se conecta con el detector y después al analizador escalar de redes

En la pestaña conductora también hay una ranura de forma circular, la cual tiene una profundidad igual  $\lambda/4$  y se cuanta con tres antenas de diferente diámetro ( 8 , 12 , 16 mm ).

Esta ranura circular sirve para cortar las corrientes de microondas y limitar el tamaño del plano conducto, el cual esta limitado por una ranura circular que tiene una profundidad de  $\lambda/4$  y el grosor debe ser mayor a  $\lambda/2$  .La ranura irradiada debe corresponder con las dimensiones de la guía de onda rectangular,

La antena trabaja en la longitud de onda de 8 mm ( 36.6 GHz ).

970727/CY

### 3 DESARROLLO DE LA PRACTICA

- 3.1. Hacer un estudio completo para investigar los parámetros de las antenas.
- 3.2. Ajustar el equipo para medir la razón de onda estacionaria de las antenas.  
Encender el generador.
- 3.3. Medir la razón de onda estacionaria de las antenas de ranura en el rango de frecuencia y determinar la banda de frecuencia donde las antenas tienen buen acoplamiento.  
Apagar el generador  
Elegir la antena que radia.
- 3.4. Ajustar el equipo para medir el patrón de radiación y la ganancia de las antenas.
- 3.5. Elegir la frecuencia de trabajo en el límite de la banda acoplada. (36.6 GHz)
- 3.6. Determinar la distancia del campo lejano para la antena investigada y la antena que radia.
- 3.7. Fijar la antena de ranura a la guía de onda del detector en el sistema giratorio.  
**ATENCIÓN** : las guías de onda deben coincidir en sus dimensiones internas.  
Encender el generador
- 3.8. Medir el patrón de radiación de la antena en su plano **H** .  
Apagar el generador.
- 3.9. Dar vuelta la antena ranura con la cámara de detector a  $\pi/2$  y fijarla. Dar vuelta a la antena que radia a  $\pi/2$  y fijarla con la guía de onda torsionada.  
Medir el patrón de radiación de la antena en su plano **E**.  
Apagar el generador
- 3.10. Repetir los puntos 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 para cada una de las antenas de ranura.
- 3.11. Por los patrones de radiación determinar los anchos de los haces de las antenas ranura ( nivel -3 dB de su máximo), y el nivel relativo de la radiación de los lóbulos secundarios.
- 3.12. Comparar los resultados experimentales y teóricos y explicar los resultados obtenidos.

970727/CY

**PRACTICA**

**PARA BANDA Ka**

## **INVESTIGACIÓN DE LAS ANTENAS DE APERTURA.**

### CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

Investigar :

### **INTRODUCCIÓN TEÓRICA**

Las antenas de apertura, se refieren a las que tienen correspondencia con el principio de equivalencia. Se puede determinar la superficie  $S$  que forma la radiación direccional. Se extienden más las antenas reflector (particularmente los reflectores parabólicos) también las antenas de corneta y de lentes.

El factor de directividad de la antena de apertura relaciona con la superficie de apertura  $S$  y con la longitud de onda  $\lambda$  por medio de la ecuación general:

$$D = \frac{4\pi S}{\lambda^2} FUS \quad (3.1)$$

donde :

$FUS$  es el factor de uso de la superficie,

siendo :

$$FUS \leq 1$$

el cual depende del tipo de distribución de amplitudes, fases y otros factores.

El ancho de haz (nivel de radiación es igual a menos 3 dB de su máxima) de las antenas de apertura en la superficie normal a la superficie de la apertura es inversamente proporcional al tamaño lineal de la dimensión  $L$  de la corneta en esta superficie (Fig. 3.1.):

$$\Delta\theta = 51^\circ \frac{\lambda}{L} KER \quad (3.2)$$

donde :

$KER$  es el factor de aumento del ancho de haz

siendo :

$KER \geq 1$  el cual depende de la forma de la apertura y el tipo de distribución de la magnitud de la amplitud y fase.

En caso de *distribución homogénea* (Fig. 3.2) el patrón de radiación del radiador lineal (Fig. 3.3) se puede presentar por medio de :

$$F(\theta, \varphi) = \frac{\text{sen } \Psi}{\Psi} \quad (3.3)$$

donde

$\Psi = 0.5 k L (\cos\theta - \xi)$  es la variable angular generalizada;

$k = 2\pi / \lambda$  es el número de onda;

$\xi = c/v$  es el factor de retardo, el cual se caracteriza por medio de la velocidad de fase de la onda excitada ( $v$ ).

Esta función tiene un lóbulo mayor con el ancho del haz por el nivel de 0.707 del máximo (-3dB) igual a  $\Delta\Psi = 2.78$  y la amplitud de los lóbulos laterales disminuye.

En caso de *excitación con la fase homogénea*  $\xi = 0$ , ya que longitud de onda y velocidad de fase infinitas y  $\Psi = 0.5 kL \cos\theta$  existe un régimen de excitación transversal. Para éste régimen de excitación el ancho de haz de la antena se determina por la cantidad de  $\Delta\Psi$  en el nivel igual a 0.707 del máximo y para  $\theta = 90^\circ$  se determina por la formula:

$$\Delta\theta = 51^\circ \frac{\lambda}{L} \quad (3.4)$$

donde :

$$KER = 1$$

La distribución homogénea da la  $FUS = 1$  y el factor de directividad se puede determinar por la formula:

$$D = \frac{4\pi S}{\lambda^2} \quad (3.5)$$

donde :

$S$  es la área de la apertura.

El nivel de los lóbulos secundarios cercanos son iguales a -13.2 dB.

En caso de distribución de amplitud al borde de la superficie de la antena esta dada por la ley :

$$I(z) = 1 + \Delta \cos \frac{2\pi z}{L}; \quad z \leq \frac{L}{2} \quad (3.6)$$

el nivel de los lóbulos laterales disminuyen hasta una magnitud

$$NLS \approx -(13 + 13\Delta + 22\Delta^2) \quad [dB] \quad (3.7)$$

En éste caso el ancho del haz se determina aproximadamente por la fórmula

$$\Delta\theta \approx 51^\circ \frac{L}{\lambda} (1 + 0.636\Delta^2) \quad (3.8)$$

es decir que  $KER = 1 + 0.636\Delta^2$ . La transición de distribución de amplitudes disminuidas por el borde de la apertura el  $FUS$  disminuye hasta una cantidad  $FUS = \frac{1}{(1 + 0.5\Delta^2)}$  y el factor de directividad se determina por la fórmula:

$$D = \frac{4\pi S}{\lambda^2} \cdot \frac{1}{1 + 0.5\Delta^2} \quad (3.9)$$

En la práctica se usan también otras formas de distribución de amplitudes las que disminuyen en los bordes de la superficie de la apertura.

Veamos la influencia de las distorsiones de fase en el patrón de radiación de estas antenas. Las distorsiones de fase con frecuencia se pueden producir por antenas fabricadas con mala precisión en sus dimensiones, estos problemas se estudian en la "Teoría estadística de las antenas".

