

45
25 con

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA



**“ PROPIEDADES DE RADIACION DE ANTENAS
PARABOLICO - CILINDRICAS
DE
REJILLA ”**

Tesis Profesional

**Que para obtener el Título de
Ingeniero Mecánico Electricista
P r e s e n t a**

ANA VIOLETA FERNANDEZ REYNA

México, D. F.

1985



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

"INDICE"

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1	Introducción.	1
1.2	Características eléctricas de las antenas.	4
1.3	Plan de tesis.	12

CAPITULO 2

DESCRIPCION DEL METODO DE MOMENTOS

2.1	Características generales del método de momentos.	14
2.2	Impedancia de entrada.	23
2.3	Análisis de los campos de radiación.	23

CAPITULO 3

ANALISIS DE LA ANTENA PARABOLICO CILINDRICA DE REJILLA POR EL METODO DE MOMENTOS

3.1	Modelo matemático de la antena parabólico-cilíndrica de rejilla.	27
3.1.1	Espaciamiento de los tubos sobre la curva parabólica.	30
3.2	Análisis por el Método de Momentos.	31
3.2.1	Segmentación.	31
3.2.2	Cálculo de las impedancias propias y mutuas.	33
3.2.3	Cálculo del vector de voltajes.	33
3.2.4	Impedancia de entrada.	34

3.2.5 Campo de radiación de la antena parabólico-cilíndrica de rejilla.	35
----------------------------------------------------------------------------	----

CAPITULO 4

EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE UN MODELO REAL

4.1 Modelado geométrico.	39
4.2 Medición de la antena real.	40
4.2.1 Medición del ancho de banda.	40
4.2.2 Medición de la impedancia de entrada.	42
4.2.3 Medición de los campos de radiación.	47

CAPITULO 5

RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Resultados teóricos.	52
5.2 Resultados prácticos.	58
5.3 Comparación de los resultados.	62
5.4 Conclusiones y comentarios.	66

APENDICE A

PROGRAMAS DESARROLLADOS

REFERENCIAS

"CAPITULO 1"

"INTRODUCCION"

1.1 Introducción.

En la actualidad los sistemas de radio tiene una gran importancia debido a la cantidad y calidad de los canales de comunicación que proporcionan. Dentro de estos sistemas, uno de los elementos más importantes es la antena, la cual puede ser de diversos tipos dependiendo del servicio que se proporcione en las diferentes bandas de frecuencia. Los diferentes servicios proporcionados por los sistemas de radio, así como las bandas de frecuencia a las que operan se muestran en la tabla 1.1 de acuerdo con la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) (1).

La figura 1.1 muestra un sistema de radio básico el cual está constituido por el transmisor, el medio de transmisión por el cual la información viaja, y el receptor el cual produce una réplica reconocible de la información

BANDA	SERVICIOS
VLF (very low frequency) Abajo de 30KHz	Radionavegación (radiofaros), comunicación marítima.
LF (low frequency) 30-300 KHz	Comunicación marítima y aeronáuticos, radiolocalización, radionavegación
MF (medium frequency) 300-3000 KHz	Radidifusión AM (533 a 1600 KHz), radioaficionados, señales de socorro, (490 a 510 KHz)
HF (high frequency) onda corta 3-30 MHz	Radidifusión internacional, comunicaciones a larga distancia, radioaficionados, banda civil, radioastronomía, investigación espacial y facsímil
VHF (very high frequency) 30-300 MHz	Canales de TV 2 al 6 (54 a 88 MHz), canales de TV 7 al 13 (174 a 216 MHz) radiodifusión FM (88 a 108 MHz), telemetría espacial, servicios públicos, comunicaciones móviles, comunicaciones para aviación y navegación, meteorología
UHF (ultra high frequency) 300-3000 MHz	Canales de TV 14 al 82 (470 a 890 MHz), satélites, investigación espacial, radiosondas, radionavegación, servicios públicos, aviación, radioaficionados
SHF (super high frequency) 3-30 GHz	Satélites de comunicación, satélites meteorológicos, radionavegación para satélites, enlaces de microondas, radar, radioastronomía
EHF (extremely high frequency) 30-300 GHz	Investigación espacial, radioastronomía, radiolocalización, experimentación

TABLA 1.1 Servicios que operan en las diferentes bandas de frecuencias

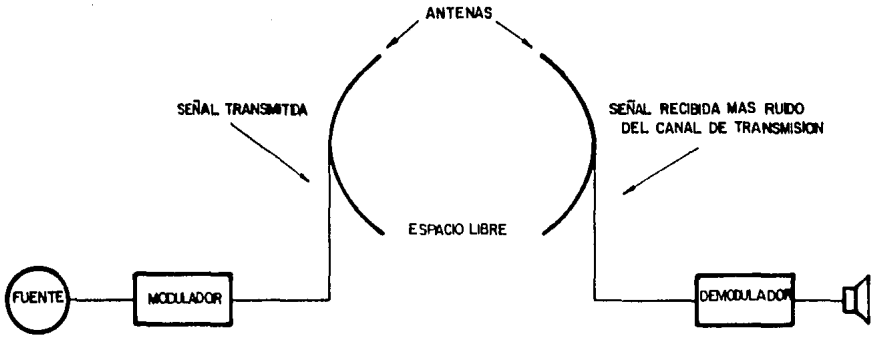


FIGURA 1.1 Sistema de radio básico

que se envía (2). Dentro de estos sistemas de radio, la antena es uno de los componentes más importantes ya que es el dispositivo que acopla al transmisor (o receptor) con el medio de transmisión.

En los últimos años, la demanda de mejores sistemas de radio ha conducido a un incremento en los métodos teóricos y en los modelos analíticos de diseño de antenas. Como consecuencia de esto, los métodos auxiliares de computación utilizados se han visto forzados a aumentar la precisión y sofisticación, haciendo uso de técnicas numéricas para optimizar los diseños.

El proceso de diseño de antenas, comienza con la selección de un tipo general de antena, el cual se sabe por experiencia que es capaz de satisfacer diversas especificaciones de características eléctricas. Entre éstas pueden mencionarse las siguientes: patrón de radiación, ganancia, impedancia de entrada, ancho de banda, polarización, temperatura de ruido, etc.. Como complemento deben aparecer las limitantes prácticas tales como: dimensiones, estructura, peso, material, factor de ambiente y costo.

El trabajo desarrollado en esta tesis, está enfocado a la obtención de las características de radiación de las antenas tipo parabólico-cilíndrica de rejilla que son utilizadas en la banda UHF para transmisión de

radiodifusión, datos, voz, etc., mediante la aplicación del Método de Momentos. Para fines de evaluación, se tomaron como referencia las propiedades de radiación obtenidas de las pruebas realizadas a un modelo práctico, así como las especificaciones dadas por el fabricante.

1.2 Características eléctricas de las antenas. (3),(4),(5)

En esta sección se describen las características eléctricas básicas para cualquier tipo de antena.

- Patrón de Radiación.

El patrón de radiación de una antena representa la distribución espacial de las características del campo electromagnético generado por ésta. Esta distribución puede ser expresada como una función matemática o representada mediante una gráfica; por facilidad, el patrón de radiación puede ser obtenido para el plano horizontal (E) y/o para el plano vertical (H). Para su evaluación es necesario encontrar primero la distancia mínima "R", llamada región del campo lejano, en la cual la distribución angular de campo es esencialmente independiente de la distancia desde un punto específico en la región de la antena y su valor se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{2 \cdot D^2}{\lambda} \quad (1.1)$$

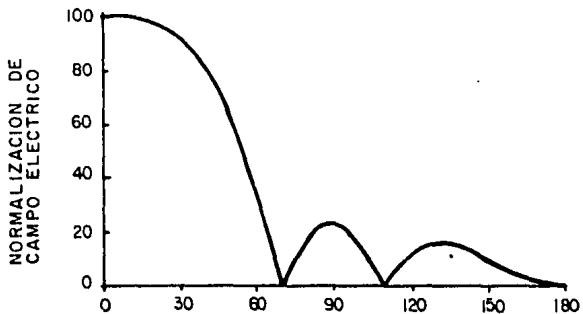
donde "D" es la apertura máxima de la antena y " λ " es la longitud de onda. Si la distancia es menor a "R" el campo electromagnético medido será el inductivo, llamado región de campo cercano.

La figura 1.2 muestra dos formas de graficar el patrón de radiación de una antena, y la figura 1.3 muestra la esfera imaginaria de radio mayor o igual a "R", en donde se mide el campo electromagnético.

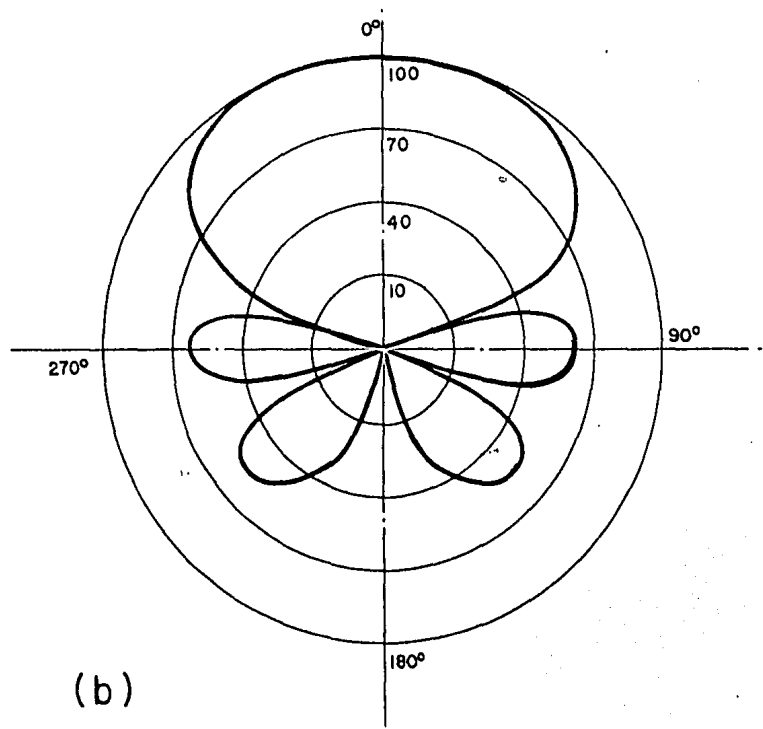
- Reciprocidad.

Por el principio de reciprocidad el patrón de radiación, la directividad, la apertura efectiva y la impedancia de entrada de una antena son los mismos si ésta se encuentra transmitiendo o recibiendo. En general, sin embargo, la distribución de corriente en una antena no es la misma para transmisión que para recepción.

Para demostrar este teorema aplicado a antenas, consideremos dos antenas, 1 y 2, cualesquiera, lineales, pasivas e isotrópicas. Si se tiene conectado un transmisor, con impedancia característica cero y trabajando a una frecuencia "f", en las terminales de la antena 1 produciendo



(a)



(b)

FIGURA 1.2 Formas de graficación del patrón de radiación
 (a) Forma rectangular y (b) Forma polar.

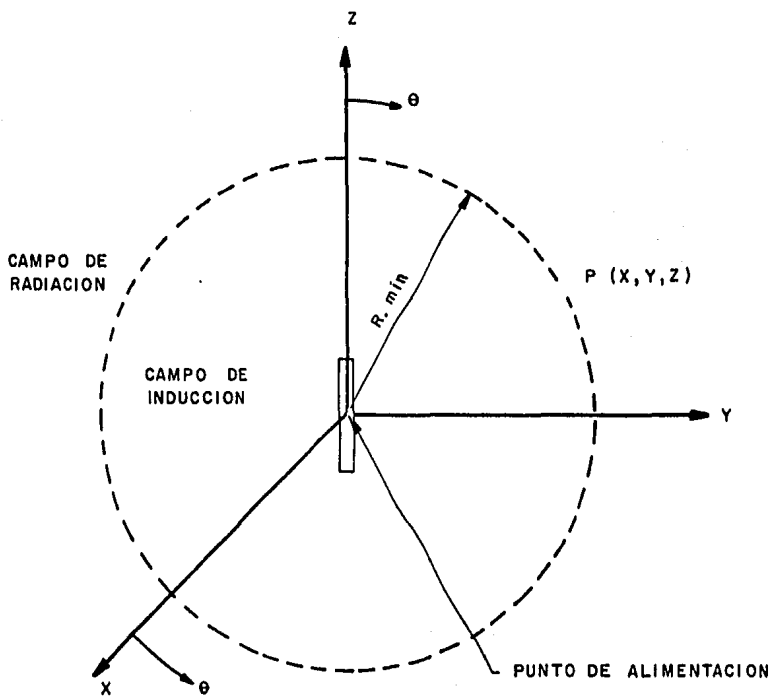


FIGURA 1.3 Sistema de ejes coordenados para calcular el patrón de radiación de una antena.

una corriente " I_1 " se induce un voltaje " V_{21} " en las terminales abiertas de la antena 2 (figura 1.4a). Cambiando el transmisor a las terminales de la antena 2, se produce una corriente " I_2 " e induce un voltaje " V_{12} " en las terminales abiertas de la antena 1 (figura 1.4b).

Puesto que cualquier circuito de cuatro terminales puede ser reducido a un equivalente "T", el arreglo de las dos antenas, figuras 1.4a y 1.4b, puede reemplazarse por el circuito de la figura 1.4c. Para este circuito el teorema de reciprocidad puede ser demostrado de la siguiente forma:

$$\frac{V_{21}}{I_1} = \frac{V_{12}}{I_2} \quad (1.2)$$

lo cual puede ser aplicado a antenas.

- Polarización.

Polarización es la orientación geométrica del vector intensidad de campo eléctrico. Una onda electromagnética está polarizada linealmente cuando el vector de la intensidad del campo eléctrico describe una línea recta encontrándose ésta en un plano normal a la dirección de propagación.

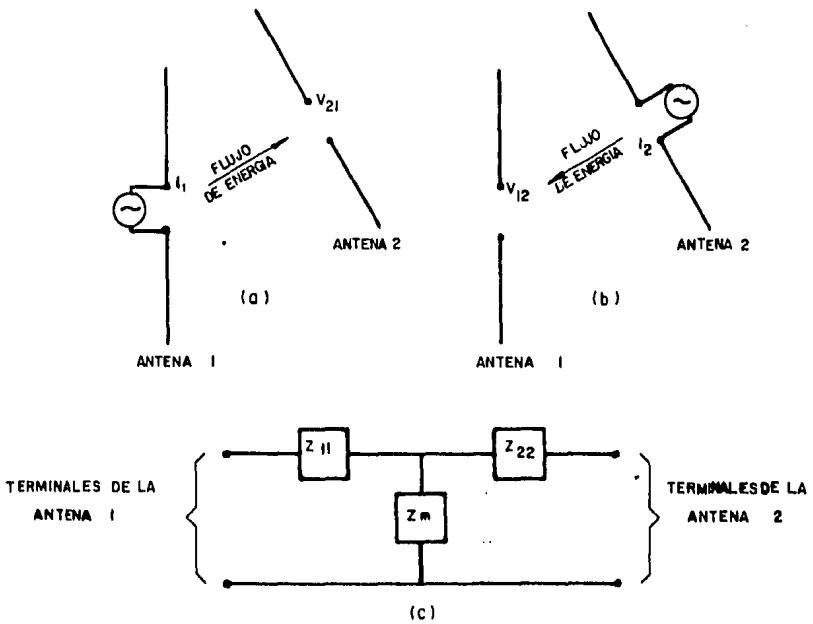


FIGURA 1.4 (a)y(b) Reciprocidad entre dos antenas y
(c) circuito equivalente

Una antena puede tener polarización vertical u horizontal, dependiendo de como se esté radiando el campo eléctrico. Si el vector de campo eléctrico "E" es horizontal con respecto al plano de tierra, entonces las ondas están polarizadas horizontalmente y la antena requerirá polarización horizontal; así mismo, si el vector de campo eléctrico es vertical con respecto al plano de tierra, la polarización de las ondas será vertical y la antena requerirá utilizar éste mismo tipo de orientación de campo. La figura 1.5 muestra estos tipos de polarización.

Existen también otros tipos de polarización como la circular y la elíptica, que son una combinación de la polarización vertical y la horizontal. Estos tipos de polarización son utilizados para propósitos muy específicos como es el caso de algunos sistemas vía satélite.

- Ganancia.

La radiación de energía de una antena puede ser concentrada en una dirección específica, aumentando así su directividad que comúnmente es expresada en términos de ganancia, definiéndose ésta como la razón que existe entre la potencia máxima radiada por la antena bajo análisis y la potencia máxima radiada por una antena de referencia alimentada con la misma potencia que la antena bajo prueba. Esta antena de referencia, que idealmente es un punto

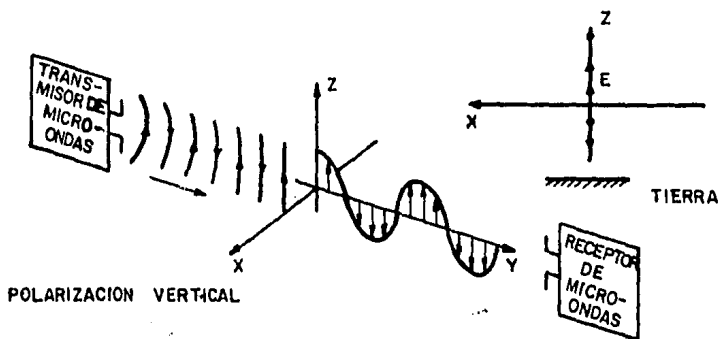
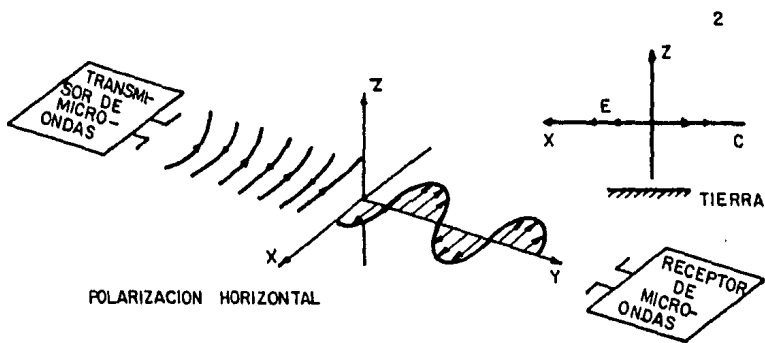


FIGURA 1.5 Principales tipos de polarización

radiante con la misma intensidad de campo electromagnético en todas direcciones, es llamada antena isotrópica.

Si se conoce la intensidad de campo eléctrico en la dirección de máxima radiación, "E_{max}", la densidad de potencia máxima, "P_{max}", producida por la antena bajo análisis se calcula como:

$$P_{\max} = \frac{(E_{\max})^2}{2 \cdot Z_0} \quad (1.3)$$

donde "Z₀" es la impedancia característica del espacio libre e igual a 377 ohms.

La densidad de potencia de la antena de referencia, "Piso", se obtiene en función del valor de la corriente en el punto de alimentación de la antena bajo prueba, "I₀", la parte real de la impedancia de entrada, "Re(Z_{in})", y el radio de la esfera imaginaria, "R", sobre la cual se calculó la intensidad de campo eléctrico y se expresa como:

$$P_{\text{iso}} = \left(\frac{1}{2} I_0^2 \operatorname{Re}(Z_{\text{in}}) \right) / 4 \pi R^2 \quad (1.4)$$

Por lo tanto, empleando las ecuaciones (1.3) y (1.4) la ganancia queda expresada como:

$$G = \frac{4 \pi R^2 E_{\max}^2}{Z_0 I_0^2 \operatorname{Re}(Z_{\text{in}})} \quad (1.5)$$

donde "R" es la distancia de campo lejano, "E_{max}" es el campo máximo radiado, "Z₀" es la impedancia característica del espacio libre, "I₀" es la corriente que fluye en el punto de alimentación y "Re(Z_{in})" es la parte real de la impedancia de entrada.

Por otro lado, la directividad de una antena está definida, para una dirección en particular, como la razón que existe entre la máxima intensidad de campo radiado en esa dirección y la intensidad de campo promedio radiada.

En la definición anterior las pérdidas no están tomadas en consideración por lo que la relación existente entre la ganancia, que toma en cuenta las pérdidas, y la directividad es la eficiencia la cual puede expresarse de la forma siguiente:

$$\eta = \frac{G}{D} \quad (1.6)$$

donde "D" es la directividad y "G" es la ganancia. Si la eficiencia de la antena es igual a "uno", la ganancia y la directividad tienen el mismo valor.

- Impedancia de Entrada.

La impedancia de entrada de una antena está definida como la impedancia que presenta ésta en sus terminales. Su valor es muy importante, ya que de ella depende el acoplamiento de la antena con el sistema de radio.

Este valor de impedancia por lo general es un número complejo, y para medirlo se emplea un medidor de admitancias, basándose en la siguiente expresión:

$$Z = \frac{1}{Y} \quad (1.7)$$

- Ancho de Banda.

El ancho de banda de una antena es el rango de frecuencias en las cuales puede operar satisfactoriamente, teniendo un límite inferior, una frecuencia central y un límite superior. Generalmente la frecuencia de operación es igual a la frecuencia central; en esta frecuencia de operación la antena posee las mejores propiedades de radiación.

Dependiendo de los requerimientos de operación del sistema en el que una antena es usada, el ancho de banda de ésta puede estar limitado por uno o varios factores como: cambio de forma del patrón de radiación o su cambio de

dirección, incremento de los niveles de los lóbulos laterales, pérdidas de ganancia o variación de la impedancia de entrada. Para las antenas, donde todos los factores antes mencionados son importantes, uno de los factores, como la ganancia o la impedancia, puede determinar el límite inferior de frecuencia mientras que otro factor, como el cambio en el patrón de radiación, puede determinar el límite superior de frecuencia.

- Ancho de Haz.

El ancho del haz en la dirección de máxima radiación, α , se define como el ángulo formado entre las rectas que pasan por el origen del sistema de coordenadas que se esté empleando para graficar el patrón de radiación y los puntos en donde la intensidad de campo eléctrico es igual a $0.707 E_{máx}$. Como la radiación puede ser diferente en los planos E y H, los ángulos correspondientes a cada uno son diferentes; la figura 1.6 muestra estos conceptos.

- Relación Frente/Espalda.

Basándose en la figura 1.3 y suponiendo que la máxima radiación ocurre en la dirección positiva de "y", esta relación se define como:

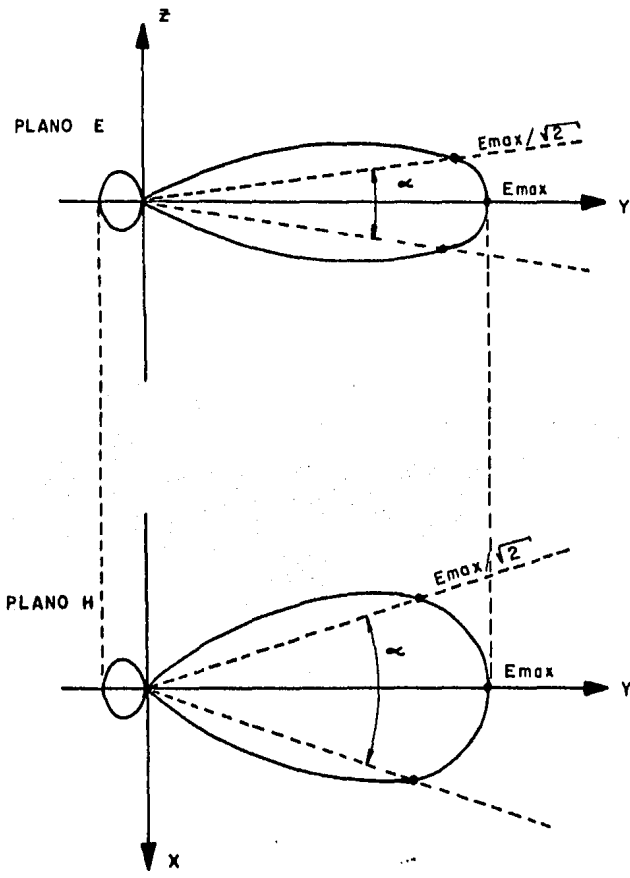


FIGURA I.6 Definición del ancho de haz principal (α)

$$R = \frac{E(\theta=90^\circ, \psi=90^\circ)}{E(\theta=90^\circ, \psi=270^\circ)} \quad (1.8)$$

Con la expresión anterior es posible determinar que tanta energía es radiada hacia el frente, y si la fuga de energía del lóbulo de espalda es muy grande ya que éste puede ser mayor en un momento dado, lo cual será perjudicial y la antena no podría ser utilizada, afectando también a otros sistemas que se encuentren cerca de ella.

1.3 Plan de tesis.

El desarrollo de este trabajo comprende 5 capítulos y un apéndice. En el capítulo 1 se encuentra una introducción así como las definiciones de los principales parámetros eléctricos de las antenas.

El Método de Momentos, es el método seleccionado en esta tesis para analizar las principales características eléctricas de la antena parabólico-cilíndrica de rejilla. La explicación de este método, aplicado a cualquier antena o conductor de forma arbitraria, está contenida en el capítulo 2.

La aplicación del método de momentos en una antena de tipo parabólico-cilíndrica de rejilla se describe en el capítulo 3, en el cual se establecen todas las

consideraciones necesarias para usar el método de momentos sin que se alteren sus principios básicos.

Para poder evaluar los resultados obtenidos de la teoría, es necesario contar con un modelo real y medir sus principales características eléctricas; en el capítulo 4 se encuentran las dimensiones de una antena real así como la forma en que se obtuvieron sus parámetros.

Finalmente, los resultados conclusiones y recomendaciones del presente trabajo se encuentran en el capítulo 5, haciéndose énfasis en la comparación de los resultados teóricos y prácticos obtenidos.

El apéndice contiene los programas desarrollados para la obtención de las propiedades de radiación de la antena tipo parabólico-cilíndrica de rejilla.

"CAPITULO 2"

"DESCRIPCION DEL METODO DE MOMENTOS"

2.1 Características generales del Método de Momentos.

La aplicación del método de momentos, desarrollado por Harrington en 1968 (6), se ha incrementado en los últimos años. Con esta técnica se obtienen resultados más exactos en el cálculo de los valores de los campos cercano de inducción y lejano de radiación que los obtenidos con otros métodos (7). Sin embargo su principal desventaja consiste, en que se requiere un gran tiempo de procesamiento significando esto que en un momento dado sea difícil su aplicación.

La utilización del método de momentos para analizar un conductor de forma arbitraria (8) consiste en dividirlo en un número "N" determinado de segmentos, los cuales pueden o no tener la misma longitud. Cada segmento tiene una

impedancia propia asociada y, además, debido a la proximidad física entre todos los segmentos del conductor, también existe una impedancia mutua entre cada par de segmentos. Por otra parte, al existir un flujo de corriente a lo largo del conductor aparece una diferencia de potencial entre los extremos de cada segmento. La relación entre los voltajes y las corrientes de los segmentos con las impedancias propias y mutuas, se puede representar como:

$$\begin{aligned}
 V_1 &= I_1 Z_{11} + I_2 Z_{12} + \dots + I_N Z_{1N} \\
 V_2 &= I_1 Z_{21} + I_2 Z_{22} + \dots + I_N Z_{2N} \\
 &\vdots \\
 V_N &= I_1 Z_{N1} + I_2 Z_{N2} + \dots + I_N Z_{NN}
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

donde " V_i " es la diferencia de potencial asociada con el segmento " i ", " I_i " es la corriente que fluye en él, " Z_{ii} " es su impedancia propia, y " Z_{ij} " es la impedancia mutua entre los segmentos " i " y " j ".

Cuando se tiene un arreglo de dos o más conductores, se puede también escribir un sistema de ecuaciones simultáneas semejante al anterior.

La ecuación (2.1) se puede representar en forma matricial como:

$$\{V\} = \{Z\} * \{I\}
 \tag{2.2}$$

donde " $\{V\}$ " e " $\{I\}$ " son vectores de " N " elementos y

"{Z}" es una matriz de impedancias, cuadrada de orden "NxN". Si "{V}" y "{Z}" se conocen, es posible encontrar la distribución de corrientes "{I}", y a partir de ella obtener las características de radiación de la antena. A partir de la ecuación (2.2), se tiene que:

$$\{I\} = \{Z\}^{-1} \star \{V\} \quad (2.3)$$

En la figura 2.1 se muestra una sección de un conductor de forma arbitraria. A lo largo de él se indican dos segmentos, denotados por "m" y "n"; es claro que sus longitudes no son necesariamente iguales. Debido a la presencia de una corriente y de cargas eléctricas en el segmento "n", se produce un campo eléctrico " \vec{E} " en la superficie del segmento "m", que induce una diferencia de potencial entre los extremos del mismo. La dependencia de este campo eléctrico con respecto a la corriente del segmento "n" y la distribución de cargas asociada con ella, se puede expresar en función del potencial magnético " \vec{A} " que produce la primera y del potencial eléctrico "V" producido por las segundas. Para el punto específico " \hat{m} ", esta relación resulta ser, de acuerdo con las ecuaciones de Maxwell (9):

$$\vec{E}(\hat{m}) = -j\omega\vec{A}(\hat{m}) - \vec{\nabla}V(\hat{m}) \quad (2.4)$$

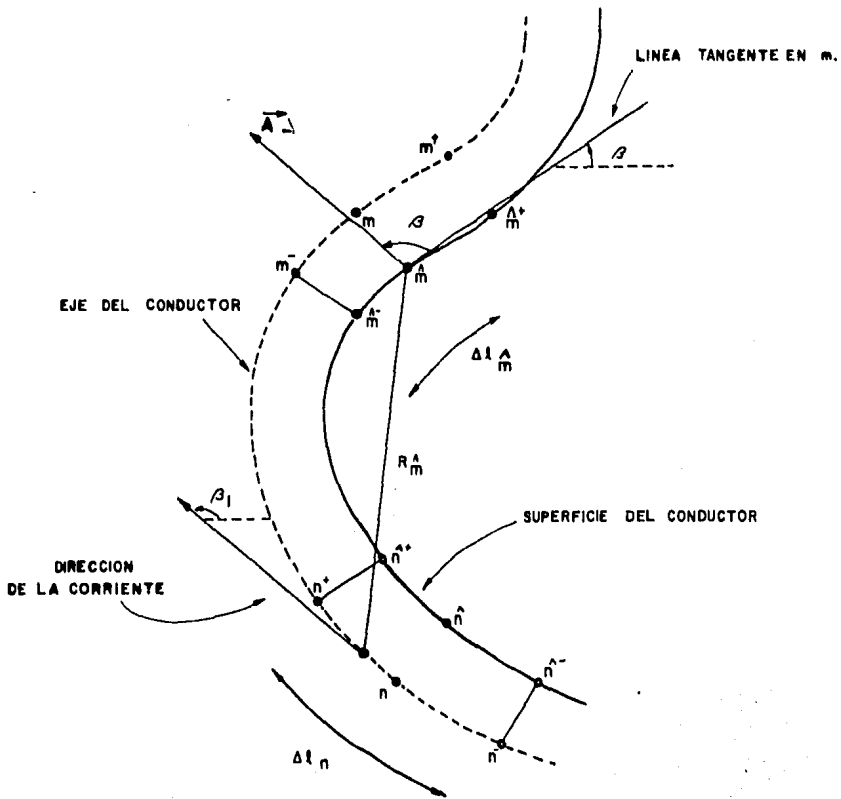


FIGURA 2.1 Conductor de curvatura arbitraria mostrando los segmentos m y n .

Si la longitud del segmento "m" es suficientemente pequeña, se puede considerar que el valor promedio de la intensidad de campo eléctrico producida en cualquier punto de su superficie es igual a la del punto medio "m". Bajo esta consideración, y empleando la ley de Ohm, la impedancia mutua entre los segmentos "m" y "n" se puede evaluar por medio de un producto escalar como:

$$Z_{mn} = \frac{-\vec{E}(\hat{m}) \cdot \Delta \vec{\ell}(\hat{m})}{I_n} \quad (2.5)$$

De acuerdo con el efecto piel, la corriente en un conductor fluye sobre o cerca de la superficie del mismo decreciendo su magnitud exponencialmente hacia el centro del conductor. Sin embargo, existen estudios matemáticos (8) que han demostrado la validez de suponer que, bajo ciertas restricciones, la corriente fluye exclusivamente a lo largo del eje central del conductor; es decir, que se tiene un filamento de corriente en el centro.

El producto escalar de la ecuación (2.5) indica que si " $\Delta \vec{\ell}(\hat{m})$ " se aproxima a una línea recta, entonces es suficiente encontrar la componente tangencial de " $\vec{E}(\hat{m})$ " y efectuar un producto ordinario para encontrar la impedancia mutua " Z_{mn} ". Esto es válido siempre y cuando la longitud de cada segmento sea igual o menor a $\lambda/10$ para que puedan ser considerados como dipolos elementales (dipolos cortos)

en los cuales la corriente que circula es aproximadamente constante en magnitud y fase, siendo λ la longitud de onda de la señal; además, la superficie del segmento no debe tener cambios bruscos de orientación para que se cumpla lo anterior.

Para calcular " $E(\hat{m})$ " con la ecuación (2.4), se requiere obtener inicialmente la componente tangencial de " $A(\hat{m})$ ". En la figura 2.1, esta componente forma un ángulo " β " con " A ", y puede expresarse como (8):

$$A_T(\hat{m}) = \frac{\mu}{4\pi} \int_{\Delta l_n} I_n \cos \beta \frac{e^{-jkR\hat{m}}}{R\hat{m}} dl \quad (2.6)$$

Donde " k " es la constante de propagación, " $R\hat{m}$ " es la distancia al segmento " \hat{m} ", " μ " es la permeabilidad, " I_n " es la corriente de segmento dependiendo del valor que tome " n " y " N " es el número total de segmentos.

Como los segmentos se encuentran considerados como dipolos cortos con corriente de magnitud y fase aproximadamente constantes, la corriente " I_n " de la ecuación (2.6), se puede escribir fuera del símbolo de integración, lo que conduce a aproximar la distribución de corrientes a lo largo del conductor por una distribución escalonada. Esto se ejemplifica en la figura 2.2 para un conductor arbitrario dividido en cinco segmentos iguales y dos semi-segmentos en los extremos. Por convención, la

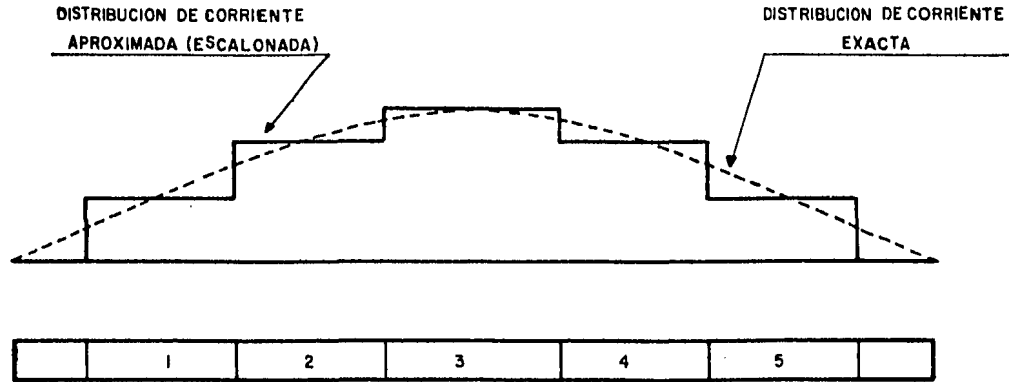


FIGURA 2.2 Conductor recto dividido en cinco segmentos y su distribución escalonada de corriente.

corriente en estos semi-segmentos extremos se asume igual a cero, basados en la teoría de líneas de transmisión, ya que una antena se puede interpretar como una línea terminada en circuito abierto.

Aún cuando la corriente en un segmento específico se considere constante en magnitud y fase, su dirección puede cambiar, por lo que el efecto que ocasiona debe tomarse en cuenta. De ahí que el ángulo " β ", que es función de " l ", debe permanecer en el integrando. La ecuación (2.6) puede reescribirse como:

$$A_T(\hat{m}) = -\frac{I_0}{4\pi} \Delta l_n \int \cos \beta \frac{e^{-jkR\hat{m}}}{R\hat{m}} dl \quad (2.7)$$

ó

$$A_T(\hat{m}) = -\frac{I_0}{4\pi} \Delta l_n \text{In } \psi(n, \hat{m}) \quad (2.8)$$

en donde

$$\psi(n, \hat{m}) = \frac{1}{\Delta l_n} \int \cos \beta \frac{e^{-jkR\hat{m}}}{R\hat{m}} dl \quad (2.9)$$

y " k " es la constante de propagación de onda en el espacio libre.

En la ecuación (2.4) también se requiere conocer el gradiente del potencial escalar "V". Para esto, se ha demostrado que un modelo de distribución de cargas eléctricas, como el de la figura 2.3, da resultados prácticos satisfactorios (4,8)

Para una corriente "In" que fluye en el segmento "n", la densidad de carga a lo largo del intervalo { n,n+1} es igual a (In/jw)(1/Δln⁺); de igual manera, la densidad de carga a lo largo del intervalo {n-1,n} es igual a (-In/jw)(1/Δln⁻). El símbolo " Δln⁺" denota la longitud del intervalo que une los puntos medios de los segmentos "n" y "n+1", y el símbolo " Δln⁻" denota la longitud del intervalo limitado por los puntos medios de los segmentos "n-1" y "n".

El potencial escalar "V" producido en los puntos extremos del segmento "m" por un filamento de corriente "In" se puede expresar en cada caso como la suma algebraica de dos integrales:

$$V(m^+) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left\{ \int_{\Delta l_n^-} \frac{I_n}{j\omega \Delta l_n^+} \frac{e^{-jkR_{m+}}}{R_{m+}} dx + \int_{\Delta l_n^+} \frac{I_n}{j\omega \Delta l_n^-} \frac{e^{-jkR_{m+}}}{R_{m+}} dx \right\} \quad (2.10)$$

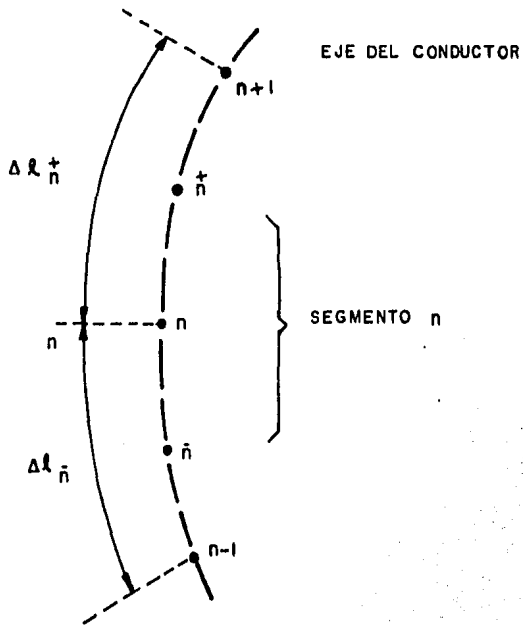


FIGURA 2.3 Modelo de distribución de cargas eléctricas para el segmento n.

$$V(\hat{m}^-) = \frac{1}{4\pi\epsilon} \left\{ \int_{\Delta\ell_{n^+}}^{\Delta\ell_{n^+} + j\omega \Delta\ell_{n^+}} \frac{I_n}{\Delta\ell_{n^+}} x - \frac{e^{-jkR_m^-}}{R_m^-} d\ell - \int_{\Delta\ell_{n^-}}^{\Delta\ell_{n^-} - j\omega \Delta\ell_{n^-}} \frac{I_n}{\Delta\ell_{n^-}} x - \frac{e^{-jkR_m^-}}{R_m^-} d\ell \right\} \quad (2.11)$$

El gradiente del potencial escalar está dado por:

$$\vec{\nabla} V = \frac{\partial V}{\partial \ell} \quad (2.12)$$

donde " ℓ " denota la variable de longitud a lo largo de la cual varia " V ". Siendo los segmentos de una longitud pequeña la derivada de la ecuación (2.12) se puede aproximar a una diferencia finita sobre el intervalo de diferenciación:

$$V = \frac{V(\hat{m}^+) - V(\hat{m}^-)}{\Delta\ell_{\hat{m}}} \quad (2.13)$$

Sustituyendo las ecuaciones (2.9), (2.10) y (2.11) en la ecuación (2.13) se tiene:

$$V = \frac{I_n}{4\pi\epsilon j\omega \Delta\ell_{\hat{m}}} \star \left\{ \psi(n^+, \hat{m}^+) - \psi(n^-, \hat{m}^+) - \psi(n^+, \hat{m}^-) + \psi(n^-, \hat{m}^-) \right\} \quad (2.14)$$

en donde $\psi(n^+, \hat{m}^+)$ indica que el intervalo de integración tiene como centro a " n^+ " y que todas las distancias " R " se

toman a partir de puntos sobre este intervalo hacia el punto " n^+ ". Las funciones restantes tienen una interpretación similar.

Al sustituir las ecuaciones (2.8) y (2.14) en la ecuación (2.4), y utilizando la ecuación (2.5), se llega a la expresión final que permite calcular las impedancias propias y mutuas:

$$Z_{mn} = \left(\frac{j\omega}{4\pi} \Delta l_n \psi(n, n^+) + \frac{1}{4\pi\epsilon j\omega} (\psi(n^+, n^+) - \psi(n^-, n^+) - \psi(n^+, n^-) + \psi(n^-, n^-)) \right) \quad (2.15)$$

Al aplicar esta ecuación a todas las parejas posibles de segmentos, para calcular las impedancias mutuas, y a cada segmento en particular, para obtener su impedancia propia, se forma finalmente la matriz de impedancias " $\{Z\}$ ". Después de invertir dicha matriz y sustituir el resultado en la ecuación (2.3) se obtiene la distribución de corrientes en el conductor (o conductores, si es que se trata de un arreglo).

Todos los elementos del vector de voltajes en la ecuación (2.3) son iguales a cero, con excepción del correspondiente al segmento en donde se alimenta la antena. Por conveniencia, este voltaje se toma igual a $1/0^\circ$ volts obteniéndose así resultados normalizados. De acuerdo a lo anterior, la distribución de corrientes " $\{I\}$ " es igual a

la columna "i" de la matriz " { Z } " cuando la antena es alimentada en el segmento "i".

2.2 Impedancia de entrada.

La impedancia de entrada de la antena, es obtenida a partir de la matriz de admitancias " { Y } ", o sea de " { Z }⁻¹" que es donde se encuentra toda la información de acoplamiento de la antena. Por lo tanto, la impedancia de entrada será igual al recíproco del elemento "Y_{ii}", donde "i" es el segmento donde se alimenta la antena:

$$Z = \frac{1}{Y_{ii}} \quad (2.16)$$

La impedancia de entrada de una antena tiene una importancia considerable porque afecta directamente la eficiencia de radiación (o recepción) de energía de la misma.

2.3 Análisis de los campos de radiación.

Las componentes del campo magnético y eléctrico radiado por la antena, pueden obtenerse a partir de la distribución de corrientes " { I } ".

Para obtener el patrón de radiación, es necesario calcular el campo eléctrico sobre una esfera imaginaria de radio mayor o igual a la distancia mínima del campo lejano y cuyo centro coincide con el punto de alimentación de la antena. En la figura 2.4 se muestra el sistema de referencia de ejes coordenados para una antena arbitraria y uno de los puntos $P(x,y,z)$ de la esfera.

Considerando el caso general de una antena cuya geometría involucra corrientes con componentes en las direcciones "x", "y", y "z", las tres componentes del vector de potencial magnético \vec{A} producido en el punto $P(x,y,z)$, se calculan de la siguiente forma:

$$A_x(P) = \frac{\mu}{4\pi} \sum_{n=1}^N I_{n_x} \int_{\Delta l_n} \frac{e^{-jkr_n}}{r_n} dx' \quad (2.17)$$

$$A_y(P) = \frac{\mu}{4\pi} \sum_{n=1}^N I_{n_y} \int_{\Delta l_n} \frac{e^{-jkr_n}}{r_n} dy' \quad (2.18)$$

$$A_z(P) = \frac{\mu}{4\pi} \sum_{n=1}^N I_{n_z} \int_{\Delta l_n} \frac{e^{-jkr_n}}{r_n} dz' \quad (2.19)$$

en donde " μ " es la permeabilidad del espacio libre, "N" es el número de segmentos en la antena, "k" es la constante de propagación y " r_n " es la distancia entre un punto fuente sobre el eje del segmento "n" y el punto $P(x,y,z)$. Las

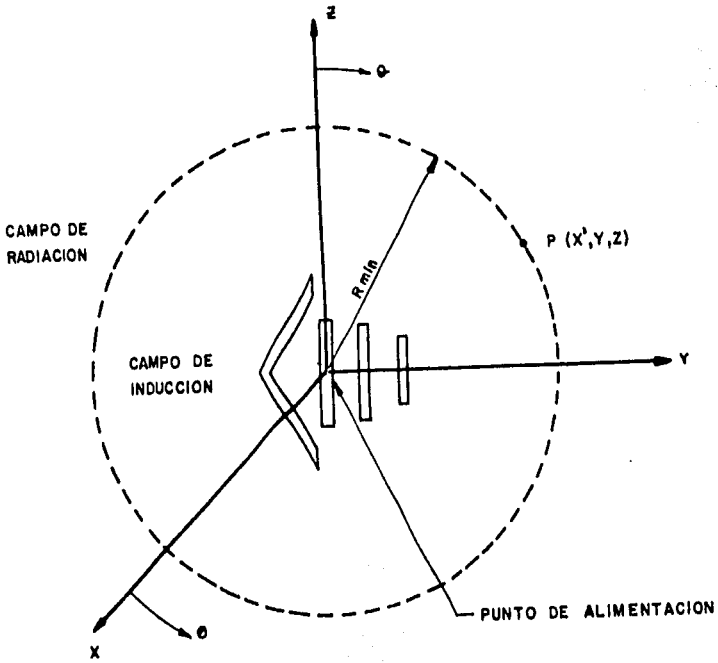


FIGURA 2.4 Sistema de ejes coordenados para calcular el patrón de radiación de la antena.

variables de integración se denotan como "x'", "y'" y "z'" para evitar confusión con los ejes "x", "y" y "z" ya que las componentes de las corrientes que fluyen por los ejes de los conductores de la antena no son necesariamente colineales con los ejes del sistema de coordenadas.

La distancia "r_n" está dada por la ecuación:

$$r_n = \{ (x-x_n)^2 + (y-y_n)^2 + (z-z_n)^2 \}^{1/2} \quad (2.20)$$

Habiendo obtenido las tres componentes del vector "A", se puede determinar el campo magnético producido en el mismo punto P(x,y,z) como:

$$\vec{H} = -\frac{1}{\mu} \vec{\nabla} \times \vec{A} \quad (2.21)$$

y finalmente, el campo eléctrico se obtiene como:

$$\vec{E} = \frac{1}{j\omega\epsilon} \vec{\nabla} \times \vec{H} \quad (2.22)$$

La magnitud de este campo eléctrico se calcula a partir de los cuadrados de las partes reales e imaginarias de sus tres componentes, "x", "y" y "z" :

$$|E_T| = (\text{Re}(E_x)^2 + \text{Re}(E_y)^2 + \text{Re}(E_z)^2 + \text{Im}(E_x)^2 + \text{Im}(E_y)^2 + \text{Im}(E_z)^2)^{1/2} \quad (2.23)$$

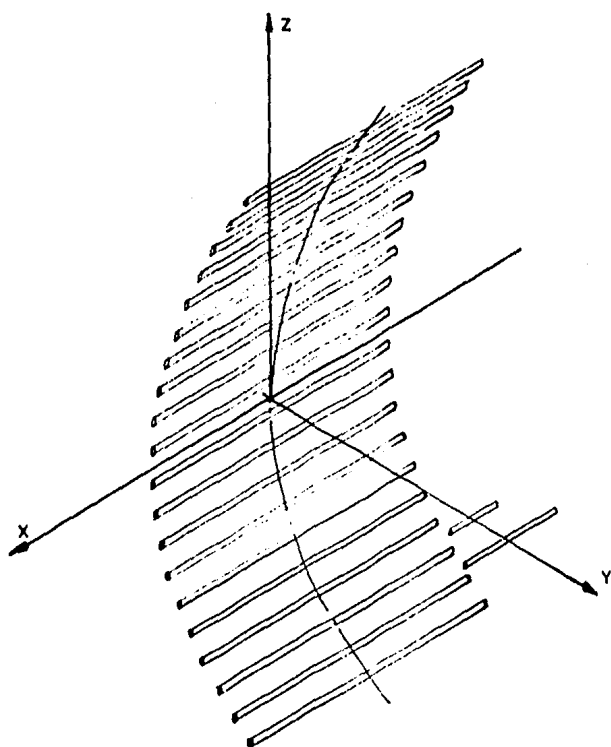
De esta manera, variando los ángulos θ y ψ de la figura 2.4, y calculando la intensidad de campo eléctrico en diferentes puntos sobre la esfera imaginaria, se pueden graficar los patrones de radiación de la antena en cualquier plano.