La distribución de las distorsiones fasicas determinada de excitación  $I(z)$  por la longitud  $L$  de la antena

$$I(z) = |I(z)| \exp(jF(z) - \xi k z) \quad (3.10)$$

donde :

$I(z)$  es la excitación

$F(z)$  es la distribución fasica

y se puede presentar en la forma polinomial

$$F(z) = F_1 \left(\frac{2z}{L}\right) + F_2 \left(\frac{2z}{L}\right)^2 + F_3 \left(\frac{2z}{L}\right)^3 \quad (3.11)$$

Las distorsiones lineales de la distribución del fase  $F_1$  cambian la cantidad del factor de retardo  $\xi_{\text{veq}}$  que pone en inclinación el haz en el espacio por ángulo

$$\delta\theta = \Delta\theta(-F_1/2.78) \quad [\text{Rad}] \quad (3.12)$$

Las distorsiones cuadráticas de la distribución de fase  $F_2$  aumentan el ancho del haz del lóbulo mayor y aumentan los niveles de los mínimos en el patrón de radiación.

En la Fig. 3.4 se presentan las curvas de distorsión de la forma del patrón por los errores fasicos cuadraticos distribuidos de amplitud diferentes, por cambios de relación  $f/d.$ , este tipo de errores de fase se encuentra frecuentemente en las antenas de corneta cortas y antenas parabólicas reflector parabólicos en caso de desplazamiento del alimentador afuera del foco de paraboloides ( defoco)

Las distorsiones fasicas cuadráticas  $F_3$ , se encuentra frecuentemente en las antenas parabólicas en caso de desplazamiento del alimentador al lado del foco del paraboloides que inclina el haz y distorsiona del patrón de radiación.

Las distorsiones fasicas cuadráticas y cúbicas disminuyen el factor de directividad lo que significa que disminuyen el  $FUS$ .

El evaluación del  $FUS$  para las distorsiones fasica cuadráticas ( el defoco) y cúbicos (coma) se puede hacer por las curvas de la Fig. 3.5, aquí  $F_2$  y  $F_3$  son los errores fasicos cuadraticos y cubicas máxima en el final de la antena.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LAS ANTENAS APERTURAS

La antena corneta (Fig. 3.6) se presenta la corneta piramidal que tiene el sección rectangular con aumento en las dimensiones de guía de onda de  $a$  y  $b$  hasta  $a_p$  y  $b_p$ .

Dentro de cavidad la onda  $H_{10}$  se transforma a la onda esférica, la velocidad de fase cual se acerca al velocidad de luz cuando la onda se acerca al superficie de la apertura de la corneta.

Dentro de apertura de la corneta se conserva la estructura de onda electromagnética, Precisamente hay el distribución homogénea por dirección del vector  $\vec{E}$  y hay distribución cosenoidal por dirección del vector  $\vec{H}$ .

La distribución del fase en la apertura se obedece a la ley cuadratica . Si aumentar los dimensiones de la apertura  $a_p$  y  $b_p$  cuando la longitud de antena  $l$  es constante , el factor de directividad se aumenta primero conforme aumenta la longitud eléctrica de la apertura y después disminuye debido de los errores fasicos.

El máximo factor de directividad se recibe cuando los errores fasico en la frontera de la apertura son iguales a  $F_2 = 135^\circ$  en la dirección del vector  $\vec{H}$  y  $F_2 = 90^\circ$  en la dirección del vector  $\vec{E}$  , Esta antena corneta se llama corneta optima.

En la Fig. 3.6 se dan las dimensiones de una antena piramidal para longitud de onda  $\lambda = 8 \text{ mm}$ .

Las dimensiones y características de la corneta piramidal se puede determinar aproximadamente por las fórmulas :

$$a_p = \sqrt{3\lambda l} \quad b_p = \sqrt{2\lambda l}$$

$$FUS \approx 0.52$$

$$D = \frac{4\pi a_p b_p}{\lambda^2}$$

$$FUS \approx 16 \frac{l}{\lambda}$$

$$D(\text{dB}) \approx (12 + 10 \lg \frac{l}{\lambda})$$

$$\Delta\theta_E \approx 3^\circ \frac{\lambda}{b_p} \quad ; \quad \Delta\theta_H = 80^\circ \frac{\lambda}{a_p} \quad (3.13)$$

La eficiencia de la corneta piramidal es cercana a 1 y la ganancia es igual al factor de directividad.

En esta laboratorio la antena de corneta piramidal se puede usar para medir la ganancia de otras antenas por el método de sustitución.

La antena tipo corneta cónica ( Fig. 3.7) se hace por extensión del porte abierto de la guía de onda cilíndrica que se excita por el tipo de onda  $H_{11}$ . El radiación de la antena tipo corneta cilíndrica es muy parecida al radiación de la corneta piramidal. Las dimensiones óptimas de la corneta cilíndrica se pueden presentar como promedio entre las dimensiones de la corneta piramidal optima en el dirección de los vectores  $\vec{E}$  y  $\vec{H}$ .

Las dimensiones óptima y las características de las cornetas cónicas se puede determinar en forma aproximada por las fórmulas siguientes:

$$d_{opt} \approx \sqrt{2.8 \lambda l} , FUS \approx 0.52$$
$$\Delta\theta_E \approx 60^\circ \lambda/d , \Delta\theta_H \approx 70^\circ \lambda/d$$
(3.14)

donde

$d_{opt}$  es el diámetro optima;

$\lambda$  es la longitud de onda ;

$l$  es la longitud de la corneta.

En la figura 3.8 la antena de reflector parabólico se representa como un paraboloide de revolución, en el foco cual se coloca el alimentador con menor directividad, el cual se excita por la guía de onda cilíndrica que se conecta con un adaptador con la guía de onda rectangular.

En la apertura del paraboloide se forma el campo electromagnético enfase con la distribución de amplitudes que disminuyen en los extremos del reflector de la antena.

En la antena con reflector optimo, el nivel de amplitud, en los extremos del reflector, es igual a 0.33 de su máximo (- 10dB).

El cantidad de  $FUS$  del sistema completo se 0.83 ; El ancho del haz se puede evaluar por la formula :

$$\Delta\theta = [65, 70]^\circ \frac{\lambda}{d}$$
(3.15)

donde

$d$  es el diámetro del reflector

$\lambda$  es la longitud de la onda.

El factor de directividad de las antenas de reflector se pueden evaluar por la formula 3.1 teniendo en consideración el  $FUS$  de todo el sistema .