"CAPITULO 3"

"ANALISIS DE LA ANTENA PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA"

3.1 Modelo matemático de la antena parabólico-cilíndrica de rejilla.

Una antena parabólico-cilíndrica de rejilla está constituida por el reflector, que consta de una serie de tubos paralelos entre sí formando una curva parabólica, y por el alimentador, localizado en el foco de la curva parabólica y constituido por un tubo alimentado (activo) y un tubo parásito. Como un ejemplo, la figura 3.1 muestra una antena de este tipo vista en tres dimensiones; de la misma figura se observa que los ejes coordenados de referencia coinciden con el vértice de la parábola y no con la alimentación. Como se vió en la sección 2.2, para medir el campo de radiación de una antena es necesario hacerlo



— TUBOS QUE FORMAN EL REFLECTOR
PARABOLICO CILINDRICO DE REJILLA.

— TUBOS QUE FORMAN LA ALIMENTA-
CION CONSTITUIDO POR EL
ALIMENTADOR Y EL PARASITO

FIGURA. 3.1 Antena parabólico-cilíndrica de rejilla.

sobre una esfera imaginaria de radio mayor o igual a la distancia del campo lejano, coincidiendo el centro de la esfera con la alimentación de la antena. Por facilidad de manejo de coordenadas, se consideró que el centro de la esfera imaginaria coincidiera con el vértice de la parábola; los resultados obtenidos para el campo de radiación son los mismos ya que solo se hizo un desplazamiento espacial.

La figura 3.2 muestra una vista lateral y la figura 3.3 muestra una vista frontal de este tipo de antena. Los tubos son paralelos al plano "xy", conteniendo los tubos de los extremos la misma coordenada "y" que representa la distancia al vértice de la parábola; es decir, se obtiene la distancia focal donde se localiza el alimentador.

De la figura 3.2 se deduce la ecuación de la curva parabólica (10) que determina los valores de las coordenadas "y" y "z" donde se alojan los tubos del reflector y establece la distancia focal "F" que tiene un valor constante para cualquier pareja de coordenadas (y,z) que cumplen con la siguiente ecuación:

$$Z^2 = 4F(Y) \quad (3.1)$$

De la ecuación (3.1) se obtiene el incremento de arco que determina el espaciamiento de los tubos sobre la curva parabólica.

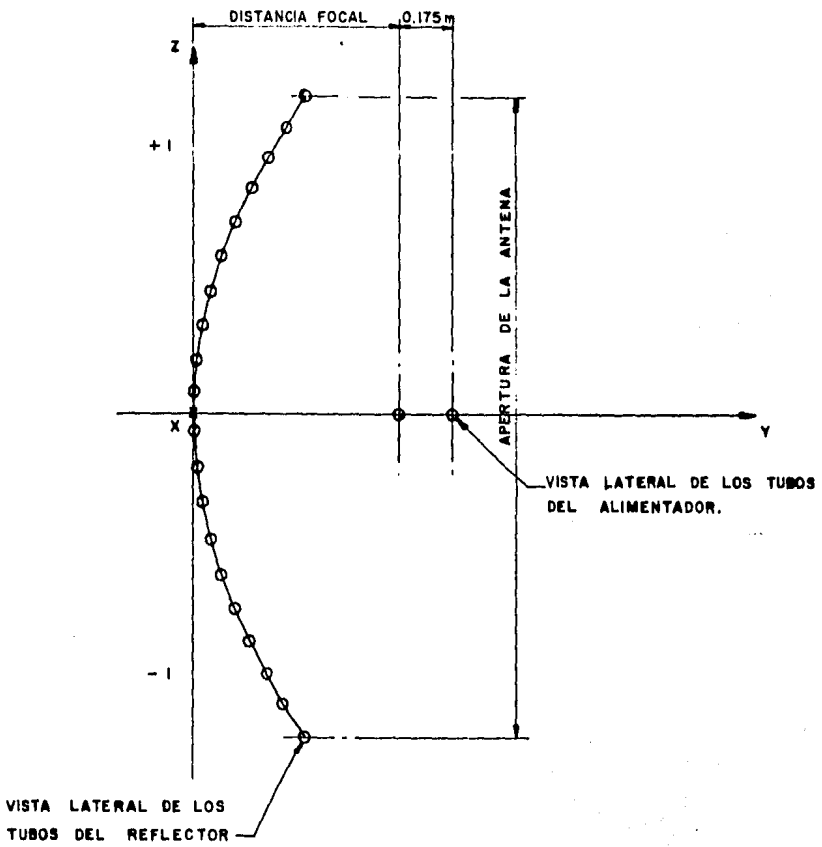


FIGURA. 3.2 Vista lateral de la antena parabólico-cilíndrica de rejilla.

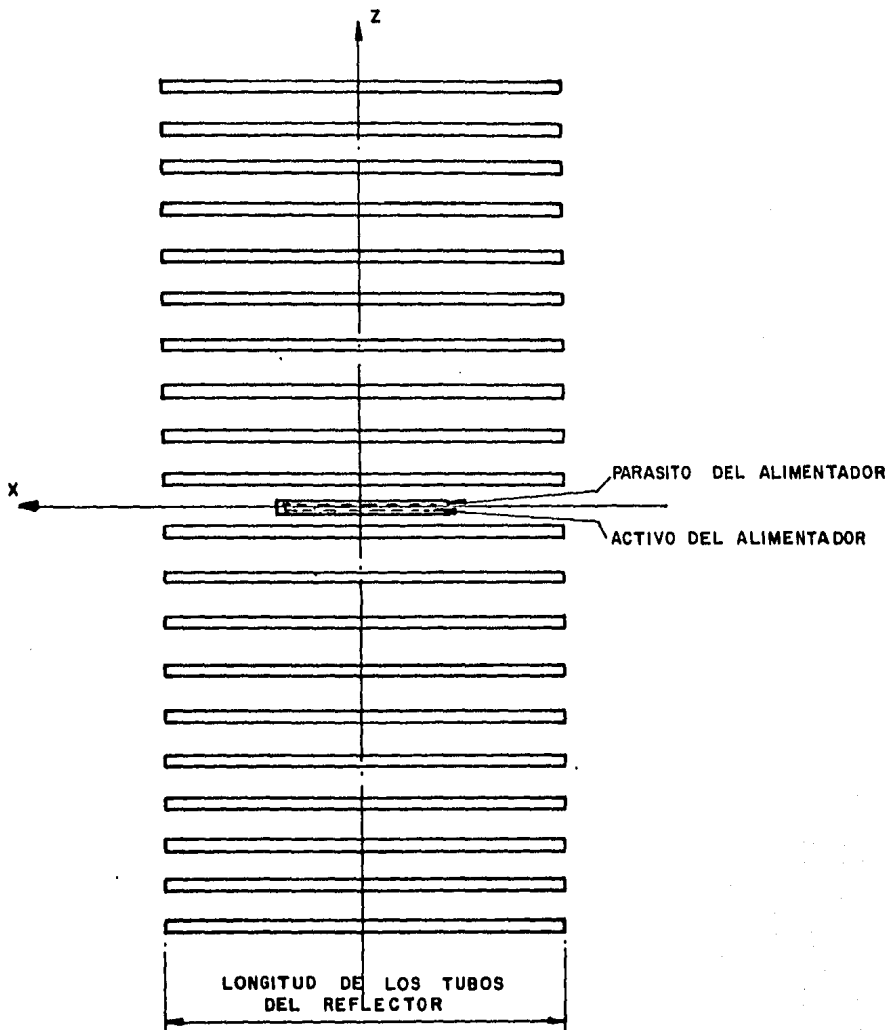


FIGURA. 3.3 Vista frontal de la antena parabólico-cilíndrica de regilla.

De la figura 3.3 se observa que todos los tubos del reflector son paralelos entre si y además tienen la misma longitud, por lo tanto se tiene la misma coordenada "x" para cualquiera de ellos. La ecuación que determina los valores de "x" puede ser expresada como una desigualdad:

$$L/2 \leq x \leq -L/2 \quad (3.2)$$

donde "L" es la longitud de los tubos, teniendo todos la misma longitud. Los tubos que constituyen el alimentador cumplen también con una desigualdad semejante a (3.2), tomando en cuenta que "L" es la longitud del tubo de alimentación o del tubo parásito.

Antes de continuar con el análisis de la antena parabólico-cilíndrica de rejilla por el método de momentos, se deben definir los términos "línea axial" y "línea superficial"; en la figura 3.4 se muestra la ubicación escogida para estos términos, dependiendo de ellos la simetría que se debe obtener en la matriz de impedancias. La "línea axial" es aquella que se encuentra en los ejes de los tubos mientras que la "línea superficial" se encuentra, para el reflector, en la superficie superior de estos siguiendo la curva parabólica; y para el alimentador sobre el plano "xy" con frente hacia el reflector.

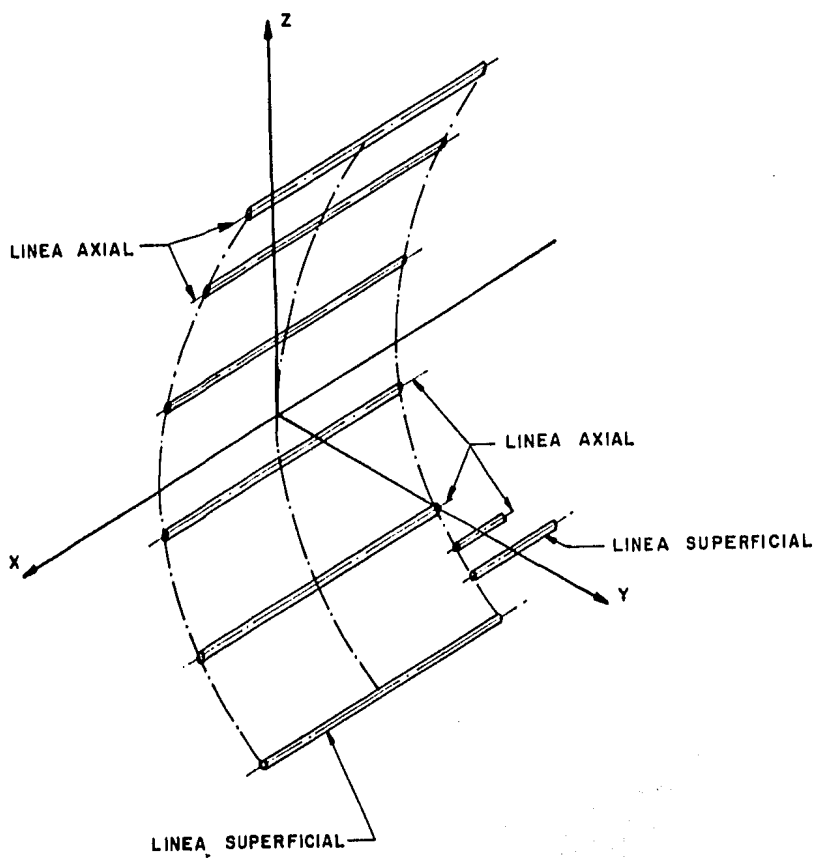


FIGURA. 3.4 Localización de los terminos "linea axial" y "linea superficial"

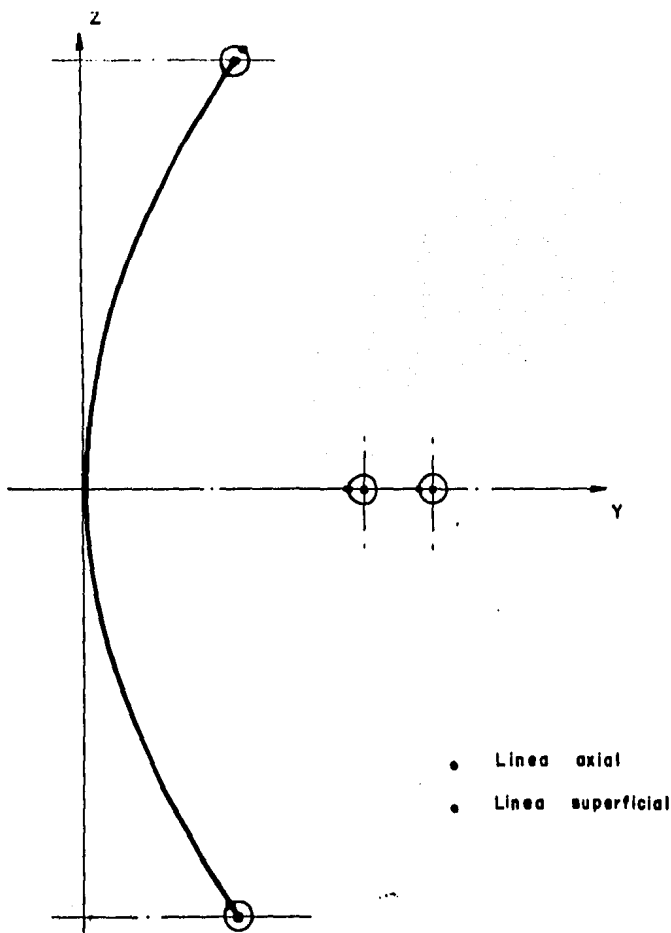


FIGURA. 3.4' Localización de la "linea axial" y de la "linea superficial."

El alimentador localizado en el foco de la curva parabólica, consiste de un arreglo Yagi con un tubo activo y un tubo parásito; la separación entre estos dos tubos depende de la longitud de onda de la señal (λ) alcanzando condiciones de resonancia cuando el valor de esta separación toma valores entre 0.1 de λ y 0.2 de λ .

3.1.2 Espaciamiento de los tubos sobre la curva parabólica.

Si se tiene un determinado número de tubos que se quieren colocar sobre una curva parabólica con apertura conocida, es necesario establecer la curva con el vértice en el origen del sistema de coordenadas para que los datos que se obtengan sean simétricos con respecto al sistema de coordenadas (11).

Una vez establecido el número de tubos y la apertura de la curva, el primer paso a seguir es obtener la longitud total de la curva parabólica y establecer el incremento de arco que existirá entre los tubos.

Si la diferencial de longitud es igual a:

$$dl = \{(dz)^2 + (dy)^2\}^{1/2} \quad (3.3)$$

derivando (3.1) y despejando dy , se obtiene:

$$dy = \frac{Z}{2F} dz \quad (3.4)$$

sustituyendo (3.4) en (3.3):

$$dl = \frac{(4F^2 + Z^2)}{4F^2} dz \quad (3.5)$$

Integrando (3.5) se obtiene la longitud total de arco que es:

$$LT = \frac{2Z}{4F^2} \sqrt{Z^2 + 4F^2} + 2F \operatorname{Ln} \left\{ \frac{z + \sqrt{z^2 + 4F^2}}{2F} \right\} \Big|_z \quad (3.6)$$

Obtenida la longitud de arco, se puede determinar ahora el incremento de arco, siendo igual a:

$$dl = \frac{LT}{(N-1)} \quad (3.7)$$

donde "N" es el número total de tubos.

3.2 Análisis por el Método de Momentos.

3.2.1 Segmentación.

De acuerdo con el método de momentos, descrito en el capítulo 2, el primer paso a seguir es dividir la antena en un determinado número de segmentos, los cuales tendrán una longitud menor o igual a 0.1 lambda para que puedan ser considerados como dipolos elementales en los cuales la

corriente que circula es constante en magnitud y fase. Esta corriente, sin embargo, puede variar ya sea en magnitud y/o en fase de un segmento a otro.

Tomando en cuenta que los tubos del reflector son iguales y paralelos, se tiene el mismo número de segmentos en todos los tubos de éste. Para el alimentador se toma en cuenta que tanto el tubo activo como el parásito deben tener por lo menos cinco segmentos, sin contar los medios que existen en los extremos para que se tenga un valor de cero en la distribución de corrientes, para así obtener resultados más exactos en la obtención de la matriz de impedancias; se deben tener por lo menos cinco segmentos por conductor para poder realizar un análisis satisfactorio de la aplicación del método de momentos. Si este número es menor a cinco se corre el riesgo de que los resultados de la distribución de corrientes no representen con claridad el comportamiento de la corriente en los conductores.

La numeración de los segmentos se estableció de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba, empezando con los tubos del reflector y terminando con los tubos del alimentador. La figura 3.5 muestra dos tubos del reflector, primero y último, y el alimentador divididos en segmentos señalando la forma en que se numeró la antena.

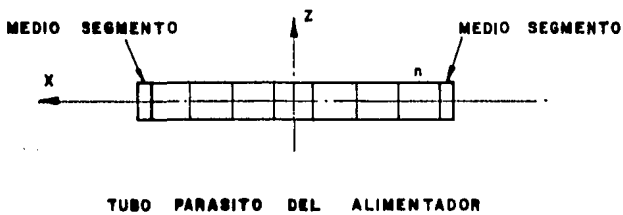
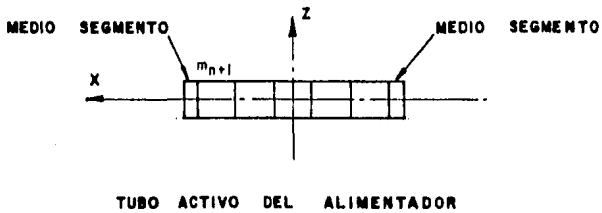
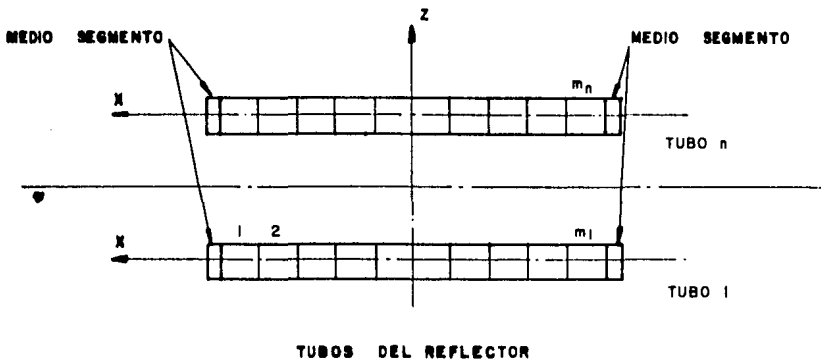


FIGURA 3.5 Numeración de los segmentos.

3.2.2 Cálculo de las impedancias propias y mutuas.

En la figura 3.6 se muestran dos segmentos cualesquiera, "m" y "n" de la antena parabólico-cilíndrica, los cuales no necesariamente deben pertenecer al mismo tubo. De la ecuación (2.15), se sabe que cada elemento se encuentra asociado a la matriz de impedancias de la antena y que esta depende del ángulo " β " formado con el vector potencial magnético " \vec{A} " y su componente tangencial en dirección de la corriente. Este ángulo " β " tiene un valor igual a cero porque, debido a la geometría de la antena que se está analizando, el vector potencial magnético " \vec{A} " tiene la misma dirección de la corriente " I_n ", para todos los tubos de la antena. Por lo tanto el $\cos \beta$ es igual a uno para la ecuación (2.15).

De lo anterior se deduce que la variable de integración $d\ell$ se puede expresar en función de "x" sin ninguna dificultad, esto es " $d\ell = dx$ ". Con estas consideraciones, la obtención de la matriz de impedancias se simplifica.

3.2.3 Cálculo del vector de voltajes.

En el capítulo 2 se estableció la forma en que el vector de voltajes es considerado para la obtención de la distribución de corrientes. El vector de voltajes es de orden $N \times 1$, donde "N" es el número total de segmentos, y

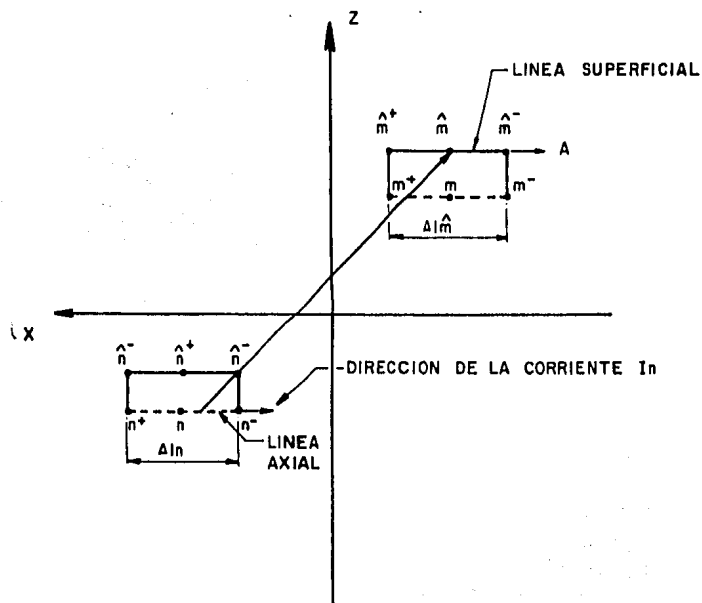


FIGURA. 3.6 Segmentos m y n de la antena parabolico-cilíndrica de regilla.

contiene los siguientes valores:

$$V = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

Como se muestra en la ecuación (3.8), todos los valores son iguales a cero con excepción del segmento donde se localiza la alimentación, es decir, que si la antena se encuentra alimentada en el segmento "i", en ese segmento es donde "V=1+j0" teniendo los demás segmentos un valor de cero.

3.3 Impedancia de entrada.

El tamaño resultante de la matriz de impedancias es $N \times N$; como se vió en la sección 2.1, al invertir la matriz de impedancias se obtiene la distribución de corrientes, siendo este vector igual a la columna "i" de la matriz " $\{Z\}^{-1}$ " cuando la antena es alimentada en el segmento "i"; sin embargo la ecuación (2.1) es un sistema de ecuaciones simultáneas; por lo tanto, no es necesario invertir la matriz de impedancias " $\{Z\}$ " para obtener la distribución de

corrientes sino que bastará solamente resolver dicho sistema para encontrar los parámetros necesarios y aplicarlos en la obtención del campo de radiación.

En la sección 2.3 se estableció que la impedancia de entrada es igual al recíproco de la admitancia " Y_{ii} ", siendo " Y_{ii} " la admitancia propia del segmento " i " siempre y cuando la alimentación esté conectada en dicho segmento. Esta impedancia de entrada también puede ser obtenida a partir del vector " $\{I\}$ " si éste es igual a la columna " i " de la matriz de admitancias. Entonces la impedancia de entrada es igual al inverso de " I_i ", siendo " I " el valor del vector de corrientes e " i " el segmento donde se alimenta la antena.

3.4 Análisis de los campos de radiación. (8)

Las componentes de los campos magnético y eléctrico son obtenidas a partir de la distribución de corrientes encontrada previamente. Las consideraciones establecidas anteriormente no cambian porque la dirección de la corriente en todos los segmentos es paralela al eje " x ", y existe entonces, solamente componente " x " para el vector potencial magnético para cualquier punto $P(x,y,z)$ en el espacio. Este potencial magnético está dado por la ecuación (2.16) que por conveniencia se re-escribe a continuación.

$$A_x(P) = \frac{\mu}{4\pi} \sum_{n=1}^N I_n \int_{\Delta l_n} \frac{e^{-jk r_n}}{r_n} dx' \quad (3.9)$$

donde " r_n " es la distancia entre el punto sobre el eje del segmento y el punto $P(x,y,z)$, y " N " es el número total de segmentos. La variable de integración " x " se denota como " x' " para no confundir con la coordenada " x ".