### 3. DESARROLLO DE LA PRACTICA

- 3.1. Hacer un estudio completo para investigar los parámetros de las antenas.
- 3.2. Ajustar el equipo para medir la razón de onda estacionaria de las antenas.  
Encender el generador.
- 3.3. Medir la razón de onda estacionaria de las antenas de apertura en el rango de frecuencia y determinar la banda de frecuencia donde las antenas tienen buen acoplamiento.  
Apagar el generador .  
Elegir la antena que radia.
- 3.4. Ajustar el equipo para medir el patrón de radiación y la ganancia de las antenas.
- 3.5. Elegir la frecuencia de trabajo en el límite de la banda acoplada.(36.6 GHz)
- 3.6. Determinar la distancia del campo lejano para la antena investigada y la antena que radia.
- 3.7. Fijar la antena de apertura a la guía de onda del detector en el sistema giratorio.  
**ATENCIÓN** : las guías de onda debe de coincidir en sus dimensiones internas.  
Encender el generador
- 3.8. Medir el patrón de radiación de la antena en su plano **H** .  
Apagar el generador.
- 3.9. Dar vuelta la antena apertura con la cámara de detector a  $\pi/2$  y fijarla. Dar vuelta a la antena que radia a  $\pi/2$  y fijarla con la guía de onda torsionada.  
Medir el patrón de radiación de la antena en su plano **E**.  
Apagar el generador
- 3.10. Repetir los puntos 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 para cada una antena apertura.
- 3.11. Por los patrones de radiación determinar los anchos de los haz de las antenas aperturas ( nivel -3 dB de su máximo). y el nivel relativo del radiación de los lóbulos secundarios.)
- 3.12. Comparar los resultados experimentales y teóricos ( fórmulas 3.2 , 3.13 y 3.14) y explicar los resultados obtenidos.
- 3.13. Valore la ganancia de las antenas cónica y reflector parabólico en relación a la antena piramidal su ganancia se determina por la fórmula 3.12 para el factor de directividad, teniendo en consideración que la eficiencia de dicha antena es igual uno.

G- 612075

CONCLUSIONES

---

---

---

---

---

---

NOTAS

## PRACTICA # EQUIPO EN BANDA Ka ANTENAS DIELECTRICAS

### CUESTIONARIO PREVIO

Definir:

Investigar :

### INTRODUCCIÓN

Las antenas dieléctrica de la figura 2.1, se representa por una barra dieléctrica de forma cilíndrica o rectangular, normalmente, esta antena se excita por una guía de onda rectangular o circular.

Esta antena pertenece a la clase de las antenas de onda de corriente con radiación de eje.

En la barra dieléctrica se usa onda electromagnética básica híbrida,  $H_{11}$ .

Es posible explicar en sistema de radiación como un distribución continua de las corrientes de polarización que esta orientado en paralelo al vector  $\vec{E}$  que se producen en la guía de onda:

$$\vec{j} = \omega \epsilon_0 (\epsilon - 1) \vec{E} \quad (2.1)$$

donde :

$$\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} 10^{-9} \left[ \frac{\text{farad}}{\text{m}} \right] \text{ constante dieléctrica del vacío}$$

Para la barra dieléctrica de forma cilíndrica el factor de retardo de velocidad de fase

$$\xi = \frac{c}{v}$$

siendo

c : velocidad en el vacío

v : velocidad de la antena

Se determina por los dibujos que se presentan en la fig.2.2 donde D es diámetro de la barra dieléctrica, este debe de coincidir con el factor de retardo optimo que depende de la longitud de la antena.

Para la constante dieléctrica  $\xi = 2 \dots 5$ , (siendo  $\xi = \epsilon_r$  relativo), su diámetro es normalmente igual a  $(0.3 \dots 0.5) \lambda$ , con un factor de retardo elegido determinamos la longitud de la antena:

$$L_{opt} = \frac{\lambda}{2(\xi - 1)} \quad (2)$$

El cálculo aproximado del patrón de radiación lo hacemos con la fórmula de antena ideal sin tener en consideración la direccional de los elementos separados de la antena dieléctrica

( D

$$= 4.0, 7.2 \frac{L}{\lambda} \quad (2.5)$$

En las fórmulas 2.4 y 2.5 los números a la izquierda se relacionan con la excitación de la velocidad de fase en el vacío  $\xi = 1$  y los números de la derecha se relacionan con las excitaciones de la velocidad de fase óptima la cual la calculamos como se indica a continuación:

$$\xi_{opt} = 1 + \frac{\lambda}{2L} \quad (2.6)$$

Para bajar la radiación de la conexión de dos guías de onda y mejorar el acoplamiento se usan las antenas dieléctricas con el área de sección variable.

Cambia el cono cuando la longitud esta dada, hacemos que el promedio de velocidad de fase se igual al optimo y después usamos las fórmulas anteriormente citadas.

El calculo para las antenas dieléctricas rectangulares lo podemos hacer utilizando las fórmulas para áreas se sección de las guías de onda iguales.

Los patrones de radiación de las antenas dieléctricas se caracterizan por los niveles de los lóbulos secundarios los cuales son bastante grandes y con la no existencia de ceros entre los lobulos debidos a las perdidas en el dieléctico .

El nivel de lóbulos secundarios se puede bajar introduciendo a las antenas dentro de un cono profundo ,estas complejas antenas se pueden verse como una apertura con distribución de amplitudes no homogéneas. En este caso se pierde la ventaja básica de que las antenas dieléctricas tienen dimensiones pequeñas

## DESCRIPCIÓN DE LAS ANTENAS DIELECTRICAS

La antena dieléctrica (Fig. 2.3) se representa por una barra del dieléctrico de forma rectangular, con dimensiones 7.2 X 3.4 mm y con una longitud en la parte externa igual  $L = 32$  mm.

La antena dieléctrica se excita por un a guía de onda rectangular con dimensiones 7.2 X 3.4 mm Para mejorar el acoplamiento de la antena, se corta en forma piramidal en su parte interna.

El dieléctrico tiene sus parámetros :

$$\epsilon = 2.1$$

$$\tan \delta = 0.00015.$$

En el caso del factor de retardo no es optimo ya que sube el nivel de los lóbulos secundarios y baja la directividad de la antena.

En el caso de disminuir las dimensiones transversales del dieléctrico hasta  $0.3 \lambda$  (fig.2.4) el acoplamiento de la antena se aumenta y el nivel de los lóbulos secundarios se baja .

En la antena dieléctrica compleja dentro del cono de la figura 2.5 el nivel de los lóbulos secundarios bajan y la directividad de la antena aumenta.

### OBJETIVOS

- 

### EQUIPO

- 

### DESARROLLO

1. Hacer un estudio completo para investigar los parámetros de las antenas.
2. Ajustar el equipo para medir la razón de onda estacionaria de las antenas.
3. Encender el generador
4. Medir la razón de onda estacionaria de las antenas de dieléctrica en el rango de frecuencia y determinar la banda de frecuencia donde las antenas tienen buen acoplamiento
5. Apagar el generador
6. Elegir la antena que radia.
7. Ajustar el equipo para medir el patrón de radiación y la ganancia de las antenas
8. Elegir la frecuencia de trabajo en el límite de la banda acoplada.(36.6 GHz).
9. Determinar la distancia del campo lejano para la antena investigada y la antena que radia
10. Fijar la antena de dieléctrica a la guía de onda del detector en el sistema giratorio
11. **ATENCIÓN** : las guías de onda debe de coincidir en sus dimensiones internas.
12. Encender el generador.
13. Medir el patrón de radiación de la antena en su plano H .
14. Apagar el generador.
15. Dar vuelta la antena dieléctrica con la cámara de detector a  $\pi/2$  y fijarla.
16. Dar vuelta a la antena que radia a  $\pi/2$  y fijarla con la guía de onda torsionada
17. Encender el generador
18. Medir el patrón de radiación de la antena en su plano E.
19. Apagar el generador
20. Determine la directividad de la antena por comparación con la antena piramidal

21. *NOTA* usar como transmisora la antena corneta piramidal y como receptora la dieléctrica
22. Repetir los puntos 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11 para cada una antena dieléctrica.
23. Por los patrones de radiación determinar los anchos de los haz de las antenas dieléctricas ( nivel -3 dB de su máximo). y el nivel relativo del radiación de los lóbulos secundarios.
24. Comparar los resultados experimentales y teóricos ( fórmulas 2.4 , 2.5 ) y explicar los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

---

---

---

---

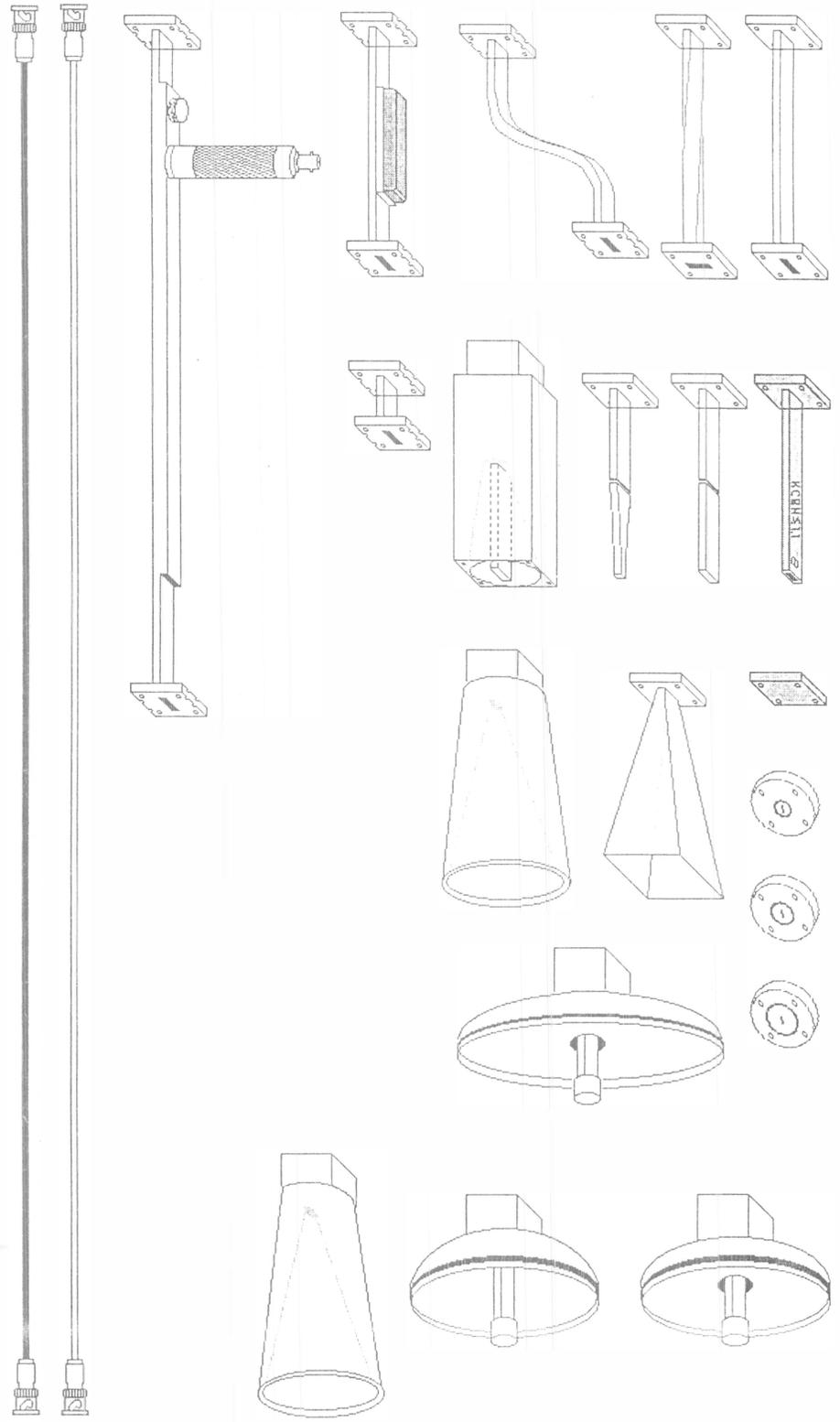
---

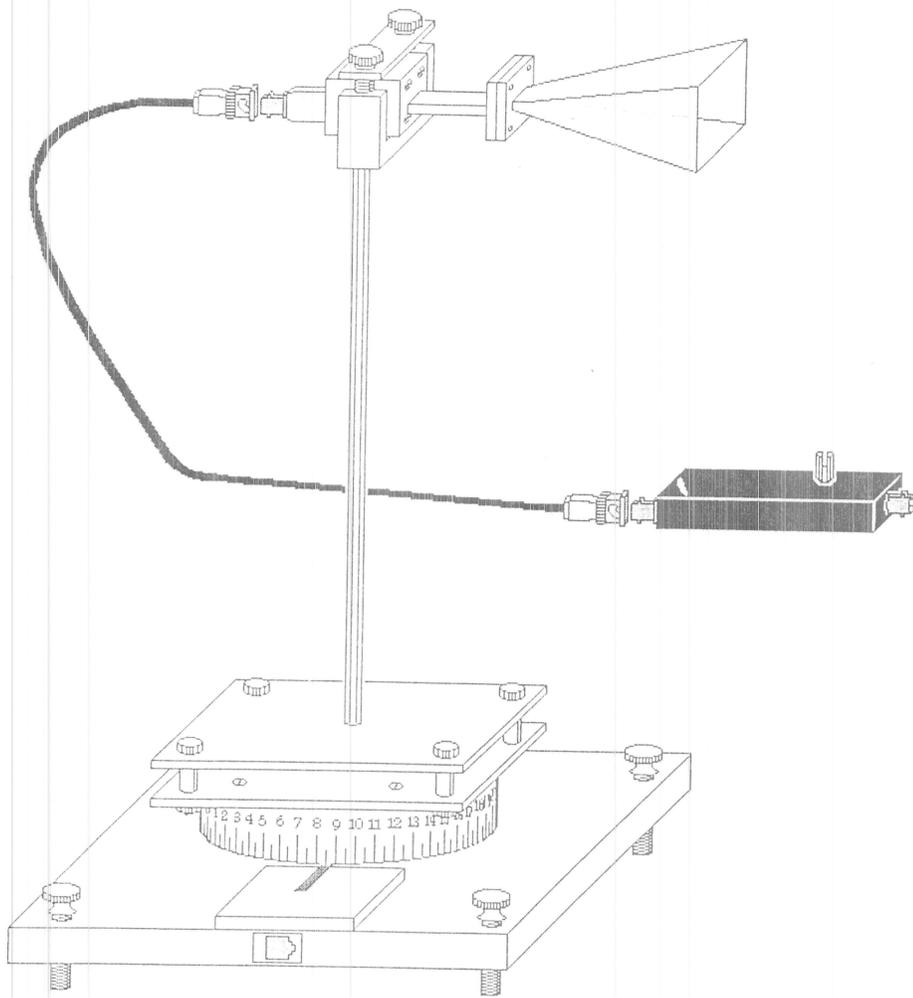
---

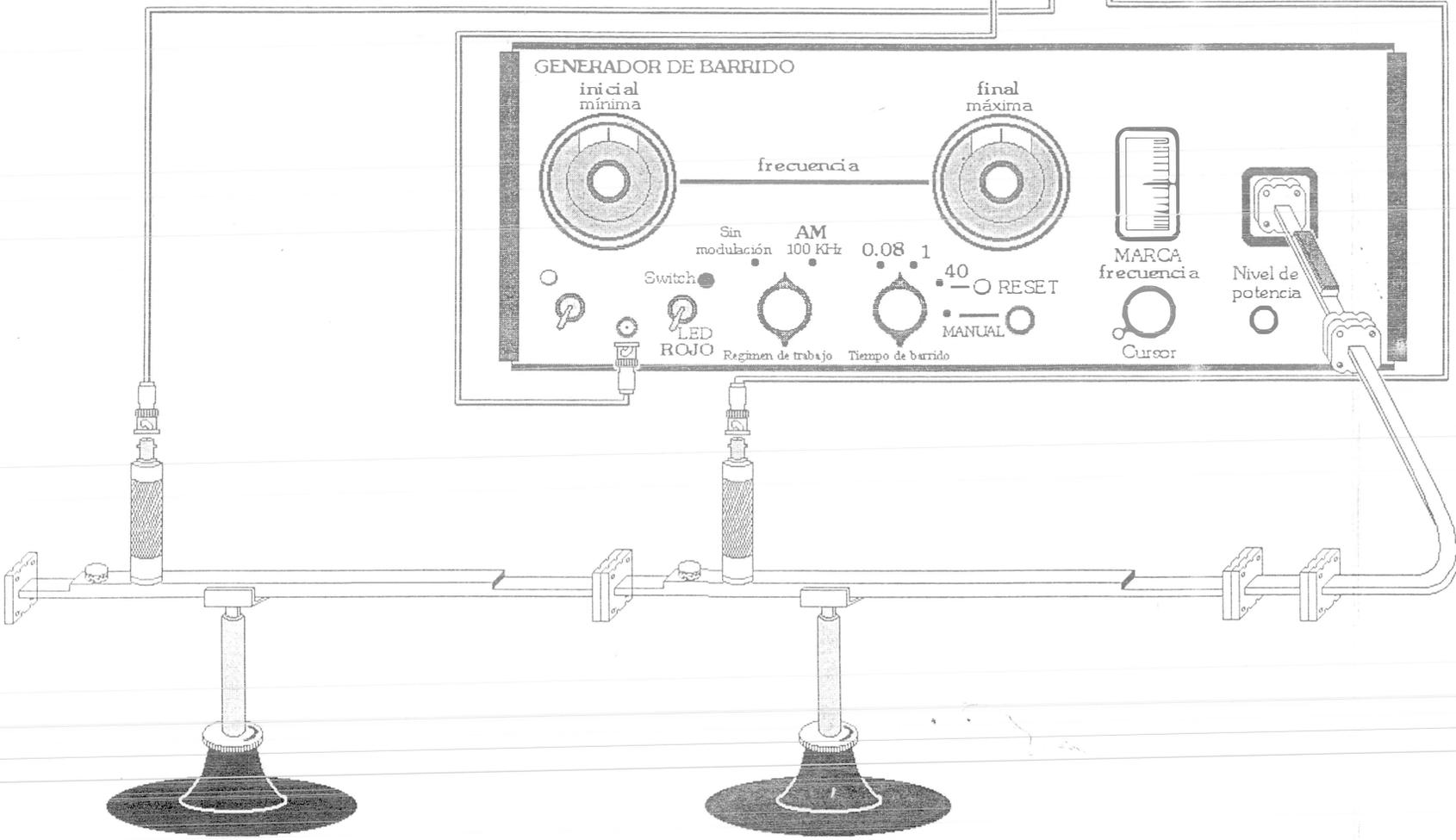
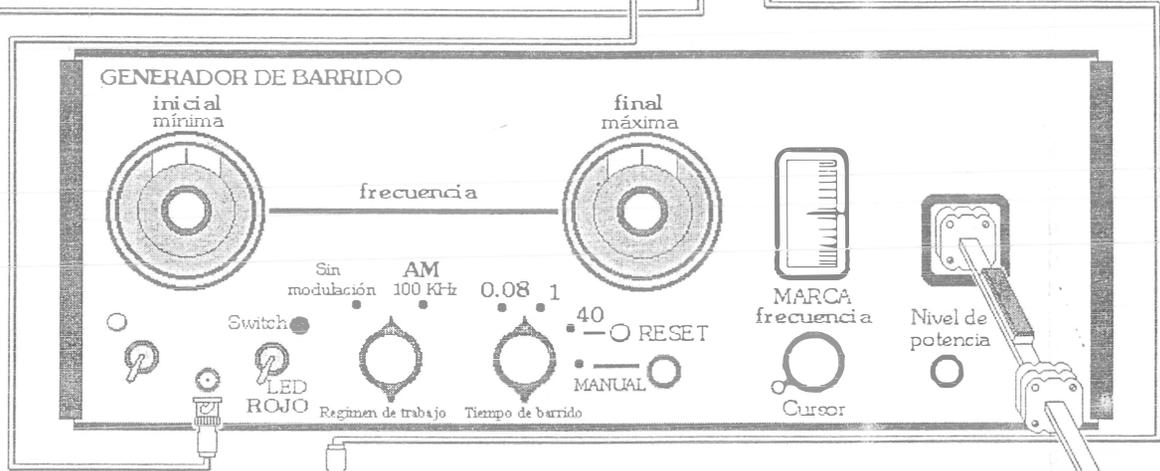
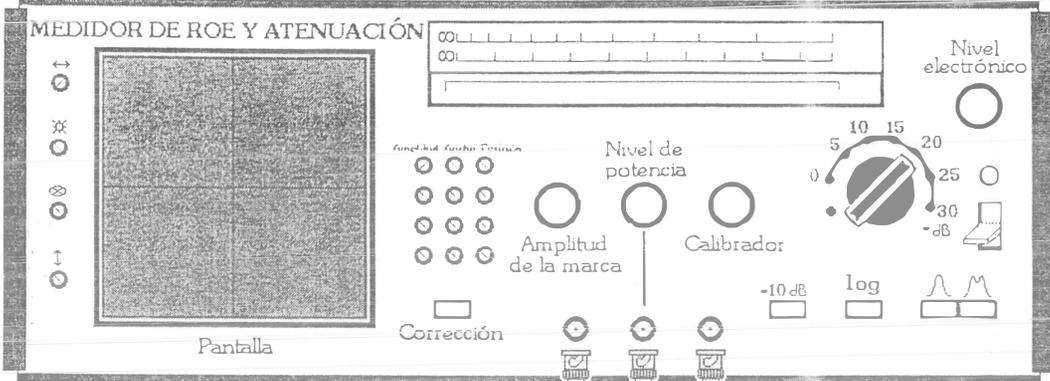
---