De la figura 3.7 se tiene que la distancia " r_n " es igual a:

$$r_n = \{ (x - x')^2 + (y - y_n)^2 + (z - z_n)^2 \}^{1/2} \quad (3.10)$$

Las componentes del campo magnético al punto $P(x,y,z)$ se encuentran a partir del vector potencial magnético " A " en ese punto. Estas componentes están dadas por:

$$H_x = 0 \quad (3.11)$$

$$H_y = \frac{1}{\mu} \frac{\partial A_x}{\partial z} \quad (3.12)$$

$$H_z = -\frac{1}{\mu} \frac{\partial A_x}{\partial y} \quad (3.13)$$

La variable de integración de la ecuación (3.9) es " x' ", por lo tanto es válido diferenciar el integrando con respecto a " y " y " z ", de acuerdo con las ecuaciones (3.12) y (3.13). Al utilizar las ecuaciones (3.9) y (3.10) en las ecuaciones (3.11), (3.12) y (3.13), las componentes del

campo magnético se expresan como:

$$H_x = 0 \quad (3.14)$$

$$H_y = \frac{1}{4\pi} \sum_{n=1}^N I_n \Delta l_n e^{-jk r_n} (z-z_n) \left(\frac{1}{r_n^3} + j \frac{k}{r_n^2} \right) dx' \quad (3.15)$$

$$H_z = \frac{1}{4\pi} \sum_{n=1}^N I_n \Delta l_n e^{-jk r_n} (y-y_n) \left(\frac{1}{r_n^3} + j \frac{k}{r_n^2} \right) dx' \quad (3.16)$$

Con las componentes del campo magnético "H" en el punto P(x,y,z), las componentes del campo eléctrico "E", en el mismo punto son obtenidas por las expresiones:

$$E_x = \frac{1}{j\omega\epsilon} \left\{ \frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} \right\} \quad (3.17)$$

$$E_y = - \frac{1}{j\omega\epsilon} \frac{\partial H_z}{\partial x} \quad (3.18)$$

$$E_z = \frac{1}{j\omega\epsilon} \frac{\partial H_y}{\partial x} \quad (3.19)$$

Al sustituir y diferenciar con respecto a "x" se obtiene:

$$E_x = - \frac{1}{4j\pi\omega\epsilon} \sum_{n=1}^N I_n \Delta l_n e^{-jk r_n} \left\{ - \frac{2}{r_n^3} + j \frac{2k}{r_n^2} - \left\{ (y-y_n)^2 + (z-z_n)^2 \right\} \right. \\ \left. \left\{ - \frac{k^2}{r_n^3} + j \frac{3k}{r_n^4} + \frac{3}{r_n^5} \right\} \right\} dx' \quad (3.20)$$

$$E_y = - \frac{1}{4j\pi\omega\epsilon} \sum_{n=1}^N I_n \Delta l_n e^{-jk r_n} (x-x') (y-y_n) \\ \left\{ - \frac{k^2}{r_n^3} + j \frac{3k}{r_n^4} + \frac{3}{r_n^5} \right\} dx' \quad (3.21)$$

$$E_z = \frac{1}{4j\pi\omega\epsilon} \sum_{n=1}^N I_n \int_{\Delta l_n} e^{-jk r_n} (x-x') (z-z_n) \left(-\frac{k}{r_n^3} + j\frac{3k}{r_n^4} + \frac{3}{r_n^5} \right) dx' \quad (3.22)$$

Estas expresiones representan las tres componentes de la intensidad del campo eléctrico para cualquier punto P(x,y,z) en el espacio. La magnitud del campo eléctrico total para un punto P(x,y,z) cualquiera, se obtiene con las expresiones siguientes:

$$|E_T| = \{ |E_x|^2 + |E_y|^2 + |E_z|^2 \}^{1/2} \quad (3.23)$$

donde

$$|E_x|^2 = \text{Re}(E_x)^2 + \text{Im}(E_x)^2 \quad (3.24)$$

$$|E_y|^2 = \text{Re}(E_y)^2 + \text{Im}(E_y)^2 \quad (3.25)$$

$$|E_z|^2 = \text{Re}(E_z)^2 + \text{Im}(E_z)^2 \quad (3.26)$$

por lo tanto

$$|E_T|^2 = \{ \text{Re}(E_x)^2 + \text{Re}(E_y)^2 + \text{Re}(E_z)^2 + \text{Im}(E_x)^2 + \text{Im}(E_y)^2 + \text{Im}(E_z)^2 \}^{1/2} \quad (3.27)$$

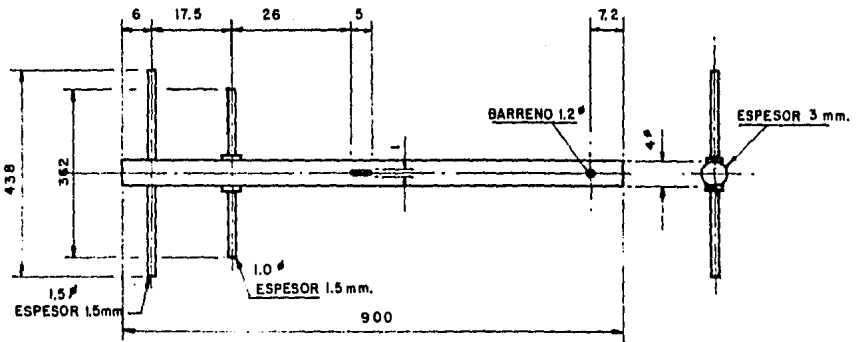
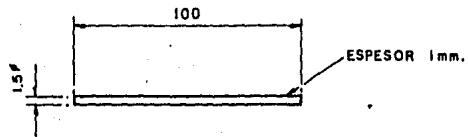
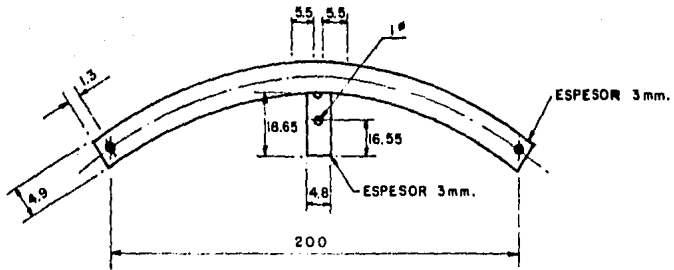
Al evaluar la ecuación (3.27) en los puntos (x,y,z) sobre la esfera imaginaria de radio "R" da como resultado el patrón de radiación.

"CAPITULO 4"

"EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE UN MODELO REAL"

4.1 Modelado geométrico.

En esta sección se describe el modelado geométrico de una antena tipo parabólico-cilíndrica de rejilla. Este modelo se encuentra referenciado al sistema de coordenadas utilizado en los programas de computadora requeridos en esta tesis.



ACOTACIONES EN cm.
 ESCALA. SIN

Plano de la antena.

4.2 Medición de la antena real. (12),(13)

La evaluación práctica de las características eléctricas de una antena tipo parabólica-cilíndrica de rejilla se describe en este capítulo; para las mediciones efectuadas se tomaron en cuenta las especificaciones que proporciona el fabricante sobre algunas de estas características. En la tabla 4.1 se muestran estos datos.

4.2.1 Medición del ancho de banda.

La figura 4.1 muestra, en diagrama de bloques, la forma en que se conectaron los aparatos para la obtención del ancho de banda. Para poder determinarlo se muestreó manualmente un intervalo de frecuencias comprendido entre 335 y 365 MHz, cercano al intervalo ya especificado.

Empleando el medidor de admitancia se localizó una relación de tensión de onda estacionaria (VSWR) mínima, la cual correspondió a la frecuencia central del ancho de banda. A continuación se muestrearon frecuencias arriba y abajo de dicha frecuencia central, encontrándose el límite superior y el límite inferior respectivamente. En la obtención de estos límites, la relación de tensión de onda estacionaria aumentó en 0.5 para ambos casos.

Parámetro		
Frecuencia en (MHz)		335-365
Dimensiones (mt)		2 x 1
Abajo		11
Ganancia Media banda (dB)		11
Arriba		11
Ancho del haz en grados(°)	Vertical	28
	Horizontal	37
Relación frente/espalda (dB)		9
Máxima VSWR		1.5

TABLA 4.1 Especificaciones del fabricante

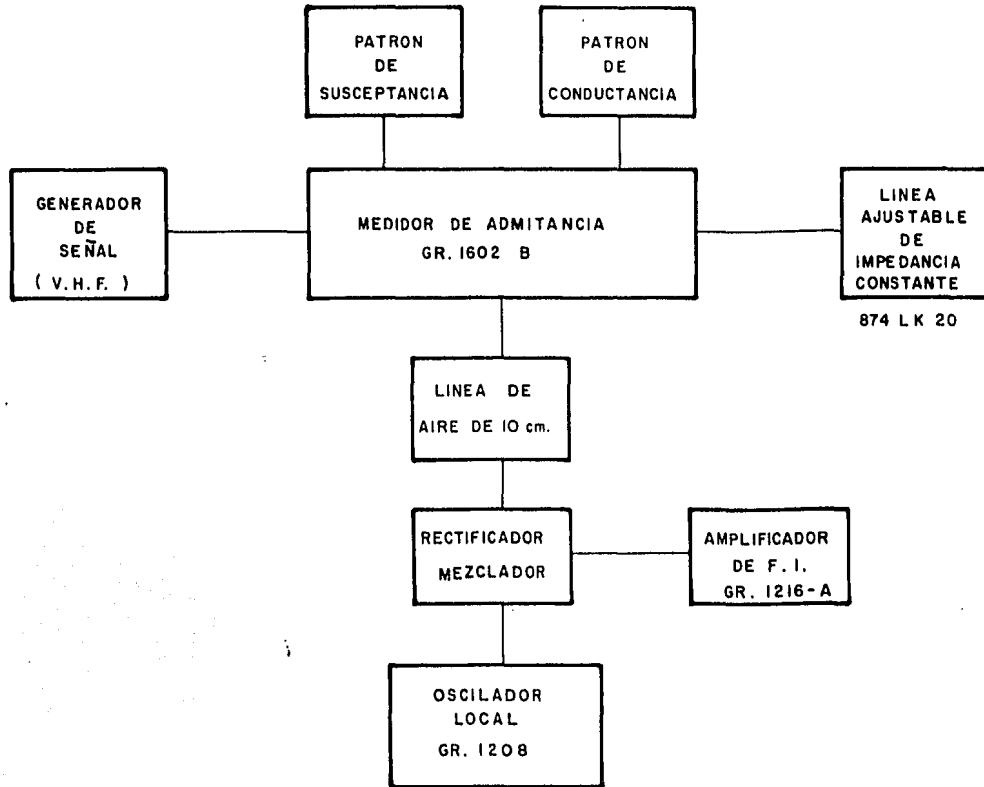


FIGURA 4.1 Arreglo para la medición del coeficiente de reflexión, VSWR, Impedancia de radiación y determinación del ancho de banda.

Para la obtención de la relación de tensión de onda estacionaria, fué necesario conocer el coeficiente de reflexión " Γ ", el cual se calculó con la siguiente relación:

$$\Gamma = \frac{(G_o - G_m) + B_m}{(G_o + G_m) + B_m} \quad (4.1)$$

donde "G_o" es la conductancia patrón e igual a 20 mMHos, "G_m" es la conductancia medida y "B_m" la susceptancia medida. Quedando entonces la relación de tensión de onda estacionaria como:

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad (4.2)$$

Los resultados de las mediciones del ancho de banda se muestran en las tablas 4.2 y 4.3

4.2.2 Medición de la impedancia de entrada.

La impedancia de entrada de una antena se puede calcular a partir del conocimiento de la admitancia de entrada de la misma, utilizando la relación siguiente:

$$Z = 1/Y \quad (4.3)$$

frecuencia (MHz)	conductancia (mMhos)	susceptancia (mMhos)	coeficiente de reflexion	VSWR
335.5	13.0	+ j 8.0	0.313	1.91
348.0	17.5	+ j 6.0	0.172	1.41
363.0	38.8	+ j 0.5	0.32	1.94

TABLA 4.2 Resultados de las pruebas de obtención de coeficiente de reflexión y relación de onda estacionaria.

frecuencia inferior (Mhz)	frecuencia central (MHz)	frecuencia superior (MHz)	ancho de banda (MHz)
336.5	348.0	363.0	26.5

TABLA 4.3 Resultados del ancho de banda.

en donde "Z" y "Y" son cantidades complejas y representan, respectivamente, la impedancia y la admitancia de entrada.

El medidor de admitancias utilizado también sirve para medir la admitancia de diferentes dispositivos sobre un amplio rango de frecuencias. Trabaja en base a la obtención de una salida cero; ésto es, sus elementos compensan la conductancia y susceptancia propias de la admitancia del elemento bajo prueba.

La conexión de los aparatos es la misma que se utilizó para medir el ancho de banda. La figura 4.2 muestra una vista frontal y una vista posterior del medidor de admitancia, donde se puede apreciar que el medidor contiene tres escalas. La escala superior corresponde a la susceptancia de compensación del medidor y tiene un rango de -20 a 20 mMHos. El signo de este parámetro lo determina el rango de frecuencias de operación, así como el dispositivo de compensación utilizado. A su vez, la escala localizada en el cuadrante inferior izquierdo, corresponde a la conductancia y está calibrada de 0 a 20 mMHos sobre un arco de 90 grados. Por último, la escala del cuadrante inferior derecho, determina el factor por el cual hay que multiplicar los valores de conductancia y susceptancia que originan una salida nula.

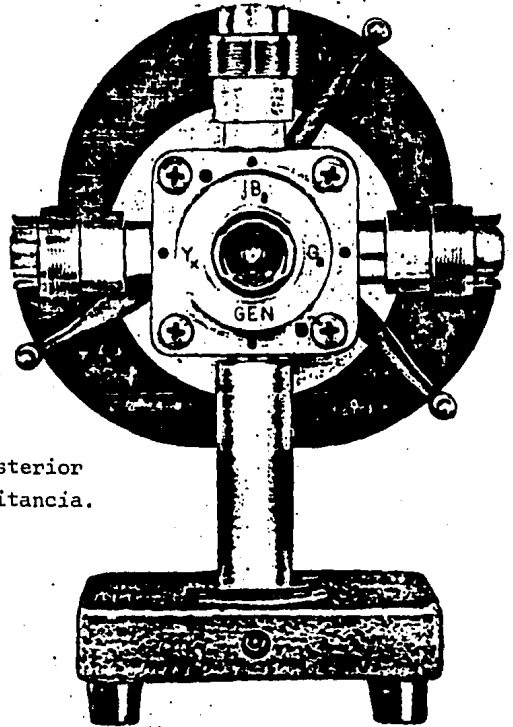
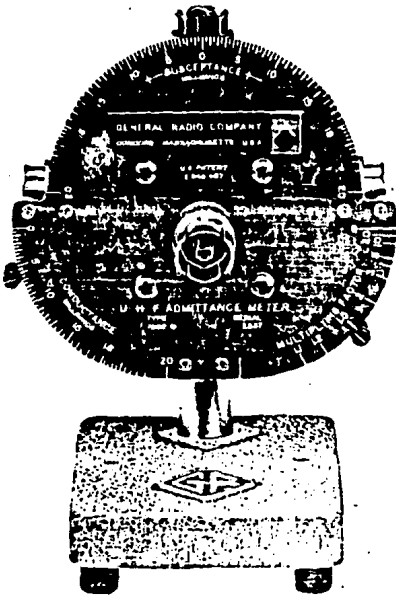


FIGURA 4.2 Vista Frontal y Posterior del Medidor de Admitancia.

Además de las tres escalas anteriormente descritas, el medidor de admitancia contiene cinco conectores a los que se acoplan la susceptancia y conductancia patrón de compensación, el elemento bajo medición, el generador de la señal de radio frecuencia y el detector de nivel de salida.

La susceptancia patrón de compensación puede estar constituida por un capacitor variable o por un "stub" variable. La conductancia patrón de compensación la representa una resistencia pura con un valor de 50 omhs e igual a la impedancia característica del medidor.

El detector de nivel consiste de un mezclador, el cual heterodina la señal de desbalance proveniente del medidor, con la señal del oscilador local, produciendo una señal de frecuencia igual a la que se sintoniza el amplificador.

El método de medición consistió en alimentar mediante un oscilador que en nuestro caso es de U.H.F., el medidor de admitancia, con la frecuencia central previamente determinada en la medición del ancho de banda.

La salida adyacente del medidor al oscilador de U.H.F. se conectó a el mezclador y detector de radiofrecuencia, el cual estaba alimentado a su vez con un oscilador local operando a una frecuencia igual a la del oscilador de U.H.F. más 30 MHz, en donde 30 MHz es la frecuencia intermedia que se registra en el amplificador y detector de frecuencia

intermedia (FI) instrumento que determina, en base a un medidor galvanométrico integrado, los máximos y mínimos cuando se está ajustando el conjunto para realizar una medición.

A continuación se conectó en la parte adyacente al patrón de conductancia de compensación una línea ajustable de impedancia constante, la cual se ajustó para una longitud correspondiente a un cuarto de la longitud de onda de la frecuencia del oscilador de U.H.F. y se terminó en un corto circuito para determinar las mediciones de impedancias, cuyas componentes (resistencia y reactancia) se registraron en los indicadores del medidor de admitancia.

Para las mediciones del coeficiente de reflexión y relación de tensión de onda estacionaria, se procedió de igual forma que para determinar la impedancia, sustituyendo el cuarto de longitud de onda de la línea ajustable por un medio de la longitud de onda y la terminación del corto circuito por una de circuito abierto. Los resultados obtenidos en el medidor de admitancias son:

Conductancia (G_m) en mS

Susceptancia (B_m) en mS

que siendo aplicados a las siguientes expresiones permiten obtener la resistencia (R) y la reactancia (jX) (11).

$$R = 2.5 \cdot G_m \quad (4.4)$$

$$jX = 2.5 \cdot B_m \quad (4.5)$$

La tabla 4.4 muestra los resultados obtenidos de las mediciones.

4.2.3 Medición del campo de radiación. (12)

El patrón de radiación de la antena bajo prueba se obtuvo haciendo uso del teorema de reciprocidad, el cual establece que el patrón de recepción es igual al patrón de transmisión.

En la figura 4.3 se muestra una descripción del lugar donde se efectuaron estas pruebas. Para seleccionar el lugar de la instalación, hubo necesidad de satisfacer al máximo los siguientes criterios.

- 1).- Ubicación de las antenas en un medio ambiente de interferencia mínima
- 2).- Flexibilidad de la instalación
- 3).- Facilidad de alimentación de energía eléctrica

frecuencia (MHz)	resistencia (Ohms)	reactancia (Ohms)	impedancia en magnitud (Ohms)
336.5	97.5	+ j 20.0	99.53
348.0	75.0	+ j 3.0	75.059
363.0	80.0	+ j 57.5	98.54

TABLA 4.4 Resultados de la impedancia de entrada.

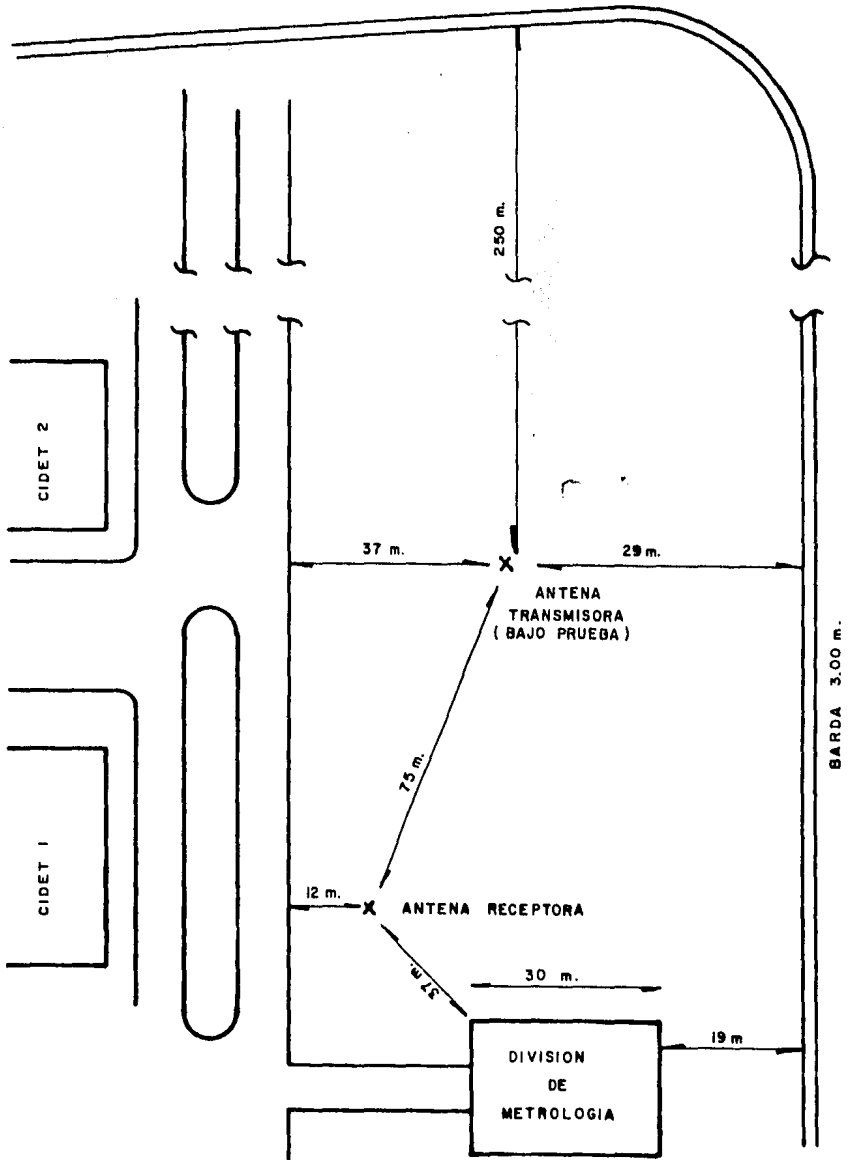


FIGURA 4.3 Descripción del lugar de pruebas eléctricas

El ubicar las antenas en un medio ambiente de mínima interferencia tuvo dos obstáculos, ya que se encontraban, por un lado, las antenas parabólicas que enlazan con satélites y por otro las líneas de alta tensión junto a la barda que rodea las instalaciones del Conjunto Nacional de Telecomunicaciones (CONTEL).

La figura 4.4 muestra, en diagrama de bloques, la forma de conexión de los aparatos para la obtención del campo de radiación.

La antena bajo prueba se alimentó con una señal de radio frecuencia por medio de un generador, a la frecuencia central obtenida de la medición del ancho de banda. La señal radiada por la antena bajo prueba fué recibida por una antena de media longitud de onda (dipolo) la cual se encontraba conectada al medidor de intensidad de campo.

La antena bajo prueba se giró, en la plano azimuthal, en pasos de 10° grados hasta completar el ciclo de 360° grados, registrandose en cada paso el valor de la intensidad de campo.