---

NOTAS

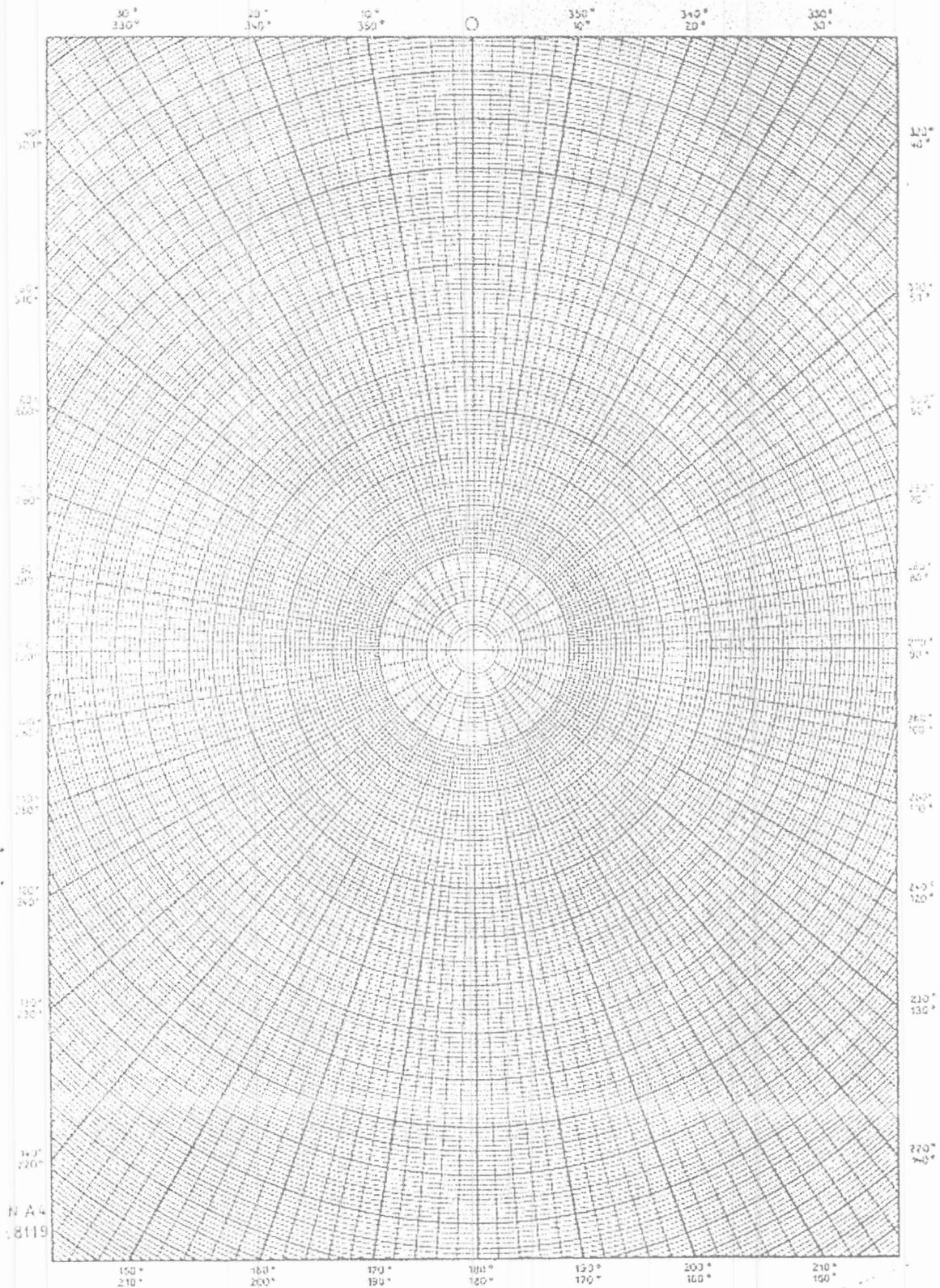






# ***APENDICES***

FACULTAD DE INGENIERÍA - U.N.A.M.  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES  
LABORATORIO DE ANTENAS Y PROPAGACIÓN



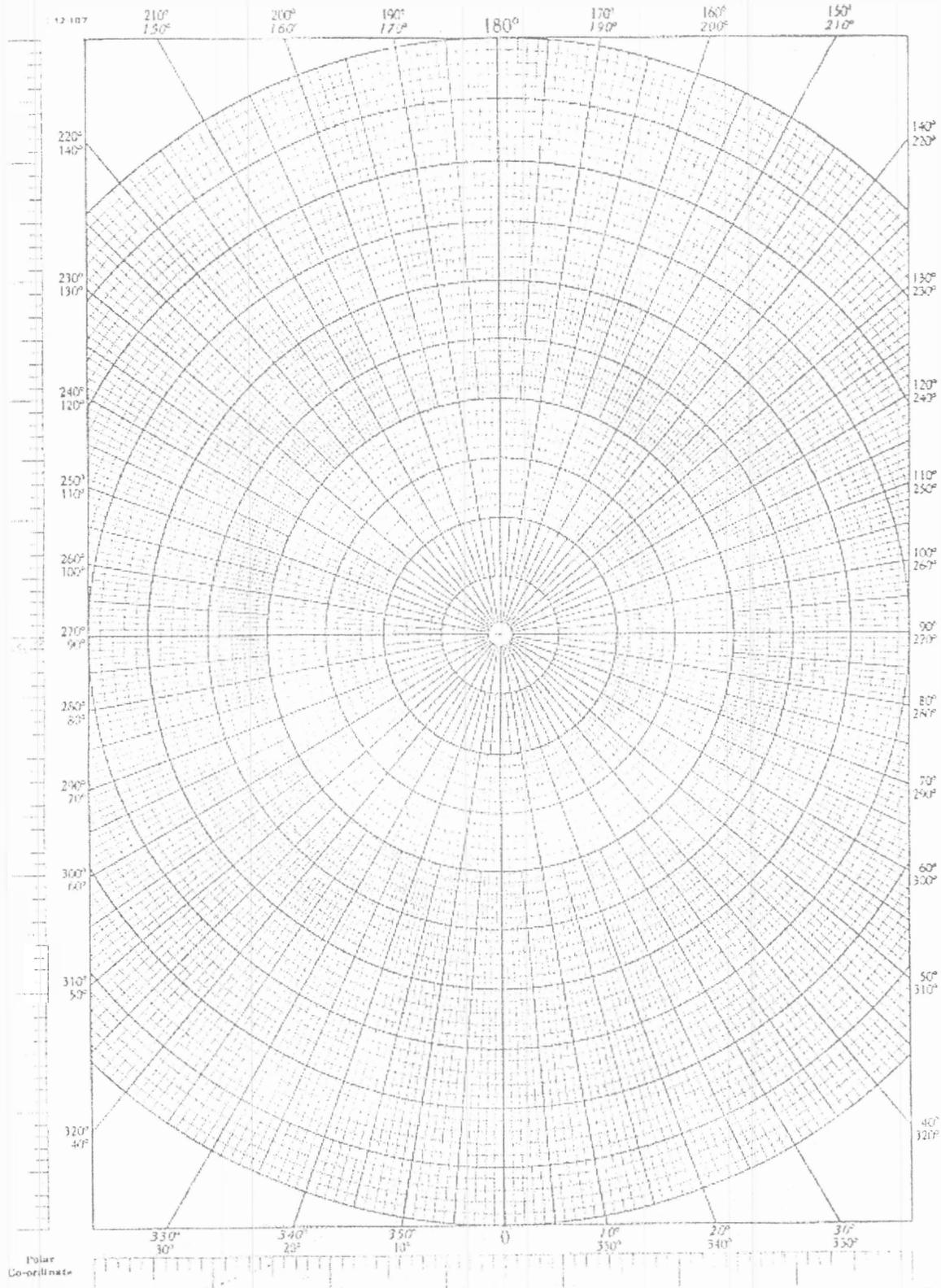
N A 4  
8119

HOJA POLAR

ING. ROSARIO BARRAGÁN PAZ

ING. LETICIA C. ROJAS ANZALDO

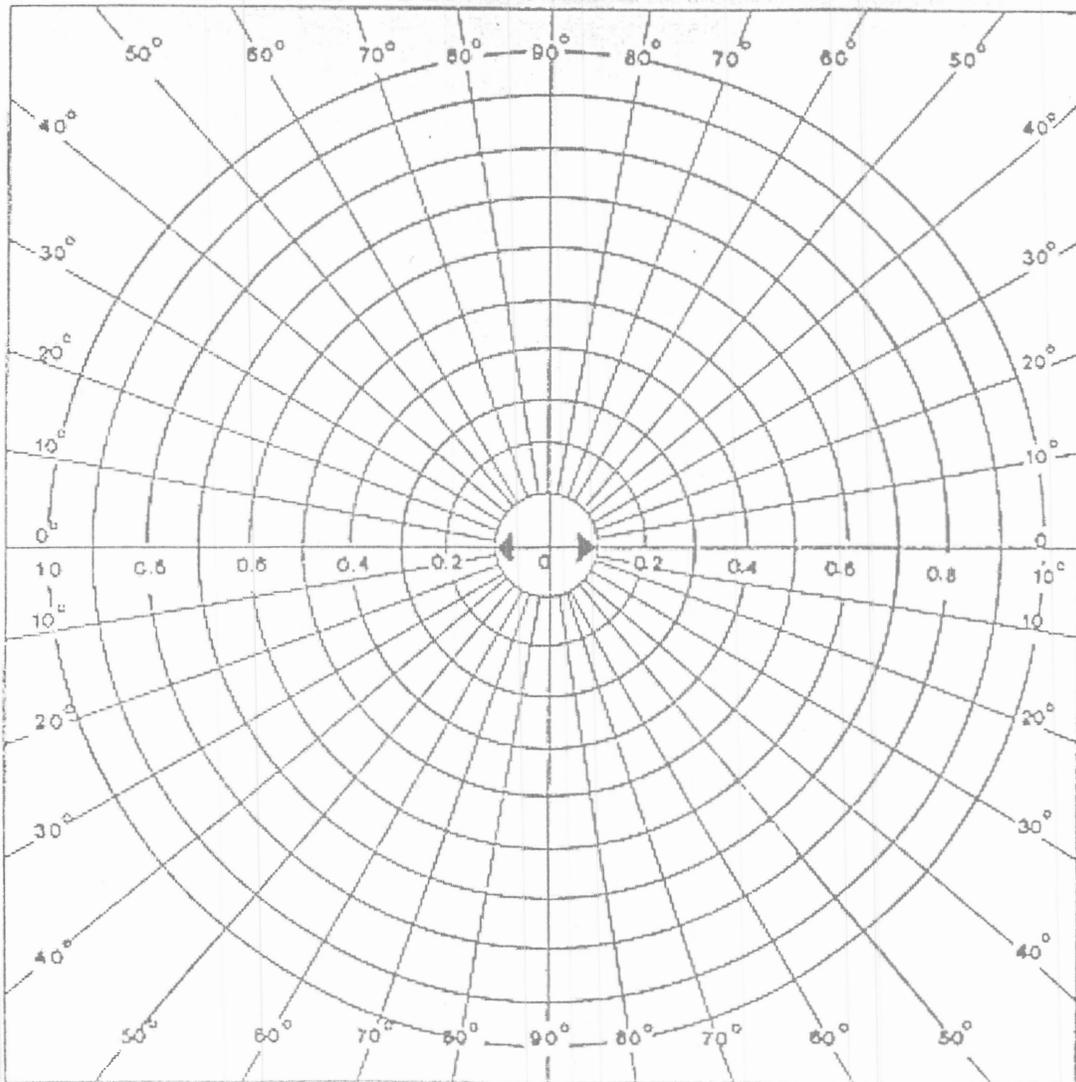
FACULTAD DE INGENIERÍA - U.N.A.M.  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES  
LABORATORIO DE ANTENAS Y PROPAGACIÓN



HOJA POLAR

ING. ROSARIO BARRAGÁN PAZ

ING. LETICIA C. ROJAS ANZALDO



HOJA POLAR

## APÉNDICE A SEGURIDAD PERSONAL Y CUIDADO DEL EQUIPO

### SEGURIDAD PERSONAL

#### MUY IMPORTANTE

- 1) Cuando el equipo, en especial el generador de barrido este funcionando ( encendido el switch de led rojo) esta ***ESTRICTAMENTE PROHIBIDO*** mirar de frente la sección transversal de la guía de onda o a la antena que se encuentre conectada.
- 2) Cada vez que sea necesario cambiar la antena (emisora o receptora) se debe APAGAR únicamente el switch de led rojo del generador de barrido y después cambiar la antena.

### CUIDADO DEL EQUIPO

- 1) El equipo debe encenderse ½ hora antes de realizar la práctica (excepto el switch de led rojo del generador de barrido)
- 2) Cuando la base giratoria se utilice para trazar el patrón de radiación de una antena, se debe polarizar con un voltaje de 2 Volts (máximo 9 Volts)

Conectar:

- borne negro ( - ) fuente
- borne rojo ( + ) fuente
- borne azul nada
- borne verde ( + ) graficador
- borne amarillo ( - ) graficador