Con la obtención de los valores del patrón de radiación pudo calcularse la directividad por medio de la siguiente expresión:

$$D = (dB (0^\circ) - R.M.S.) \text{ dB} \quad (4.6)$$

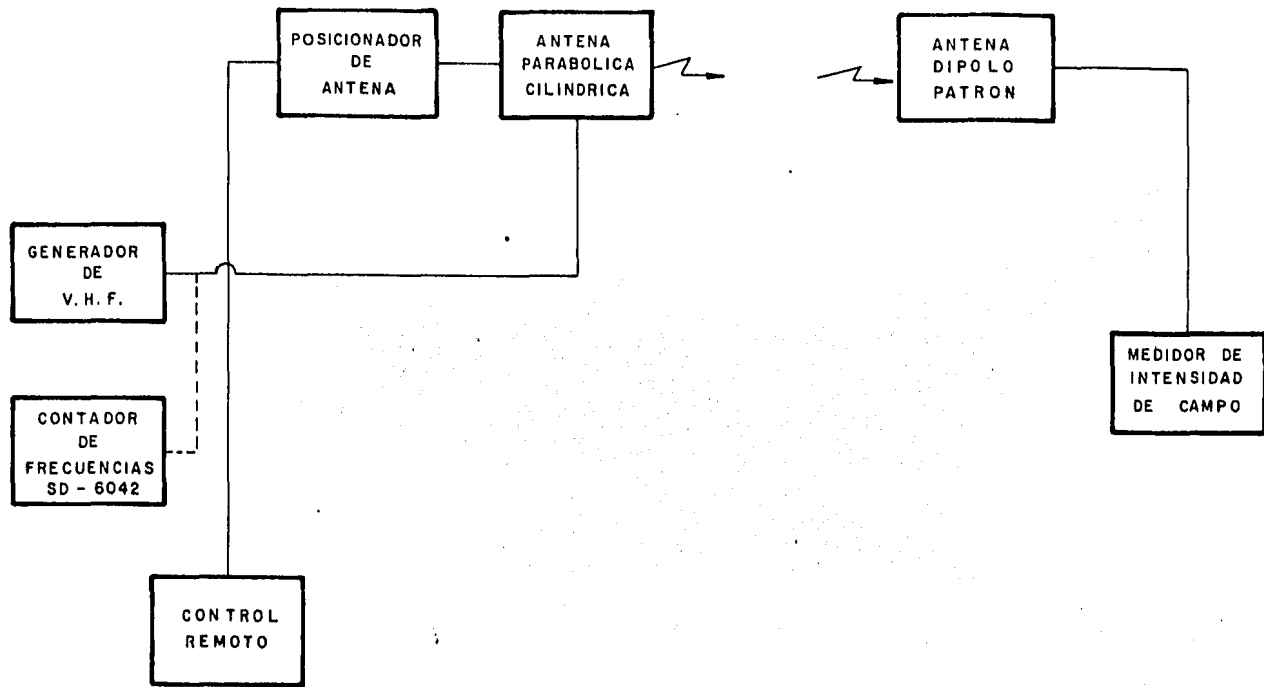


FIGURA 4.4 Arreglo para la determinación del patrón de radiación.

donde "dB(0°)" es la lectura obtenida en el ángulo azimuthal de "0°" y "R.M.S." es la raíz de la media de los cuadrados e igual a:

$$\text{R.M.S.} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N X_i^2}}{N} \quad (4.7)$$

donde " X_i " es la medición correspondiente a cada ángulo azimuthal y "N" es el número total de mediciones realizadas.

La figura 4.5 muestra el patrón de radiación obtenido de las pruebas realizadas, y la tabla 4.5 muestra los valores de intensidad de campo, en dB, obtenidos así como el resultado de la directividad y de la relación frente/espalda.

En la realización de medición de campo eléctrico los aparatos se compensaron en pérdidas teniendo como referencia máxima 30 dB, por lo que la ganancia no pudo ser calculada a partir de los datos obtenidos.

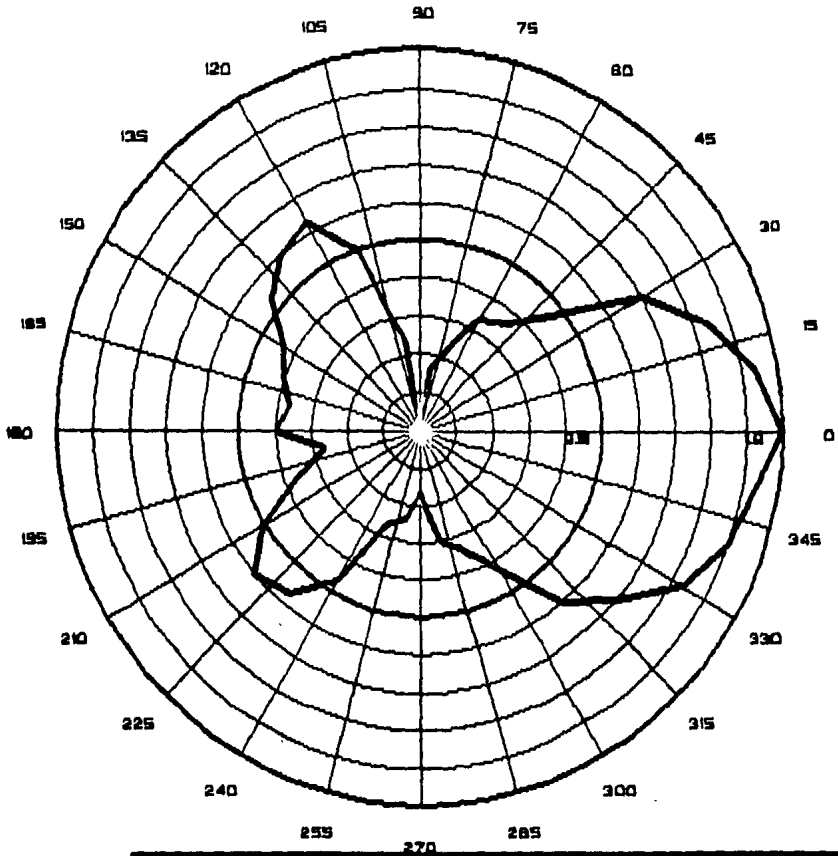
GRADOS	dB
0	30.0
10	28.0
20	25.0
30	21.0
40	14.0
50	11.0
60	10.0
70	7.0
80	5.0
90	0.0
100	7.0
110	15.0
120	19.0
130	18.0
140	16.0
150	13.0
160	12.0
170	11.0
180	12.0
190	8.0
200	11.0
210	15.0
220	18.0
230	17.0
240	14.0
250	8.0
260	7.0
270	5.0
280	9.0
290	10.0
300	13.0
310	18.0
320	21.0
330	25.0
340	27.0
350	28.0
360	30.0

Valor de la directividad 13.63 dB

Valor de la relación frente/espalda 7.95 dB

TABLA 4.5 Resultados del campo de radiación

PATRÓN
DE
RADIACIÓN



FRECUENCIA (MHz)	348
TIPO DE ANTENA: PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA	
NUMERO DE TUBOS: 20	

FIGURA 4.5 Patrón de Radiación Medido.

"CAPITULO 5"

"RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES"

5.1 Resultados teóricos.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos teóricamente de la aplicación del método de momentos a una antena parabólico-cilíndrica de rejilla. A partir del conocimiento de la distribución de corrientes, se obtuvieron las siguientes propiedades de radiación.

- a) Impedancia de entrada.
- b) Patrón de radiación (horizontal y vertical).
- c) Ganancia.
- d) Ancho de haz (horizontal y vertical).
- e) Relación frente/espalda.
- f) Directividad.

De cada una de estas propiedades es posible establecer un estudio de comparación y determinar la geometría óptima para una frecuencia específica. Sin embargo, y para fines de comparación con el modelo real, la configuración de la antena teórica no se varió en magnitud física y número de tubos, resultando alterada solamente la relación foco/apertura que determina la localización del alimentador y la concavidad de la antena.

De acuerdo con la geometría de la antena real (sección 4.1), se obtuvieron primeramente, las propiedades de radiación para una relación foco/apertura de 0.34 en un rango de frecuencias de 320 a 365 MHz con intervalos de 15 MHz. La tabla 5.1 muestra los resultados obtenidos para el rango de frecuencias antes mencionado. De los resultados se observan variaciones en la impedancia de entrada, ganancia, relación frente/espalda y directividad; comparando los resultados de la impedancia se puede establecer que su valor aumenta conforme se disminuye la frecuencia. En la figura 5.1 se muestra una gráfica de la variación de la impedancia con respecto a la frecuencia y en la figura 5.2 se muestra una gráfica de las variaciones de resistencia y reactancia con respecto a la frecuencia.

Para las frecuencias de 320 y 335 MHz los resultados de ganancia, relación frente/espalda y directividad se mantienen constantes para ambos. Sin embargo suponiendo que

FRECUENCIA (MHz)	320	335	350	365
Impedancia (ohms)	145.25	124.24	104.41	84.47
Ancho de haz horizontal (grados)	40	40	40	40
Ancho de haz vertical (grados)	20	20	20	20
Ganancia (dB)	4.5	4.5	4.2	3
Relación frente/espalda (dB)	6.84	6.84	6.84	3.5
Directividad (dB)	9.54	9.54	9.54	8.62

TABLA 5.1 Resultados teóricos en la banda

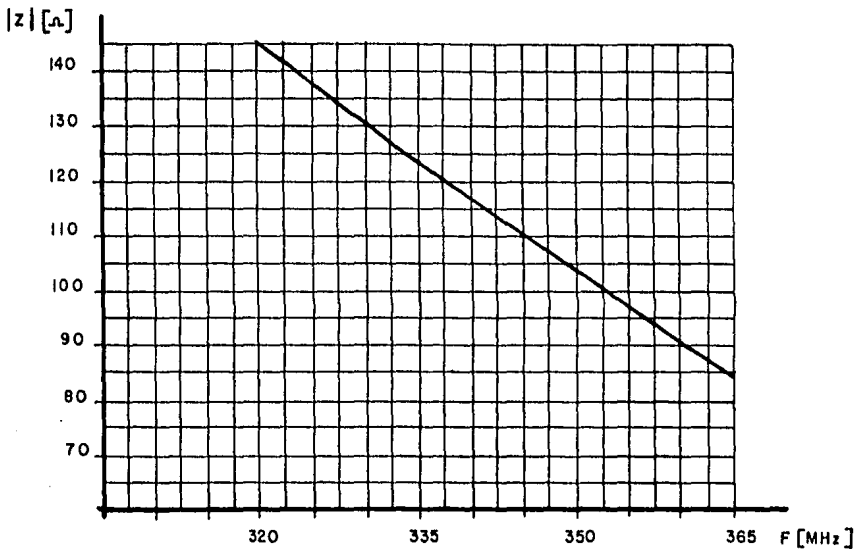


FIGURA 5.1 Gráfica de magnitud de impedancia v.s. frecuencia.

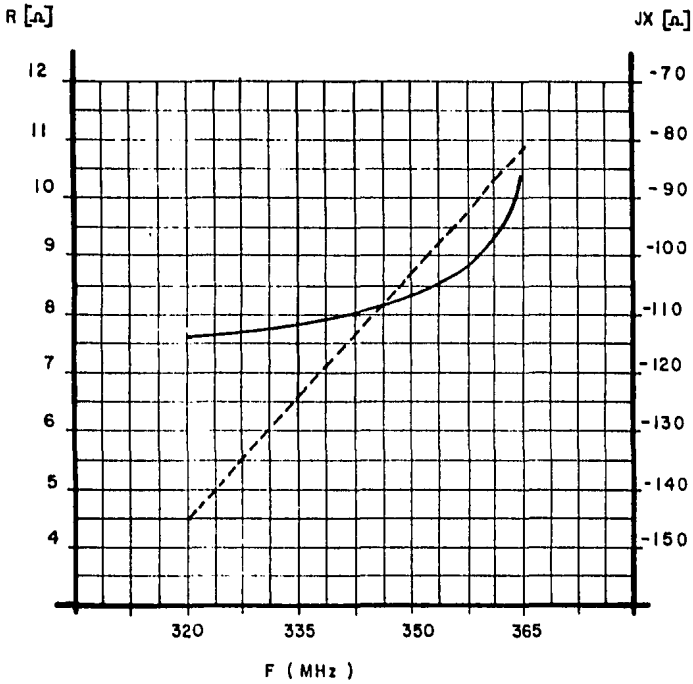


FIGURA 5.2 Gráfica de resistencia y reactancia v.s. frecuencia.

la frecuencia de operación sea 350 MHz, de acuerdo con la especificación del fabricante, los resultados de la relación frente/espalda y directividad son los mismos que para las frecuencias anteriores y se aprecia una disminución en el resultado de la ganancia de 0.3 dB.

En la frecuencia de 365 MHz se tiene que todos los valores disminuyen en magnitud por lo que en esta frecuencia se tiene el límite superior del ancho de banda. Si la frecuencia de operación se supone en 350 MHz, como se estableció con anterioridad, la determinación del límite inferior del ancho de banda es difícil de establecer debido a que para las dos frecuencias anteriores, 320 y 335 MHz, se tienen los mismos resultados con excepción del valor de impedancia de entrada, teniendo además mayor ganancia que para 350 MHz; sin embargo tomando el criterio de que la frecuencia de operación es la misma que la frecuencia central y habiendo establecido el límite superior en 365 MHz, el límite inferior es considerado en 335 MHz siendo entonces el ancho de banda de 30 MHz.

De la misma tabla de resultados se tiene que los anchos de haz, horizontal y vertical, tienen el mismo valor, respectivamente, a lo largo de toda la banda de frecuencia analizado; lo que significa que los puntos de media potencia se mantienen en una posición constante.

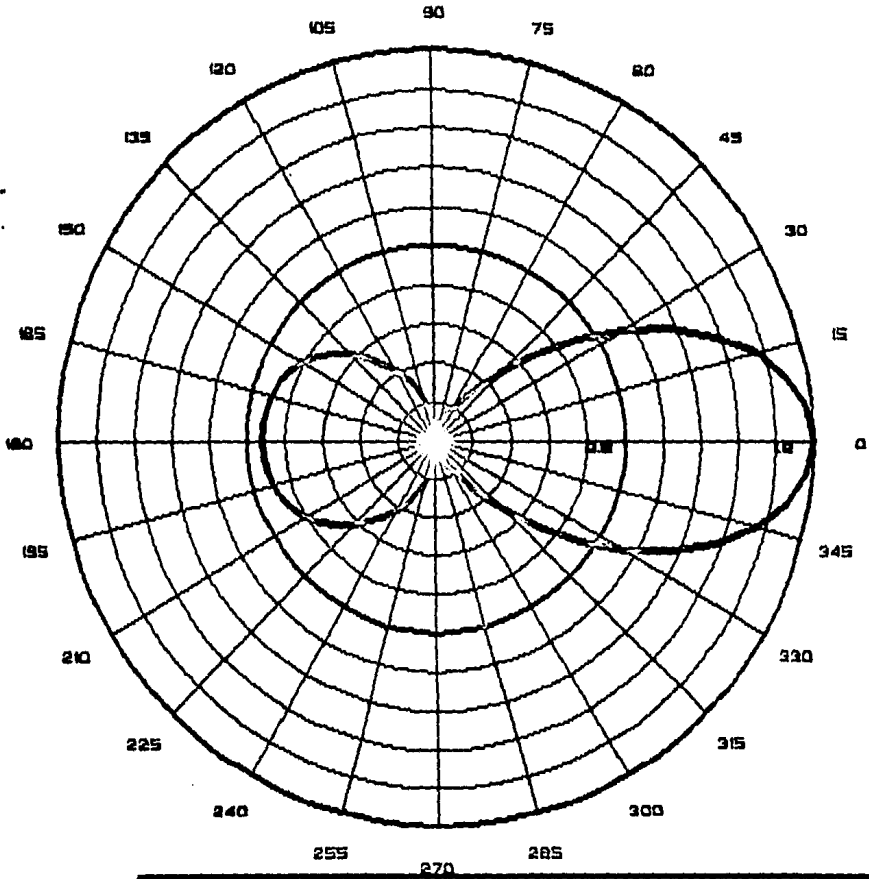
De la figura 5.3 a la figura 5.10 se muestran los patrones de radiación, localizándose en primer lugar los del plano horizontal y después los del plano vertical.

Con base en las figuras de los patrones de radiación, horizontal y vertical, y en los resultados del ancho de haz respectivos, tabla 5.1, se puede determinar que, la antena radia en forma parecida en el rango de frecuencias analizado, y varía solamente en el valor de impedancia y en los niveles de los lóbulos laterales del patrón de radiación en el plano vertical existiendo la menor fuga de energía para la frecuencia de 350 MHz. Para la graficación de estos patrones de radiación fue necesario normalizarlos con respecto al máximo campo radiado de cada frecuencia.

En la tabla 5.2 se muestran los resultados obtenidos de la variación de la relación foco/apertura, entre 0.28 y 0.34 con intervalos de 0.02 para una frecuencia constante de 350 MHz, manteniéndose también constantes los valores de ancho de haz, horizontal y vertical, y de impedancia de entrada. Los principales cambios los encontramos en la ganancia, directividad y relación frente/espalda obteniéndose los máximos valores para una relación foco/apertura de 0.32.

Con la misma frecuencia y los nuevos valores de relación foco/apertura las figuras 5.11, 5.12, 5.13 y 5.14 muestran los patrones de radiación para el plano horizontal y las figuras 5.15, 5.16, 5.17 y 5.18 muestran los patrones

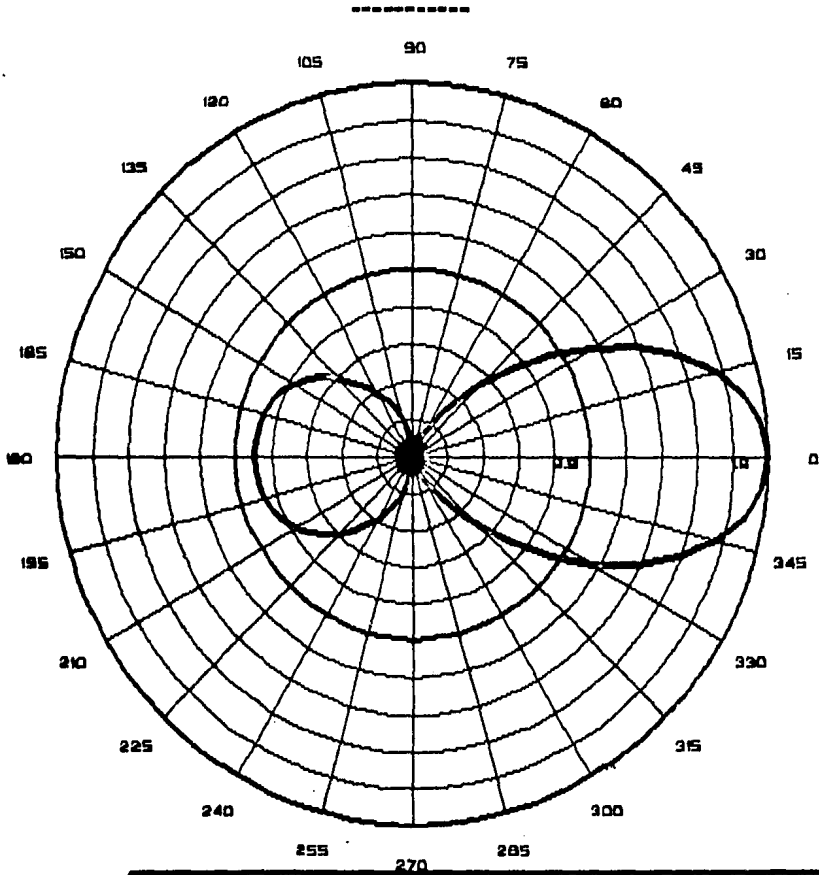
PATRÓN
HORIZONTAL



FRECUENCIA (MHz)	320.000
TIPO DE ANTENA:	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS:	20.000

FIGURA 5.3 Patrón de Radiación del
Plano Horizontal.

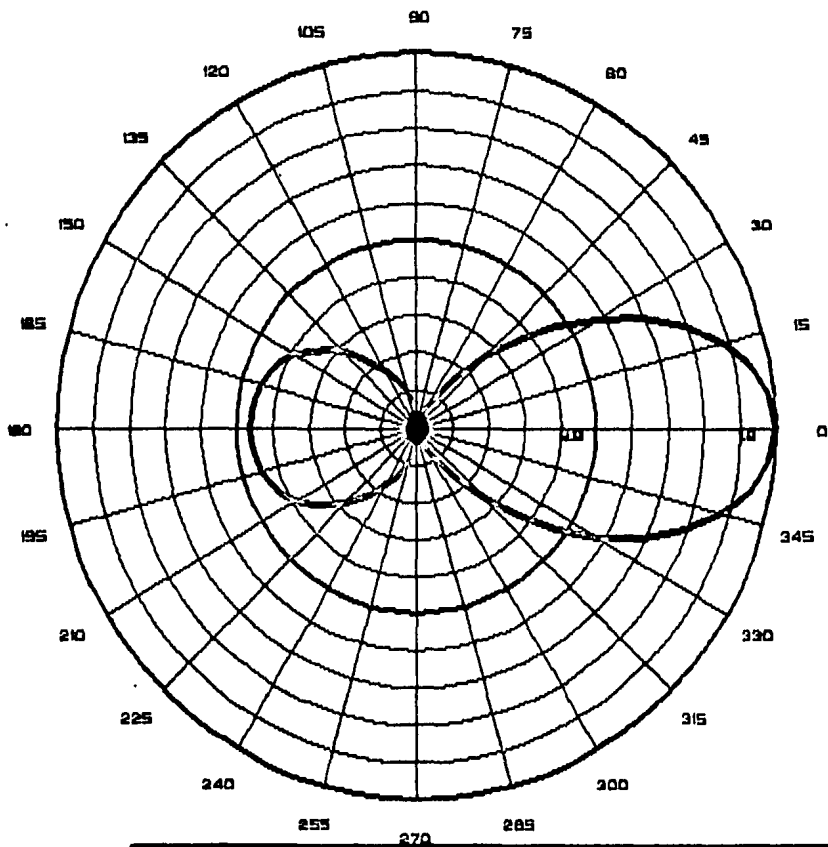
PATRÓN
HORIZONTAL



FRECUENCIA (MHz)	335.000
TIPO DE ANTENA:	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS:	20.000

FIGURA 5.4 Patrón de Radiación del
Plano Horizontal.

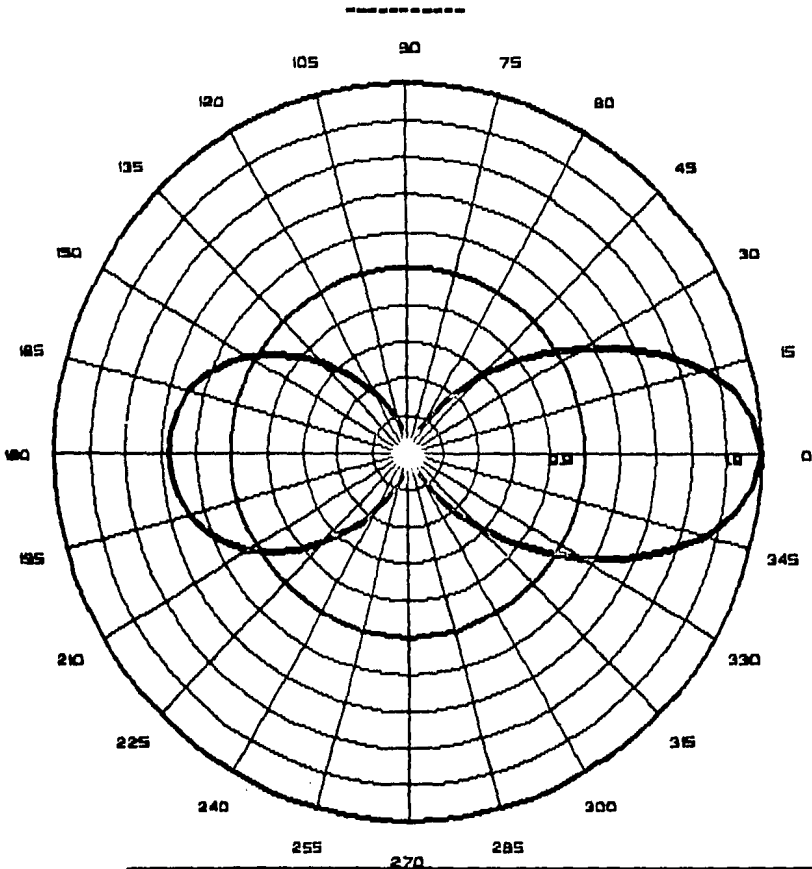
PATRÓN
HORIZONTAL



FRECUENCIA (MHz)	350.000
TIPO DE ANTENA	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS	20.000

FIGURA 5.5 Patrón de Radiación del
Plano Horizontal.