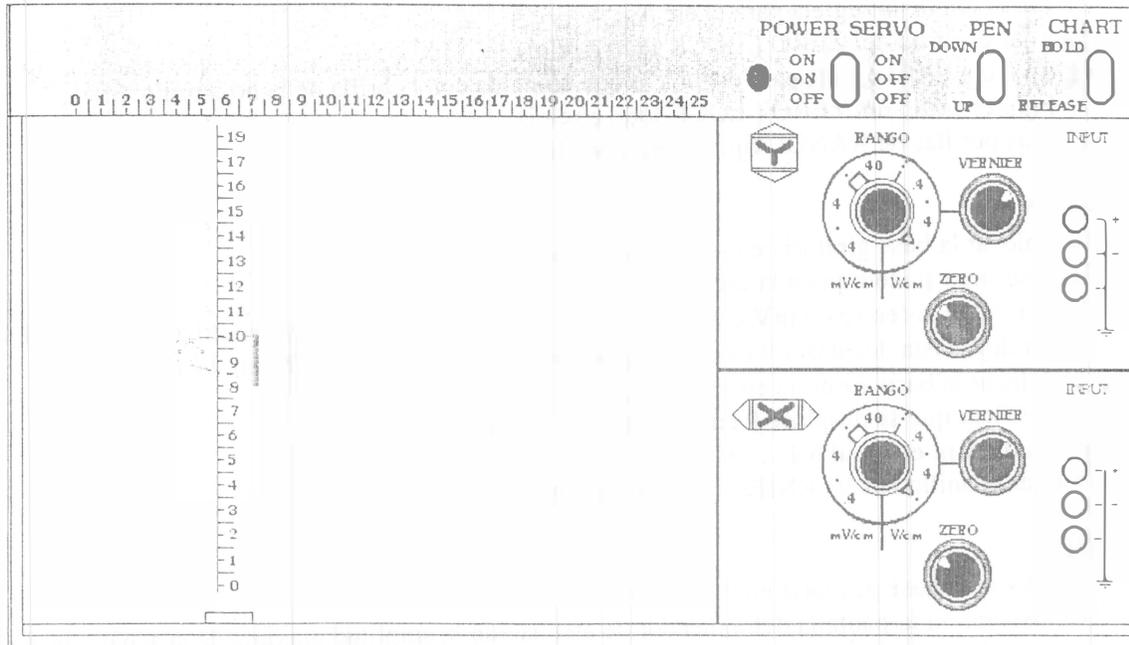
NOTA : De la amplitud de voltaje con que se polarice la base dependerá la sensibilidad de la escala horizontal del graficador.

- 3) cuando se utilice el graficador para trazar el patrón de radiación seguir el apéndice C (Graficador) y tener cuidado que el servomotor no se fuerce en ninguno de los extremos de la página a graficar porque se podría quemar.
- 4) Al terminar la clase todo el EQUIPO utilizado se debe apagar y desconectar :
  - INDICADOR DE SWR Y ATENUACIÓN
  - GENERADOR DE BARRIDO
  - GRAFICADOR
  - FUENTE DE VOLTAJE

## APÉNDICE F GRAFICADOR y PATRÓN DE RADIACIÓN

### EQUIPO

GRAFICADOR  
MODELO : 7035B X-Y RECORDER  
FABRICANTE : HEWLETT PACKARD



### INSTRUCCIONES

Antes de encender el graficador verificar:

**MUY IMPORTANTE**

- POWER OFF, SERVO OFF, PEN UP, CHART RELEASE.
- Colocar la HOJA milimétrica procurando que coincida con la regleta del graficador.
- Colocar la PLUMILLA (no bajarla).

Verificar tanto para el eje X como para el eje Y lo siguiente:

- La perilla de RANGE este al máximo (escala V/cm) (todo a reloj)
- El anillo de las perillas ZERO y VERNIER estén libres (todo a contra-reloj)
- La perilla de ZERO este al mínimo (todo a contra-reloj), después girarla 7 vueltas (a reloj)

NOTA : Así ubicamos el origen de la gráfica aproximadamente en el centro de la hoja.

- La perilla de VERNIER al mínimo (todo a contra-reloj)

NOTA : La perilla de VERNIER únicamente funciona cuando la perilla de RANGE esta en algún • ya que es una escala intermedia entre las dos en que se encuentre.

La perilla de VERNIER al mínimo (todo a contra-reloj) es igual a la escala menor (ejemplo 0.4 V/cm) y al máximo (todo a reloj) es igual a la escala mayor (ejemplo 4 V/cm).

### PARA GRAFICAR EL PATRÓN DE RADIACIÓN

- 1) Polarizar la base giratoria con 2 Volts.
- 2) Colocar la base giratoria en  $0^\circ$  ( $=0$  cm), es decir las dos antenas en línea de vista.
- 3) Encender el graficador POWER ON, SERVO ON.

Con las perillas de ZERO fijar el origen de la gráfica :

- 4) En 13 cm de la regleta para el eje X,
  - 5) Fijar el anillo del ZERO ( LOCK todo a reloj),
  - 6) En 0 cm de la regleta para el eje Y o que coincida con la orilla de la hoja milimétrica,
  - 7) Fijar el anillo del ZERO ( LOCK todo a reloj),
- Con las perillas de RANGE fijar las escalas de la gráfica :

#### EJE X

- 1) Colocar la base giratoria en  $-90^\circ$  ( $=27$  cm),
- 2) Disminuir poco a poco la escala.  
Existen 5 pasos (entre 40 mV/cm y 4 V/cm) nos encontramos en escala • Utilizamos el VERNIER (a reloj) hasta desplazar 9 cm a la izquierda del cero (para tener  $90^\circ$  en 9 cm).
- 3) Colocar la base giratoria en  $+90^\circ$  ( $=9$  cm).
- 4) Verificar que se desplace 9 cm a la derecha del cero.  
Así, cada mm es igual a  $1^\circ$ .
- 5) Fijar el anillo del VERNIER ( LOCK todo a reloj)

#### EJE Y

- 1) Colocar la base giratoria en  $0^\circ$  ( $=0$  cm)
  - 2) Observar en la pantalla del indicador de atenuación la amplitud máxima de la señal (ajustar la perilla de 0 a  $-30$  dB evitando que la señal salga de la pantalla)
- NOTA : Girar la base giratoria suavemente alrededor de  $0^\circ$ , debido a que en ocasiones el máximo no está en  $0^\circ$ .
- 3) Disminuir poco a poco la escala.

**IMPORTANTE : Evitar que el servomotor se fuerce en algún extremo de la hoja .**  
Se recomienda elegir una escala de • para utilizar la perilla de VERNIER y lograr una gráfica con la máxima amplitud dentro de la hoja.

### PARA TRAZAR EL PATRÓN DE RADIACIÓN

- Apagar el Graficador POWER OFF, SERVO OFF  
Colocar la base giratoria a  $-90^\circ$  ( $=27$  cm)  
Encender el graficador POWER ON SERVO ON  
CHART HOLD, PEN DOWN  
Girar suavemente la base desde  $-90^\circ$  a  $+90^\circ$

**IMPORTANTE : Si se cambia de antena se recomienda verificar o elegir nuevamente la escala vertical, ya que las antenas cuentan con diferente ganancia.**

## BIBLIOGRAFÍA

BALANIS, C.A.  
"Antenna Theory Analysis and Design"  
Harper and Row, 1982.

KRAUS, John D.  
"Antennas"  
Mc. Graw Hill, 1988.

ELLIOT, R.S.  
"Antenna Theory and Design"  
Prentice Hall, 1987.

COLLIN, R..E.  
"Antennas and Radiowave Propagation"  
Mc. Graw Hill, 1985

MILLIGAN, Tomas A.  
"Modern Antenna Design"  
Mc. Graw Hill, 1985

WEEKS, Walter L.  
"Antenna Engineering"  
Mc. Graw Hill, 1986.

JORDAN, E.C. & BALMAIN, K. G.  
"Electromagnetic Waves and Radiating Systems"  
Prentice Hall, 1968.

CHENG, David K.  
"Fundamentos de electromagnetismo para ingenieros".  
Adisson Wesley

---

BIBLIOGRAFÍA