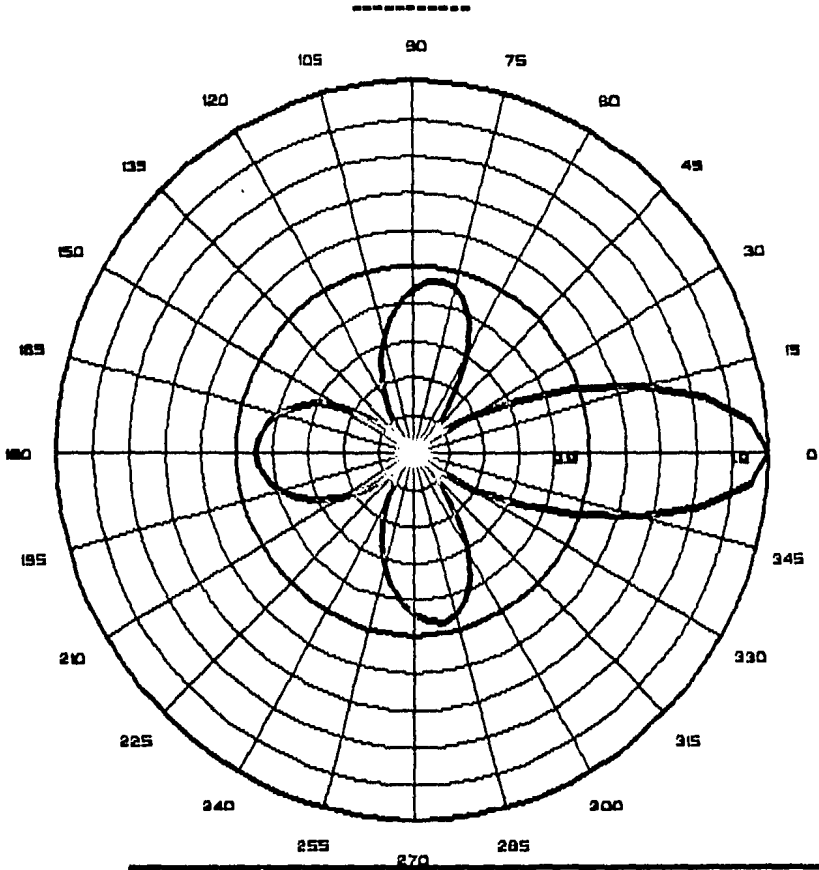
PATRÓN
HORIZONTAL



FRECUENCIA (MHz)	365.000
TIPO DE ANTENA:	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS:	20.000

FIGURA 5.6 Patrón de Radiación del Plano Horizontal.

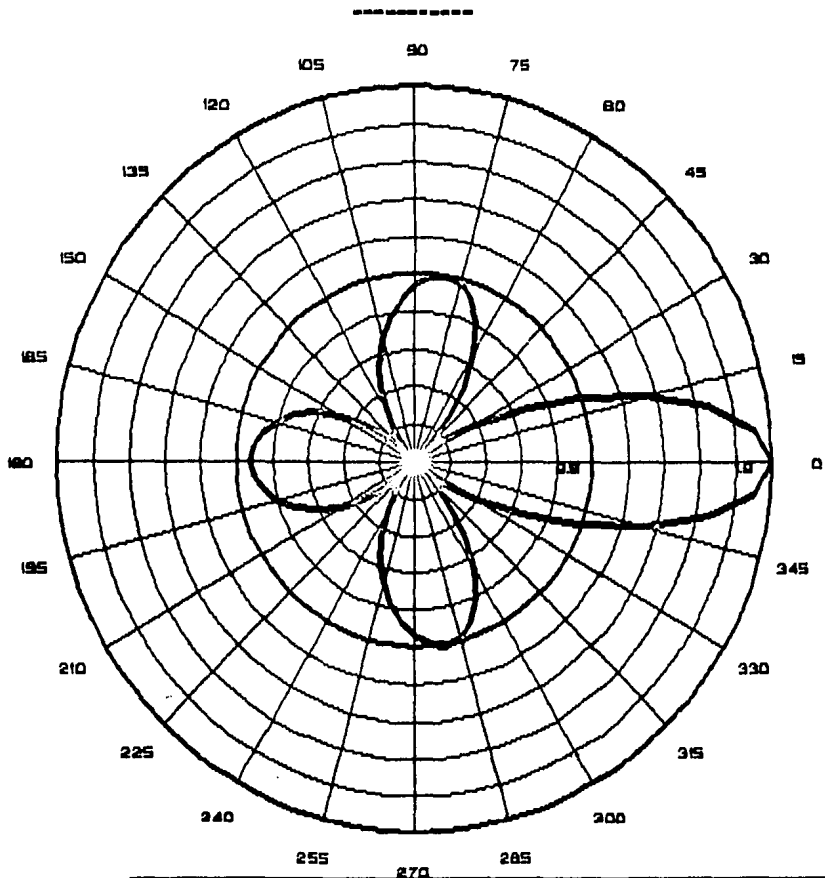
PATRÓN
VERTICAL



FRECUENCIA (MHz)	335.000
TIPO DE ANTENA	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS	20.000

FIGURA 5.7 Patrón de Radiación del Plano Vertical.

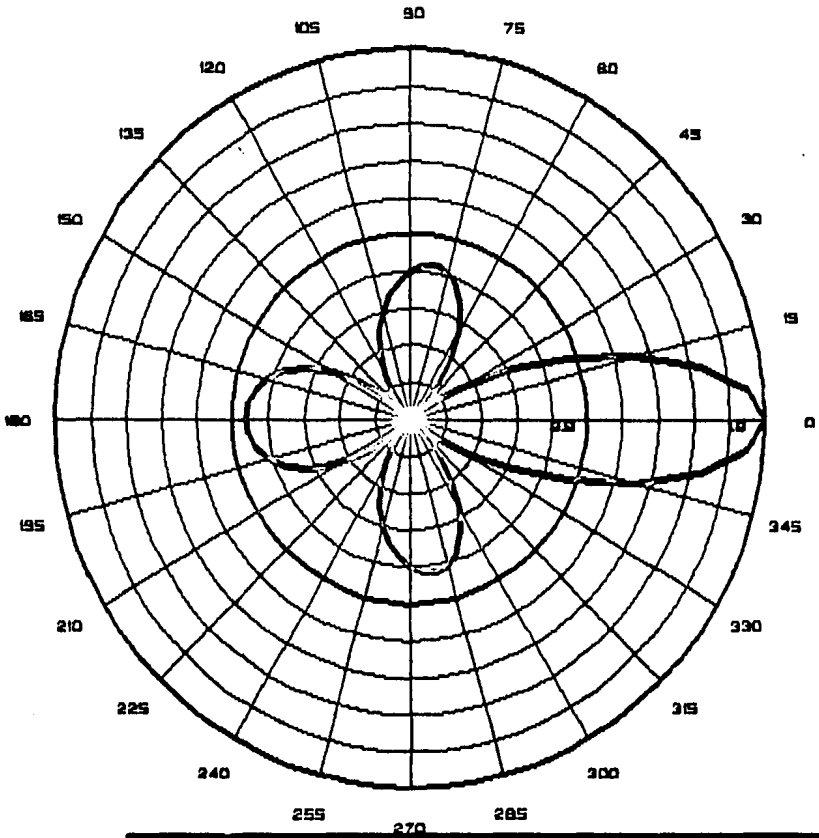
PATRÓN
VERTICAL



FRECUENCIA (MHz)	320.000
TIPO DE ANTENA	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS	20.000

FIGURA 5.8 Patrón de Radiación del
Plano Vertical.

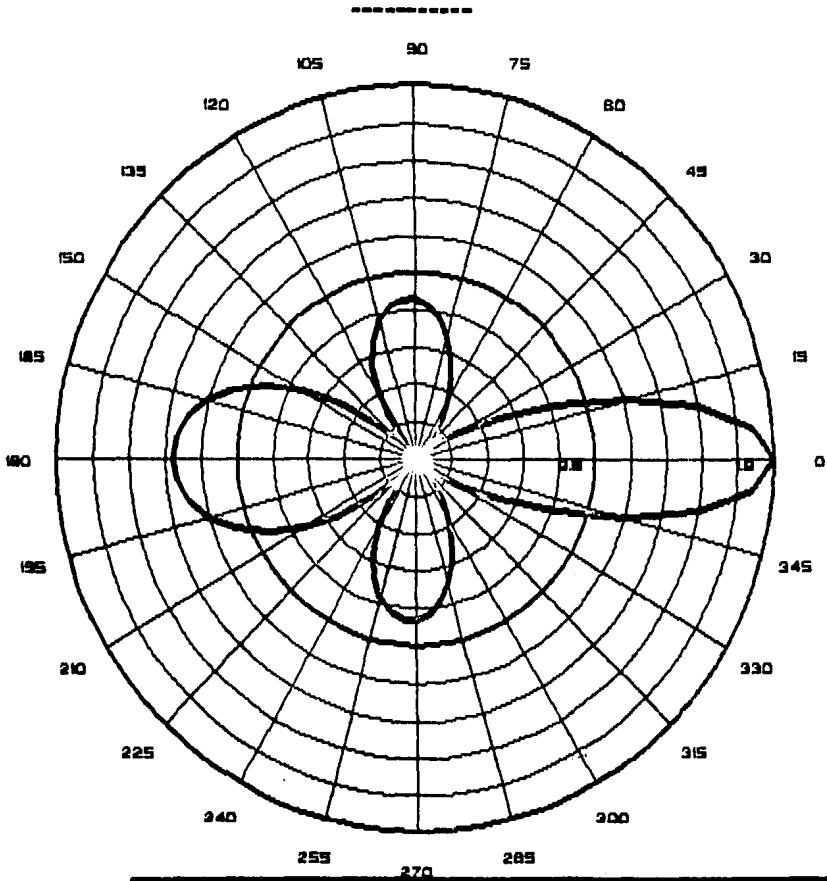
PATRÓN
VERTICAL



FRECUENCIA (MHz)	350.000
TIPO DE ANTENA:	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS:	20.000

FIGURA 5.9 Patrón de Radiación del
Plano Vertical.

PATRÓN
VERTICAL



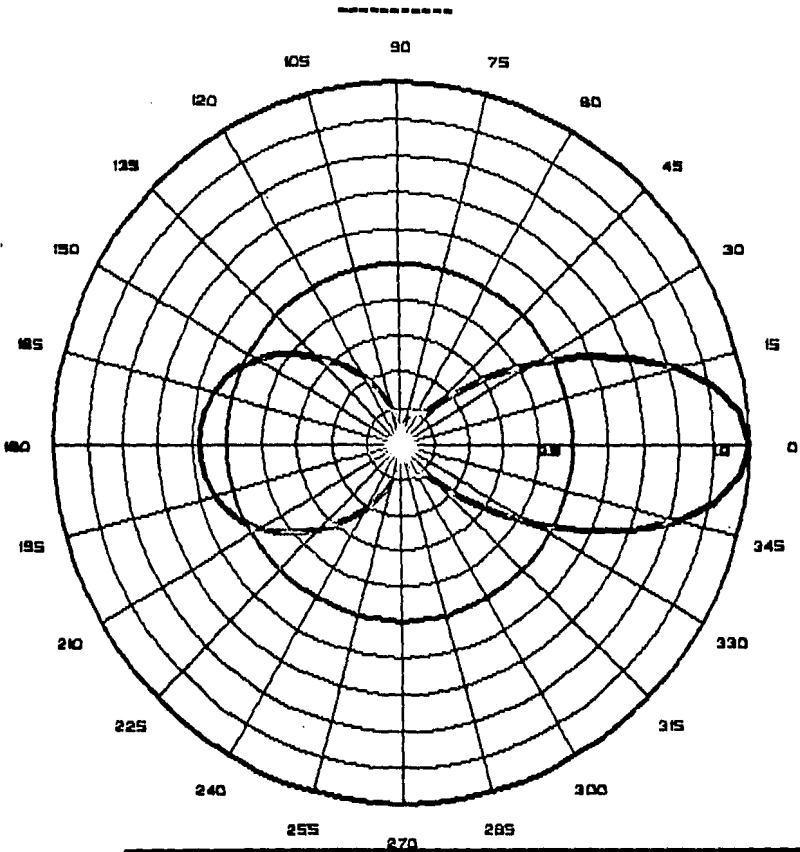
FRECUENCIA (MHz):	369.000
TIPO DE ANTENA:	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS:	20.000

FIGURA 5.10 Patrón de Radiación del
Plano Vertical.

RELACION \ PARAMETRO	0.28	0.30	0.32	0.34
Frecuencia (MHz)	350	350	350	350
Ancho de haz horizontal (grados)	40	40	40	40
Ancho de haz vertical (grados)	20	20	20	20
Ganancia (dB)	2.3	3.7	4.3	4.2
Relación frente /espalda (dB)	4.6	6.44	6.84	6.84
Impedancia de entrada (ohms)	104.14	104.13	104.24	104.41
Directividad (dB)	9.54	10.1	10.1	9.54

**TABLA 5.2 Resultados teóricos variando
la relación foco/apertura**

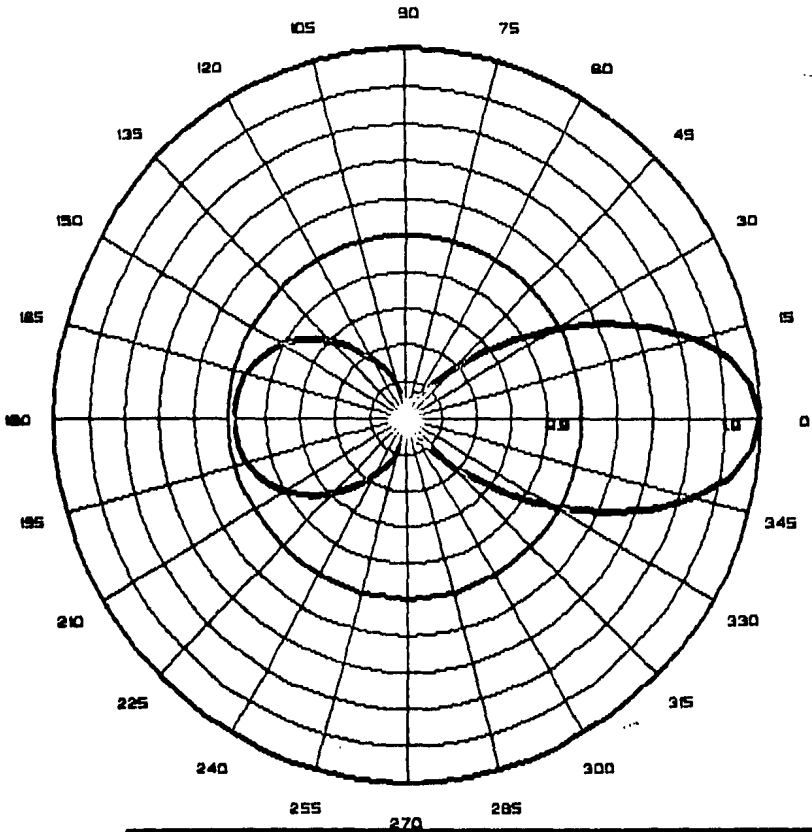
PATRÓN
HORIZONTAL



FRECUENCIA (MHz)	350.000
TIPO DE ANTENA	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS	20.000

FIGURA 5.11 Patrón de Radiación del Plano Horizontal para una Relación Foco/Apertura de 0.28.

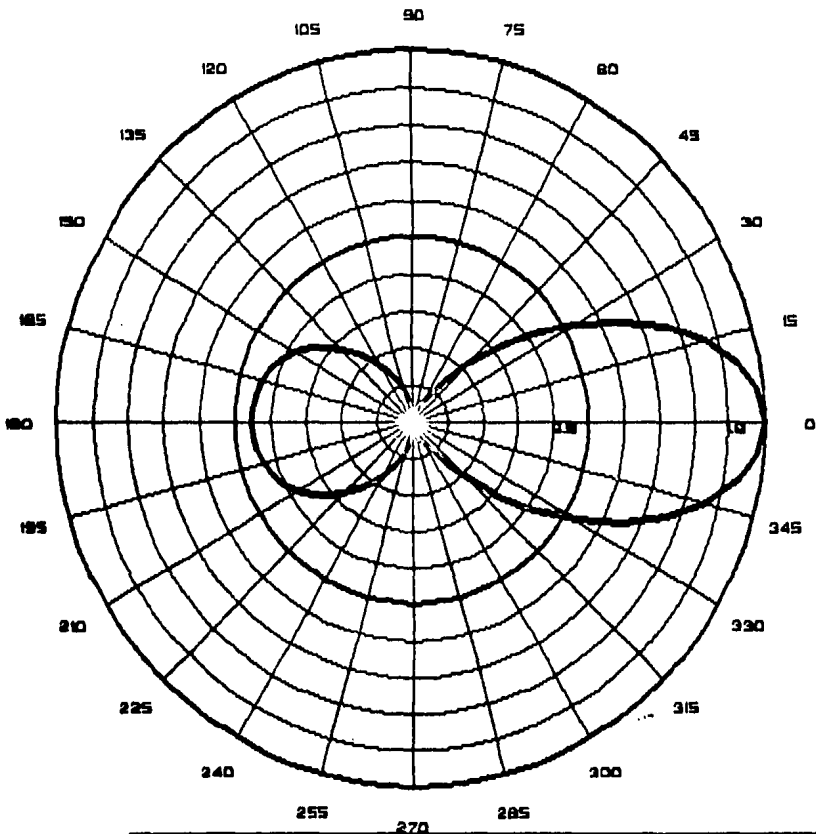
PATRÓN
HORIZONTAL



FRECUENCIA (MHz)	350.000
TIPO DE ANTENA	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS	20.000

FIGURA 5.12 Patrón de Radiación del Plano Horizontal para una Relación Foco/Apertura de 0.30.

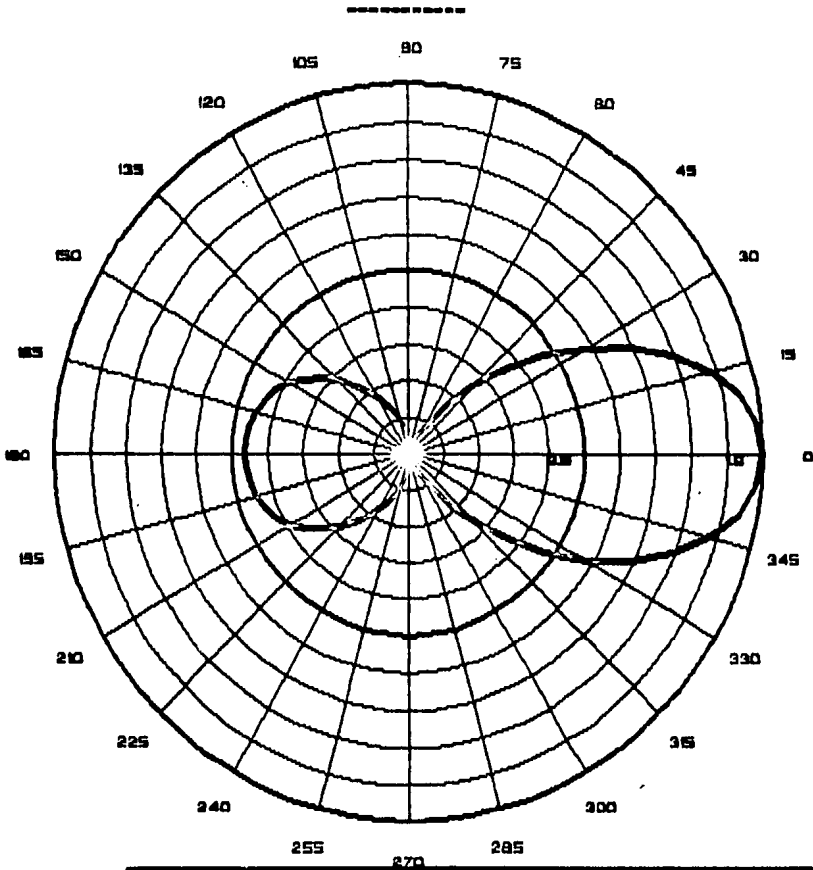
**PATRÓN
HORIZONTAL**



FRECUENCIA (MHz)	350.000
TIPO DE ANTENA:	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS:	20.000

FIGURA 5.13 Patrón de Radiación del Plano Horizontal para una Relación Foco/Apertura de 0.32.

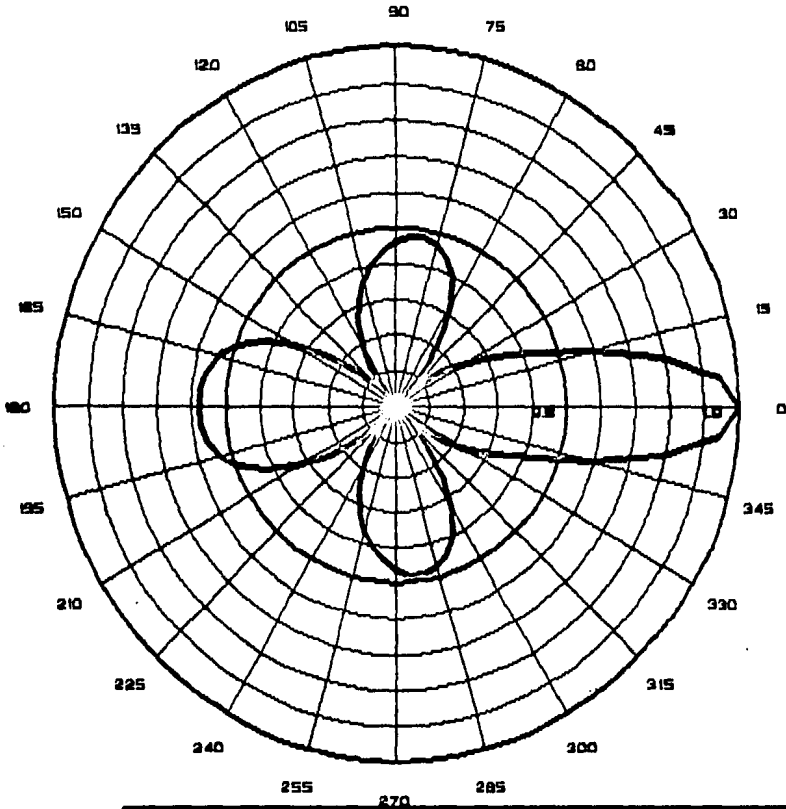
**PATRÓN
HORIZONTAL**



FRECUENCIA (MHz)	330.000
TIPO DE ANTENA	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS	20.000

FIGURA 5.14 Patrón de Radiación del Plano Horizontal para una Relación Foco/Apertura de 0.34.

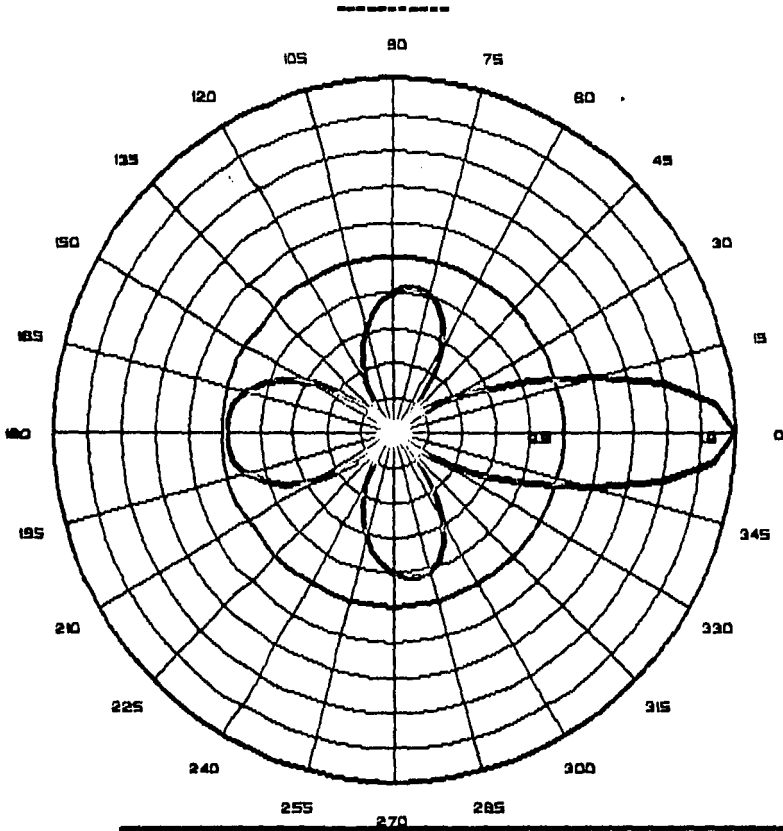
PATRÓN
VERTICAL



FRECUENCIA (MHz)	350.000
TIPO DE ANTENA:	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS:	20.000

FIGURA 5.15 Patrón de Radiación del Plano Vertical
para una Relación Foco/Apertura de 0.28.

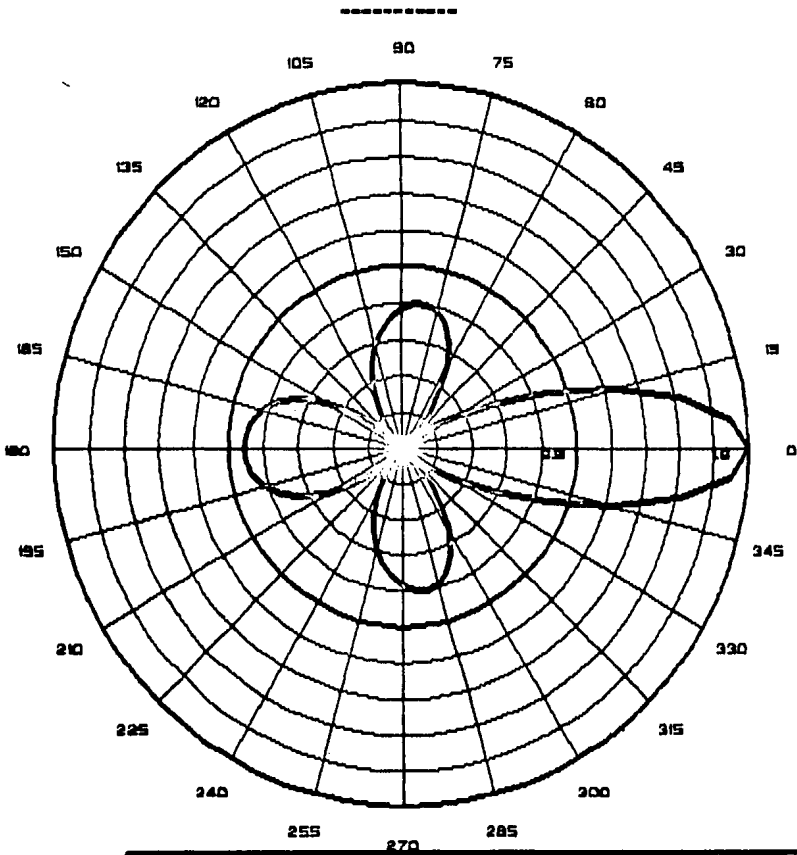
PATRÓN
VERTICAL



FRECUENCIA (MHz)	350.000
TIPO DE ANTENA:	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS:	20.000

FIGURA 5.16 Patrón de Radiación del Plano Vertical para una Relación Foco/Apertura de 0.30.

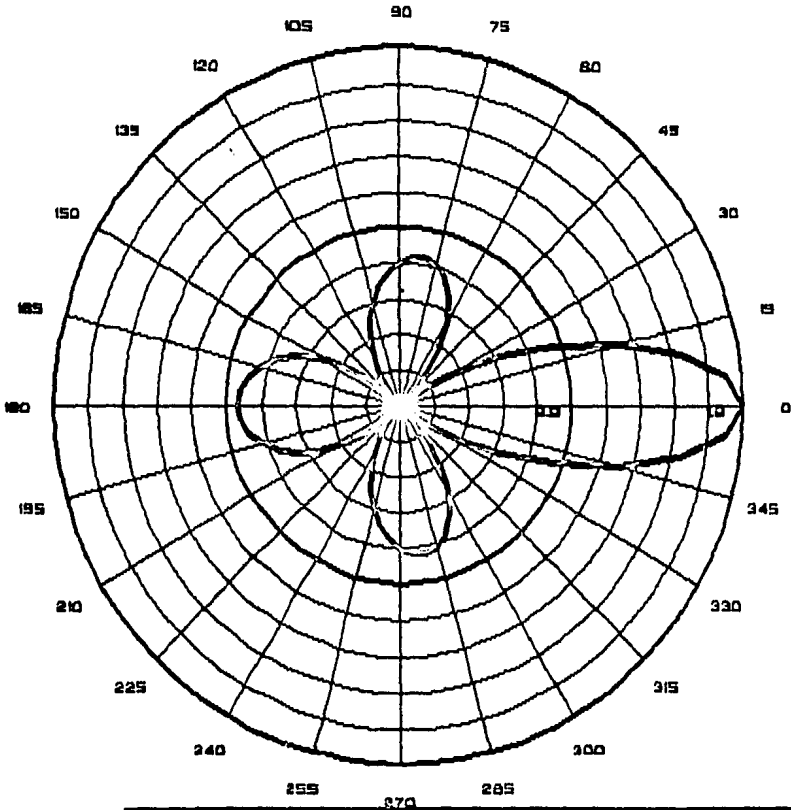
PATRÓN
VERTICAL



FRECUENCIA (MHz)	390.000
TIPO DE ANTENA	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS	20.000

FIGURA 5.17 Patrón de Radiación del Plano Vertical
para una Relación Foco/Apertura de 0.32.

PATRÓN
VERTICAL



FRECUENCIA (MHz)	330.000
TPO DE ANTENA:	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS:	20.000

FIGURA 5.18 Patrón de Radiación del Plano Vertical
para una Relación Foco/Apertura de 0.34.

de radiación para el plano vertical. De las figuras anteriores se observa que para una relación foco/apertura de 0.32 la fuga de energía es menor que para una relación de 0.34

De lo anterior se puede considerar que la antena parabólico-cilíndrica de rejilla, para las dimensiones especificadas en la sección 4.1, tiene las mejores propiedades de radiación en la frecuencia de 350 MHz, con una relación foco/apertura de 0.32 y con un ancho de banda de 30 MHz.

5.2 Resultados prácticos.

En el capítulo cuatro se estableció el procedimiento empleado para la obtención de las propiedades de radiación de una antena parabólico-cilíndrica de rejilla, al igual que los resultados obtenidos de la pruebas.

Para llevar a cabo la realización de dichas pruebas se presentaron dificultades imposibles de solucionar como la falta de equipo de medición de ganancia, de mástiles flexibles para colocar la antena con polarización vertical y la imposibilidad de desmontar el circuito acoplador a 75 ohms localizado en el alimentador de la antena. Debido a estas dificultades no fue posible obtener las siguientes propiedades de radiación de la antena: el patrón de

radiación para el plano vertical, la ganancia y la impedancia de entrada.

De las mediciones que si fue posible realizar se puede hacer un análisis comparativo con los resultados teóricos presentados en la sección anterior.

La falta de medición de algunas de las características, condujo a la búsqueda de información con fabricantes de antenas; se consiguieron valores de algunas características pero no se pudieron considerar debido a que los valores especificados no concuerdan con los resultados medidos como puede observarse en la tabla 5.3. Además, dentro de las especificaciones del fabricante no se encuentra incluido el patrón de radiación, que es una de las principales propiedades en el comportamiento de la antena.

De los resultados obtenidos en las pruebas efectuadas a la antena parabólico-cilíndrica de rejilla se pueden obtener algunas características de radiación adicionales como la directividad, el ancho de haz horizontal y la relación frente/espalda, que fueron evaluadas en el capítulo anterior.

En las pruebas se obtuvo que la antena trabaja a una frecuencia de operación igual a 348.5 MHz y con un ancho de banda de 26.5 MHz (tabla 4.3). En las tres frecuencias del ancho de banda, se evaluó la relación de onda estacionaria

PARAMETRO	RESULTADOS PRACTICOS	DATOS DEL FABRICANTE
Frecuencia (MHz)	348	350
Ancho de haz horizontal (grados)	56	37
Ancho de haz vertical (grados)	-	28
Ganancia (dB)	-	11
Relación frente/espalda (dB)	7.95	9
Impedancia de entrada (ohms)	75	75
Directividad (dB)	13.63	-
VSWR max.	1.9	1.5

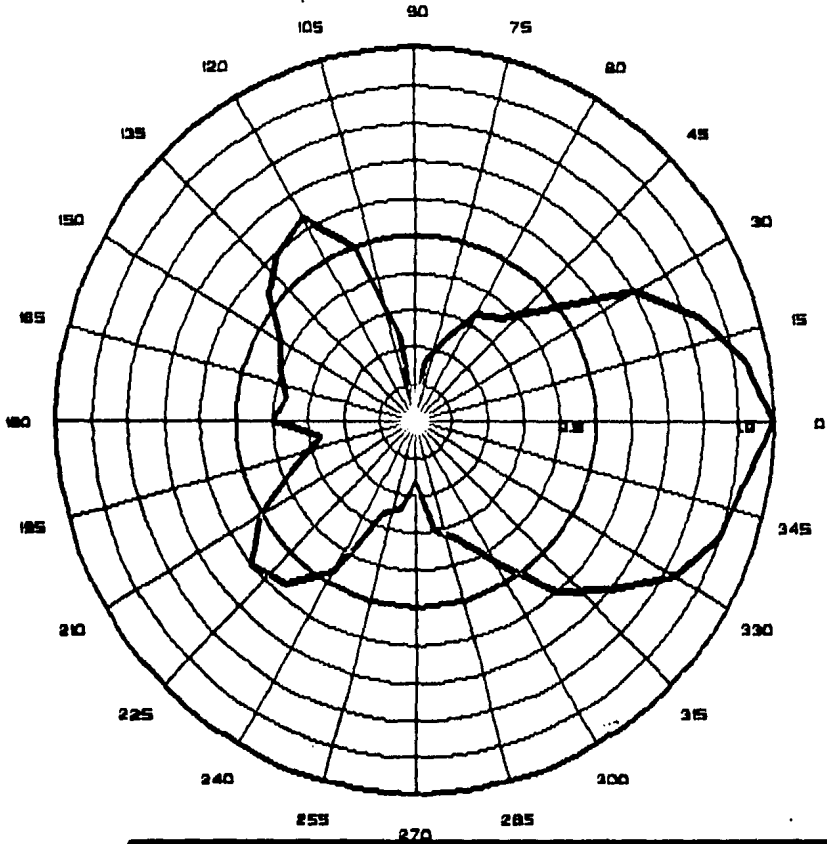
TABLA 5.3 Resultados prácticos y especificaciones del fabricante.

(VSWR) obteniéndose el valor mínimo en la frecuencia central con un valor de 1.4. Este valor de relación de onda estacionaria (VSWR) puede tomar valores desde "uno" hasta " ∞ " (infinito); cuando no se tiene onda reflejada toma el valor de "uno" y cuando la onda reflejada es igual, en magnitud, a la onda incidente toma el valor de " ∞ ".

De los resultados de impedancia obtenidos, tabla 4.4, se comprueba que efectivamente se tiene un acoplador de impedancia a 75 ohms, con una frecuencia de operación igual a la de la antena. Por la ubicación de dicho acoplador, no fué posible obtener información acerca de su funcionamiento y de los componentes que lo forman, ya que al variar la frecuencia en aumento o disminución el valor de la impedancia no varió de la misma forma.

Las propiedades de radiación obtenidas a partir de la medición del patrón de radiación se ven afectadas de igual manera que éste. En la figura 5.19 se observan irregularidades en la forma del patrón de radiación medido, de lo cual se deduce que se encuentra afectado por interferencia de señales y reflexiones de energía producidas por los obstáculos cercanos al lugar donde se realizaron las mediciones.

PATRÓN
DE
RADIACIÓN



FRECUENCIA (MHz):	348
TIPO DE ANTENA: PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA	
NUMERO DE TUBOS: 20	

FIGURA 5.19 Patrón de Radiación Medido.

5.3 Comparación de los resultados.

En esta sección se realizará una comparación de los resultados presentados en las secciones anteriores. Con las propiedades de radiación obtenidas teórica y prácticamente se puede establecer una evaluación del diseño práctico de la antena real.

Comparando los resultados presentados en la tabla 5.4, para una relación foco/apertura de 0.32 en los resultados teóricos, se observa que los valores prácticos no se encuentran muy alejados de los valores teóricos (al obtener la media cuadrática de los porcentajes se puede considerar una tolerancia de 30.41 %); además se puede considerar que el ancho de banda teórico es igual al práctico con el límite superior en 365 MHz, la frecuencia central en 350 MHz y el límite inferior en 335 MHz.

Como se dedujo con anterioridad los valores de campo eléctrico medido se encuentran afectados y como a partir de éstos se obtuvieron otras propiedades de radiación de la antena, éstas se encontrarán también afectadas.

Para el ancho de haz horizontal tenemos que el valor medido supera el valor teórico obtenido; sin embargo, se puede apreciar que la diferencia de 16^{co} grados no es muy grande al considerar que este resultado práctico se obtuvo a partir del conocimiento del patrón de radiación. Las

PARAMETRO	RESULTADOS TEORICOS	RESULTADOS PRACTICOS
Frecuencia (MHz)	350	348
Impedancia (ohms)	104.24	75
Ancho de haz horizontal (grados)	40	56
Ancho de haz vertical (grados)	20	--
Ganancia (dB)	4.3	--
Relación frente/espalda (dB)	6.84	7.95
Directividad (dB)	10.1	13.63

TABLA 5.4 Resultados teóricos y prácticos.

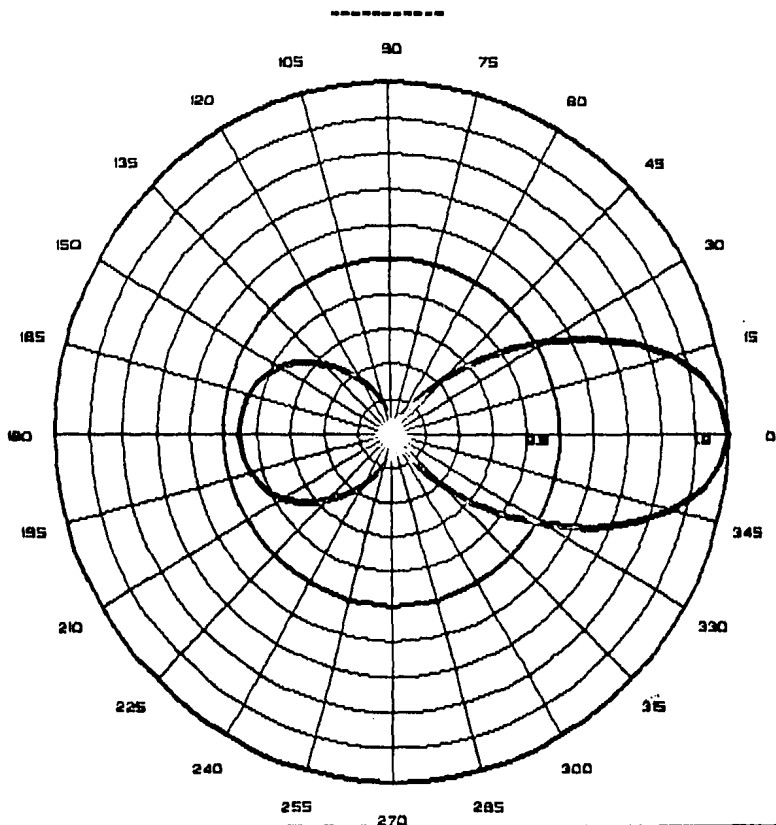
figuras 5.20 y 5.21 muestran el patrón de radiación teórico y medido, respectivamente. De estas figuras se puede realizar una estimación del comportamiento real de la antena; las dos figuras unicamente contienen dos lóbulos principales, uno hacia el frente en la dirección de radiación, y otro hacia atrás que representa las fugas de energía sufridas por el espaciamento entre los tubos. En la figura 5.21 se pueden apreciar tambien dos desviaciones adicionales en el lóbulo posterior que en el patrón de radiación teórico no aparecen (figura 5.20). Con las pruebas realizadas no se puede verificar el comportamiento real de la antena en toda su banda de operación, ya que sólo se determinaron los límites de la banda y no se evaluó el patrón de radiación en los mismos.

El factor que relaciona la ganancia con la directividad es la eficiencia; si la antena fuese ideal este factor tomaría el valor de la unidad y la directividad sería igual a la ganancia, sin embargo la eficiencia de la antena solo puede determinarse teóricamente debido a que la ganancia del modelo práctico no pudo ser obtenida por lo que solo el valor de la directividad es posible de comparar, siendo el resultado práctico mayor que el resultado teórico con una diferencia de 4.09 dB. La tabla 5.5 muestra los valores de eficiencia teóricos de los cuales se puede establecer que no se tiene un diseño geométrico óptimo en la antena ya que aunque la ganancia y la directividad aumentan, para una

figuras 5.20 y 5.21 muestran el patrón de radiación teórico y medido, respectivamente. De estas figuras se puede realizar una estimación del comportamiento real de la antena; las dos figuras unicamente contienen dos lóbulos principales, uno hacia el frente en la dirección de radiación, y otro hacia atrás que representa las fugas de energía sufridas por el espaciamiento entre los tubos. En la figura 5.21 se pueden apreciar tambien dos desviaciones adicionales en el lóbulo posterior que en el patrón de radiación teórico no aparecen (figura 5.20). Con las pruebas realizadas no se puede verificar el comportamiento real de la antena en toda su banda de operación, ya que sólo se determinaron los límites de la banda y no se evaluó el patrón de radiación en los mismos.

El factor que relaciona la ganancia con la directividad es la eficiencia; si la antena fuese ideal este factor tomaría el valor de la unidad y la directividad sería igual a la ganancia, sin embargo la eficiencia de la antena solo puede determinarse teóricamente debido a que la ganancia del modelo práctico no pudo ser obtenida por lo que solo el valor de la directividad es posible de comparar, siendo el resultado práctico mayor que el resultado teórico con una diferencia de 4.09 dB. La tabla 5.5 muestra los valores de eficiencia teóricos de los cuales se puede establecer que no se tiene un diseño geométrico óptimo en la antena ya que aunque la ganancia y la directividad aumentan, para una

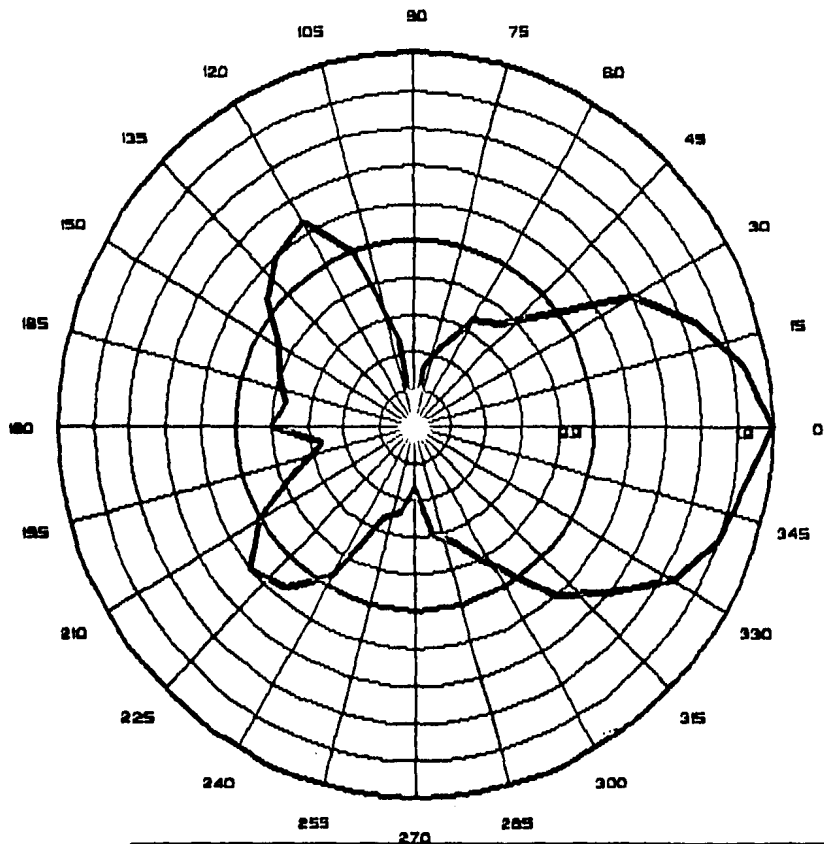
PATRÓN
HORIZONTAL



FRECUENCIA (MHz):	350.000
TIPO DE ANTENA:	PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA
NUMERO DE TUBOS:	20.000

FIGURA 5.20 Patrón de Radiación del Plano Horizontal
Obtenido Teóricamente.

PATRÓN
DE
RADIACIÓN



FRECUENCIA (MHz) 348

348

TIPO DE ANTENA: PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA

NUMERO DE TUBOS: 20

FIGURA 5.21 Patrón de Radiación Medido.

	FRECUENCIA (MHz)	EFICIENCIA
Para una relación foco/apertura de 0.34	320	47.16 %
	335	47.16 %
	350	44.02 %
	365	34.8 %
	RELACION FOCO/ APERTURA	EFICIENCIA
Para una frecuencia de 350 MHz	0.28	24.1 %
	0.30	36.63 %
	0.32	42.57 %
	0.34	44.02 %

TABLA 5.5 Valores de eficiencia teóricos.

frecuencia de 350 MHz y una relación foco/apertura de 0.32, la eficiencia disminuye en comparación de cuando se tiene una relación foco/apertura de 0.34; por lo cual no se puede asegurar que la antena tenga las mejores propiedades de radiación en la frecuencia de 350 MHz, con una relación foco/apertura de 0.32.

Analizando los valores de la impedancia de entrada, la comparación no es posible de realizar, debido a la presencia del circuito acoplador de impedancia a 75 ohms.

5.4 Conclusiones y comentarios.

En esta parte de la tesis se obtendrán conclusiones de la comparación antes expuesta y se harán comentarios sobre el estudio realizado en esta tesis, así como las consideraciones necesarias para que se pueda llevar a cabo un análisis mejor.

Considerando las dificultades presentadas en las mediciones, es difícil corroborar que estos resultados sean correctos; sin embargo, se puede asegurar que los resultados teóricos obtenidos de la aplicación del método de momentos son confiables (14,15,16,17).

De las mediciones realizadas se concluye que la antena tiene un buen comportamiento ya que supera los resultados teóricos predichos, considerandose éstos resultados como una referencia básica para asegurar el funcionamiento de la antena.

De toda la comparación antes expuesta se concluye que el método de momentos es un método confiable para analizar las propiedades de radiación de una antena y que el diseño de esta puede mejorarse ya que este método permite variar parámetros y dimensiones. Las características de radiación de la antena tipo parabólico-cilíndrica de rejilla, obtenidas por el método de momentos pueden ser mejoradas ya que la programación del método permite variar todas las dimensiones de la antena así como la frecuencia. Si el análisis de la antena se efectuara en función de la frecuencia, es decir escoger una frecuencia y a partir de esta establecer las dimensiones en longitudes de onda, se puede evaluar para cada una de las frecuencias, las dimensiones óptimas necesarias para obtener las mejores propiedades de radiación de una antena.

Los resultados numéricos de los valores de la matriz de impedancias pueden mejorarse si la antena es dividida en un número mayor de segmentos; la dificultad de realizar esto radica en el tiempo de procesamiento de máquina ya que en un momento dado puede ser un obstáculo para analizar una antena

constituida por un gran número de elementos y trabajando a una frecuencia muy alta. Esto tendría como consecuencia el hacer uso de técnicas más sofisticadas para la obtención de la matriz de admitancias.

Para una mejor comparación del método de momentos es necesario contar con un modelo práctico, que en general es un modelo a escala, con el cual hacer las mediciones necesarias y contar, tanto con el equipo esencial que permita obtener una evaluación confiable, como con un lugar en el cual se carezca en lo posible de reflexiones e interferencias, pero con facilidad de conexión de aparatos e instalación de la antena.

El análisis realizado por el método de momentos también permite evaluar el material óptimo de construcción de una antena, ya que dependiendo del material los factores de permeabilidad y de permitividad cambian su valor, quedando las características eléctricas de radiación supeditadas a dichos factores.

La aplicación del método de momentos a una antena cualquiera simplifica la solución analítica de de sus propiedades de radiación, gracias a la capacidad de las computadoras modernas.

Como conclusión final se establece que el método de momentos es el más adecuado para analizar antenas de éste tipo, ya que considera desde la forma de construcción, tomando en cuenta su geometría y sus dimensiones, hasta la forma de radiación de las ondas electromagnéticas para diferentes medios de transmisión y material de construcción. Como consecuencia, el diseño de antenas puede mejorarse disminuyendo el costo de las mismas y la dificultad de construcción.


```
ENDDO
TYPE *,' '
TYPE *,' '

```

```
C
STOP'          <<***** " FIN DEL PROGRAMA " *****>>'
END

```

```
C
C
C *****

```

```
SUBROUTINE AVISO

```

```
PRESENTACION DEL PROGRAMA.
VARIABLES.
CHARACTER BOPANT*6,X*2,Y*2,BALIN*1
PARAMETRO.
DATA BOPANT/' BOPANT'/

```

```
C
CALL VT150(BOPANT)      !borra la pantalla.
X='02'
Y='18'
CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))      !mueve el cursor en pantalla.
TYPE 10
10  FORMAT( T18,' PROGRAMA PARA EL DISENO DE ANTENAS PARABOLICO')
X='06'
Y='13'
CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
TYPE 20
20  FORMAT( T13,' CILINDRICAS DE REJILLA,POR MOMENTOS (METODO).')
X='12'
Y='18'
CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
TYPE 30
30  FORMAT( T18,' INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS ')
X='18'
Y='43'
CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
TYPE 40
40  FORMAT( T43,' GRUPO DE RADIO. ')
X='22'
Y='05'
CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
TYPE 50
50  FORMAT( T5,' p/continuar,de return >','$)
ACCEPT 60,BALIN
60  FORMAT(A1)
C
RETURN
END

```

```
C
C *****
SUBROUTINE MENU(OPCION)
*****

```

```
SELECCION DE LA LABOR.
VARIABLES.
CHARACTER BOPANT*6,X*2,Y*2,OPCION*1,BALIN*1
LOGICAL OKEY
PARAMETRO.
BOPANT=' BOPANT'

```

```
C
```



```

OKEY = .TRUE.
CALL VT150(BOPANT)
MUESTRA DEL MENU.
TYPE *, ' MENU P/SELECCIONAR OPCION:'
TYPE *, '
TYPE *, '
TYPE *, '      (1) IMPEDANCIAS'
TYPE *, '      (2) CORRIENTES'
TYPE *, '      (3) CAMP. ELEC.'
TYPE *, '      (4) GANANCIA'
TYPE *, '
TYPE *, '
TYPE *, '      OPCION A UTILIZAR: _'
DO WHILE ( OKEY )
  X = '10'
  Y = '27'
  CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
  ACCEPT 10,OPCION
  FORMAT(A1)
  SELECCION DE LA OPCION.
  IF(OPCION .EQ. '1' .OR.
1     OPCION .EQ. '2' .OR.
2     OPCION .EQ. '3' .OR.
3     OPCION .EQ. '4' ) THEN
    OKEY = .FALSE.
  ELSE
    X = '20'
    Y = '05'
    CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
    TYPE 20
20  FORMAT(1X,' favor de escoger bien, p/continuar de return >', $)
    ACCEPT 10,BALIN
  ENDIF
ENDDO
RETURN
END

```

```

*****
SUBROUTINE COOR
*****

```

```

DETERMINACION DE VARIABLES Y PARAMETROS
-----

```

FRECUENCIA	FR
NUMERO PI	PI
VELOCIDAD DE LA LUZ	C
PERMEABILIDAD	EPSI
PERMITIVIDAD	MU
# DE TUBOS DEL REFLECTOR PARABOLICO	NTRP
MAGNITUD DE LOS TUBOS DEL REFLECTOR PARABOLICO	MTRP
RADIO DE LOS TUBOS DEL REFLECTOR PARABOLICO	RTRP
APERTURA DE LA ANTENA PARABOLICA	AAP
RELACION APERTURA/FOCO	REL
LIMITE SUPERIOR DEL REFLECTOR PARABOLICO	LSRP
LIMITE INFERIOR DEL REFLECTOR PARABOLICO	LIRP
TUBO CENTRAL DEL REFLECTOR PARABOLICO	TCRP
LONGITUD TOTAL DEL REFLECTOR PARABOLICO	LTRP
# DE PUNTOS TOTALES	NPT

```

C      DIFERENCIAL DE LONG. DEL REFLECTOR PARABOLICO      DLRP
C      VALUACION DE ARCO                                  OM
C      DERIVADA DE OM                                    OMB
C      LAMBDA                                             LAMDA
C      DISTANCIA FOCAL                                    DFOCAL
C      # DE SEGMENTOS DEL REFLECTOR PARABOLICO          NSEG
C      # DE PUNTOS TOTALES DEL REFLECTOR PARABOLICO     NPT
C      NUEVO VALOR DE DX, # DE LAMBDA                   NDX
C      LONGITUD DEL TUBO ALIMENTADOR                    LTA
C      RADIO DEL TUBO ALIMENTADOR                       RTA
C      COOR. CENTRAL DEL TUBO ALIMENTADOR               CCTA
C      # DE DIPOLOS                                      ND
C      LONGITUD DE LOS DIPOLOS                          LD
C      RADIO DE LOS DIPOLOS                             RD
C      SEPARACION ENTRE LOS DIPOLOS                    SEPD
C      # DE SEGMENTOS DEL ALIMENTADOR                   NSEGA
C      # DE SEGMENTOS DEL DIPOLO                       NSEGD
C      # DE PUNTOS TOTALES EN EL ALIMENTADOR           NPTA
C      # DE PUNTOS TOTALES EN EL DIPOLO                NPTD
C      NUEVO VALOR DE DXA, # DE LAMBDA EN EL ALIMENTADOR NDXA
C      NUEVO VALOR DE DXD, # DE LAMBDA EN EL DIPOLO    NDXD
C      COORDENADAS EN EL ALIMENTADOR                   XA, YA, ZA
C      COORDENADAS EN EL DIPOLO REFLECTOR              XDR, YDR, ZDR
C      # DE SEGMENTOS TOTALES DE LA ANTENA             NSEGTO
C      LONGITUD DE LOS SEGMENTOS                       .INCR
C      # DE TUBOS TOTALES                              NTT

```

ASIGNACION DE REALES Y ENTEROS

```

REAL*8 MTRP,LSRP,LTRP,Z(30),Y(30),ZS(30),YS(30),X(50),LTA,RTA
REAL*8 LD,RD,SEPD,XA(25),YA,ZA,XSA(25),YSA,DFOCAL,RTRP,AAP
REAL*8 ZSA,XDR(30),YDR(5),ZDR,XSDR(30),YSDR(5),ZSDR,FR,LAMDA,NDXA
REAL*8 DXA,DXD,NDXD,DX,DLRP,R,T,LIRP,D,E,H,OM,OMB,YY(0:1000),G
REAL*8 REL,XEI(300),YEI(300),ZEI(300),XI(300),YI(300),ZI(300)
REAL*8 XC(300),YC(300),ZC(300),XD(300),YD(300),ZD(300)
REAL*8 XED(300),YED(300),ZED(300),XSI(300),YSI(300),ZSI(300)
REAL*8 XSC(300),YSC(300),ZSC(300),XSD(300),YSD(300),ZSD(300)
REAL*8 NDX,REO,INCR(300),PI,C,EPSI,MU,VF,AR
CHARACTER METAL*2
INTEGER I,J,NPT,NSEG,ND,NSEGA,NSEGD,NPTA,NPTD,A,TCRP
INTEGER SEGA,NTRP,NSEGTO,SW,NTT,MITAD

```

```

COMMON/REFLEJA/NTRP,NSEG,ND,NSEGD,MITAD
COMMON/COMUN/NSEGTO,SEGA
COMMON/COOR/FR,EPSI,MU,C,PI,LAMDA,METAL

```

LECTURA DE DATOS

```

OPEN(UNIT=7,NAME='COOR.DAT',TYPE='NEW')
WRITE(6,1)
READ(5,*) FR
WRITE(7,14) FR
1  FORMAT(5X,'FRECUENCIA EN HZ = ',9)
14  FORMAT(5X,'FRECUENCIA EN HZ = ',E10.3,/) 1+000.0E+00
WRITE(6,50)
WRITE(7,50)

```

```

50  FORMAT(5X,'***LAS MAGNITUDES SE DARAN EN METROS***',/)
    WRITE (6,2)
    READ (5,*) NTRP
    WRITE(7,15)NTRP
15  FORMAT(5X,'# DE TUBOS DEL REFLECTOR PARABOLICO= ',I2)
2   FORMAT(5X,'# DE TUBOS DEL REFLECTOR PARABOLICO= ',§)
    WRITE (6,3)
    READ (5,*) MTRP
    WRITE(7,16)MTRP
16  FORMAT(5X,'MAGNITUD DE LOS TUBOS DEL REFLECTOR PARABOLICO= ',F6.3)
3   FORMAT(5X,'MAGNITUD DE LOS TUBOS DEL REFLECTOR PARABOLICO= ',§)
    WRITE (6,4)
    READ (5,*)RTRP
    WRITE(7,17)RTRP
17  FORMAT(5X,'RADIO DE LOS TUBOS DEL REFLECTOR PARABOLICO= ',F6.4)
4   FORMAT(5X,'RADIO DE LOS TUBOS DEL REFLECTOR PARABOLICO= ',§)
    WRITE (6,5)
    READ (5,*) AAP
    WRITE(7,18)AAP
18  FORMAT(5X,'APERTURA DE LA ANTENA PARABOLICO= ',F6.3)
5   FORMAT(5X,'APERTURA DE LA ANTENA PARABOLICA= ',§)
    WRITE(6,27)
    READ(5,*)REL
    WRITE(7,28)REL
28  FORMAT(5X,'RELACION APERTURA/FOCO= ',F4.3)
27  FORMAT(5X,'RELACION APERTURA/FOCO= ',§)
    WRITE (6,6)
    READ (5,*) LTA
    WRITE(7,19)LTA
19  FORMAT(5X,'LONGITUD DEL TUBO ACTIVO ALIMENTADOR= ',F5.3)
6   FORMAT (5X,'LONGITUD DEL TUBO ACTIVO ALIMENTADOR = ',§)
    WRITE (6,7)
    READ (5,*)RTA
    WRITE(7,21)RTA
21  FORMAT(5X,'RADIO DEL TUBO ACTIVO ALIMENTADOR= ',F6.4)
7   FORMAT (5X,'RADIO DEL TUBO ACTIVO ALIMENTADOR= ',§)
    WRITE (6,9)
    READ (5,*) ND
    WRITE(7,23)ND
23  FORMAT(5X,'# DE DIPOLOS REFLECTORES DEL TUBO ALIMENTADOR= ',I2)
9   FORMAT (5X,'# DE DIPOLOS REFLECTORES DEL TUBO ALIMENTADOR= ',§)
    WRITE (6,11)
    READ (5,*) LD
    WRITE (7,24)LD
24  FORMAT(5X,'LONG. DE LOS REFLECTORES DEL TUBO ALIMENTADOR= ',F5.3)
11  FORMAT(5X,'LONG. DE LOS REFLECTORES DEL TUBO ALIMENTADOR= ',§)
    WRITE (6,12)
    READ (5,*) RD
    WRITE (7,25)RD
25  FORMAT(5X,'RADIO DE LOS REFLECTORES DEL TUBO ALIMENTADOR= ',F6.4)
12  FORMAT (5X,'RADIO DE LOS REFLECTORES DEL TUBO ALIMENTADOR= ',§)
    WRITE (6,13)
    READ (5,*) SEPD
    WRITE (7,26)SEPD
26  FORMAT(5X,'SEPARACION DE LOS REFLECTORES DEL TUBO ALIMENTADOR =',
+   F5.3)
13  FORMAT(5X,'SEPARACION DE LOS REFLECTORES DEL TUBO ALIMENTADOR =',
+   §)
    WRITE(6,8)
    READ(5,300)METAL

```

```

300  FORMAT(A2)
      WRITE(7,22)METAL
8     FORMAT(5X,'MATERIAL DE LA ANTENA= ',§)
22    FORMAT(5X,'MATERIAL DE CONSTRUCCION DE LA ANTENA= ',A2)
C     *****
C     .
C     .
C     .
      INICIO DEL PROGRAMA
      -----

      PI=4.0*ATAN(1.0)
      C=2.997925E08
      EPSI=1.0/(4.0*PI*(1.0E-07)*C**2)
      MU=4.0*PI*(1.0E-07)
      LAMDA=C/FR

C     .
C     .
C     .
      ASIGNACION DE COORDENADAS
      -----

      LSRP=AAP/2.0
      LIRP=-AAP/2.0
      DFOCAL=AAPAREL
      CCTA=DFOCAL
      WRITE (6,60)DFOCAL
      WRITE (7,60)DFOCAL
60    FORMAT(//,5X,'EL ALIMENTADOR SE ENCUENTRA EN EL EOCO A UNA DISTANCIA'
+      ,2X,F7.5,/)
      ZA=0.0
      YA=CCTA
      ZDR=0.0
      DO J=1,ND
          YDR(J)=YA+(J*SEPD)
      ENDDO
      DXA=0.1*LAMDA
      NSEGA=LTA/DXA+1
      IF((NSEGA/2.0-INT(NSEGA/2.0)).NE.0) THEN
          NSEGA=NSEGA+1
      ENDIF
      IF (NSEGA.LT.6) THEN
          NSEGA=6
      ENDIF
      NDXA=LTA/NSEGA
      NPTA=(2*NSEGA)+1
      XA(1)=LTA/2.0
      DO J=2,NPTA
          XA(J)=XA(J-1)-NDXA/2.0
      ENDDO
      DXD=0.1*LAMDA
      NSEGD=LD/DXD+1
      IF((NSEGD/2.0-INT(NSEGD/2.0)).NE.0) THEN
          NSEGD=NSEGD+1
      ENDIF
      IF (NSEGD.LT.6) THEN
          NSEGD=6
      ENDIF
      NDXD=LD/NSEGD
      NPTD=(2*NSEGD)+1
      XDR(1)=LD/2.0
      DO J=2,NPTD
          XDR(J)=XDR(J-1)-NDXD/2.0
      ENDDO

```

```

ZSA=0.0
YSA=YA-RTA
ZSDR=0.0
DO J=1,NPTA
    XSA(J)=XA(J)
ENDDO
DO J=1,NPTD
    XSDR(J)=XDR(J)
ENDDO
DO J=1,ND
    YSDR(J)=YDR(J)-RD
ENDDO
T=4.0*DFOCAL**2
R=SQRT(LSRP**2+T)
LTRP=(1/SQRT(T))*((LSRP*R)+(T*LOG((LSRP+R)/SQRT(T))))
DLRP=LTRP/(NTRP-1)
DX=0.1*LAMDA
NSEG=(MTRP/DX)+1
IF((NSEG/2.0-INT(NSEG/2.0)).NE.0) THEN
    NSEG=NSEG+1
ENDIF
IF (NSEG.LT.6) THEN
    NSEG=6
ENDIF
NPT=(2*NSEG)+1
NDX=MTRP/NSEG
MITAD=(NTRP*(NSEG-1))/2
IF(NDX.LE.DX)GO TO 10
WRITE(6,30)
WRITE(7,30)
30  FORMAT(10X,'ERROR EN LA SEGMENTACION DE X')
40  GO TO 999
50  Z(1)=LIRP
Z(NTRP)=LSRP
Y(1)=Z(1)**2/(4*DFOCAL)
Y(NTRP)=Z(NTRP)**2/(4*DFOCAL)
ZS(1)=Z(1)+SQRT(T/(Z(1)**2+T))*RTRP
ZS(NTRP)=Z(NTRP)+SQRT(T/(Z(NTRP)**2+T))*RTRP
YS(1)=ZS(1)**2/(4*DFOCAL)
YS(NTRP)=ZS(NTRP)**2/(4*DFOCAL)
X(1)=MTRP/2.0
DO J=2,NPT
    X(J)=X(J-1)-(NDX/2.0)
ENDDO
A=NTRP/2
IF((NTRP/2.0-INT(NTRP/2.0)).EQ.0) GO TO 101
TCRP=A+1
Z(TCRP)=0.0
ZS(TCRP)=0.0
Y(TCRP)=0.0
YS(TCRP)=RTRP
DO I=(TCRP+1),(TCRP+A-1)
    DO K=1,1000
        YY(0)=(DLRP/2.0)*(1-TCRP)
        D=SQRT(YY(K-1)/DFOCAL)
        E=SQRT(1+YY(K-1)/DFOCAL)
        H=SQRT(YY(K-1)/DFOCAL*(1+YY(K-1)/DFOCAL))
        OM=DFOCAL*(H+LOG(D+E))
        G=OM-DLRP*(1-TCRP)
        OMB=((DFOCAL+(2.0*YY(K-1)))/(2.0*DFOCAL*H))+

```

```

+          (DFOCAL*(D+E)/(2.0*DFOCAL*D*E*(D+E)))
          YY(K)=YY(K-1)-(G/OMB)
          Y(I)=YY(K)
          IF(ABS(YY(K)-YY(K-1)).LT.1.0E-9) GO TO 102
ENDDO
102      Z(I)=ABS(SQRT(4*DFOCAL*Y(I)))
          ZS(I)=Z(I)+SQRT(T/(Z(I)**2+T))*RTRP
          YS(I)=ZS(I)**2/(4*DFOCAL)
ENDDO
DO I=2,A
          Z(I)=-Z(NTRP-(I-1))
          Y(I)=Y(NTRP-(I-1))
          ZS(I)=Z(I)+SQRT(T/(Z(I)**2+T))*RTRP
          YS(I)=ZS(I)**2/(4*DFOCAL)
ENDDO
OPEN(UNIT=55,NAME='PUNTOS.DAT',TYPE='NEW')
DO I=1,NTRP
          WRITE(55,*)Y(I),Z(I)
ENDDO
CLOSE(55)
TYPE*, 'YA ESTAN LOS PUNTOS ALMACENADOS'
GO TO 103
101     DO I=(A+1),(NTRP-1)
          DO K=1,1000
              IF(I.EQ.(A+1))THEN
                  YY(0)=1.0E-10
              ELSE
                  YY(0)=(DLRP/10.0)*(I-(A+1))
              ENDIF
              D=SQRT(YY(K-1)/DFOCAL)
              E=SQRT(1+YY(K-1)/DFOCAL)
              H=SQRT(YY(K-1)/DFOCAL*(1+YY(K-1)/DFOCAL))
              OM=DFOCAL*(H+LOG(D+E))
              G=OM-(DLRP*(I-(A+1))+DLRP/2.0)
              OMB=((DFOCAL+(2.0*YY(K-1)))/(2.0*DFOCAL*H))+
                  (DFOCAL*(D+E)/(2.0*DFOCAL*D*E*(D+E)))
              YY(K)=YY(K-1)-(G/OMB)
              Y(I)=YY(K)
              IF(ABS(YY(K)-YY(K-1)).LT.1.0E-9) GO TO 104
ENDDO
104     Z(I)=ABS(SQRT(4*DFOCAL*Y(I)))
          ZS(I)=Z(I)+SQRT(T/(Z(I)**2+T))*RTRP
          YS(I)=ZS(I)**2/(4*DFOCAL)
ENDDO
DO I=2,A
          Z(I)=-Z(NTRP-(I-1))
          Y(I)=Y(NTRP-(I-1))
          ZS(I)=Z(I)+SQRT(T/(Z(I)**2+T))*RTRP
          YS(I)=ZS(I)**2/(4*DFOCAL)
ENDDO
OPEN(UNIT=55,NAME='PUNTOS.DAT',TYPE='NEW')
DO I=1,NTRP
          WRITE(55,*)Y(I),Z(I)
ENDDO
CLOSE(55)
TYPE*, 'YA ESTAN LOS PUNTOS ALMACENADOS'

```

```

C
C
C
C
REFLEJO DE COORDENADAS A LOS SEGMENTOS DE LOS TUBOS
-----

```

```

103 NSEGT0=NTRP*(NSEG-1)+(NSEGA-1)+(ND*(NSEGD-1))
      SEGA=NTRP*(NSEG-1)+((NSEGA-1)/2)+1
      NTP=NTRP+ND+1
C
      OPEN(UNIT=77,NAME='NECESARIO.DAT',TYPE='NEW')
      WRITE(77,*)FR,EPSI,MU,C,PI,MITAD
      CLOSE(77)
C
      OPEN(UNIT=77,NAME='CHAPUCERO.DAT',TYPE='NEW')
      WRITE(77,41) METAL,SEGA,NSEGT0,NTP,LAMDA,LD,MTRP,LTA,AAP
41    FORMAT(A2,3(I4),E10.3,F5.3,F6.3,F5.3,F6.3)
      CLOSE(77)
C
      SW=1
      XC(0)=X(1)
      XSD(0)=X(2)
      I=1
      DO J=1,(NTRP*(NSEG-1))
          IF(SW.EQ.1)THEN
              XEI(J)=XC(J-1)
              XSI(J)=XSD(J-1)
              ENDIF
              XI(J)=XEI(J)-NDX/2
              XC(J)=XEI(J)-(2*NDX/2)
              XD(J)=XEI(J)-(3*NDX/2)
              XED(J)=XEI(J)-(4*NDX/2)
              XSC(J)=XSI(J)-NDX/2
              XSD(J)=XSI(J)-NDX
              YEI(J)=Y(I)
              YI(J)=Y(I)
              YC(J)=Y(I)
              YD(J)=Y(I)
              YED(J)=Y(I)
              YSI(J)=YS(I)
              YSC(J)=YS(I)
              YSD(J)=YS(I)
              ZEI(J)=Z(I)
              ZI(J)=Z(I)
              ZC(J)=Z(I)
              ZD(J)=Z(I)
              ZED(J)=Z(I)
              ZSI(J)=ZS(I)
              ZSC(J)=ZS(I)
              ZSD(J)=ZS(I)
              INCR(J)=NDX
              REO = XED(J) - X(NPT)
              REO = DABS(REO)
              IF(REO.LT.1.0E-05)THEN
                  XEI(J+1)=X(1)
                  XSI(J+1)=X(2)
                  I=I+1
                  SW=2
              ELSE
                  SW=1
              ENDIF
      ENDDO
      XEI(NTRP*(NSEG-1)+1)=XA(1)
      XSI(NTRP*(NSEG-1)+1)=XSA(2)
      DO K=(NTRP*(NSEG-1)+1),(NSEGT0-ND*(NSEGD-1))
          XI(K)=XEI(K)-NDXA/2

```

```

XC(K)=XEI(K)-(2*NDXA/2)
XD(K)=XEI(K)-(3*NDXA/2)
XED(K)=XEI(K)-(4*NDXA/2)
XSC(K)=XSI(K)-NDXA/2
XSD(K)=XSI(K)-NDXA
YEI(K)=YA
YI(K)=YA
YC(K)=YA
YD(K)=YA
YED(K)=YA
YSI(K)=YSA
YSC(K)=YSA
YSD(K)=YSA
ZEI(K)=ZA
ZI(K)=ZA
ZC(K)=ZA
ZD(K)=ZA
ZED(K)=ZA
ZSI(K)=ZSA
ZSC(K)=ZSA
ZSD(K)=ZSA
INCR(K)=NDXA
VF=XED(K)-XA(NPTA)
VF=DABS(VF)
IF(VF.LT.1.0E-05)THEN
XEI(K+1)=XA(1)
XSI(K+1)=XSA(2)
ELSE
XEI(K+1)=XC(K)
XSI(K+1)=XSD(K)
ENDIF

```

ENDDO

XEI(NSEGT0-(ND*(NSEGD-1))+1)=XDR(1)

XSI(NSEGT0-(ND*(NSEGD-1))+1)=XSDR(2)

I=1

DO J=((NSEGT0-ND*(NSEGD-1))+1),NSEGT0

```

XI(J)=XEI(J)-NDXD/2
XC(J)=XEI(J)-(2*NDXD/2)
XD(J)=XEI(J)-(3*NDXD/2)
XED(J)=XEI(J)-(4*NDXD/2)
XSC(J)=XSI(J)-NDXD/2
XSD(J)=XSI(J)-NDXD
YEI(J)=YDR(I)
YI(J)=YDR(I)
YC(J)=YDR(I)
YD(J)=YDR(I)
YED(J)=YDR(I)
YSI(J)=YSDR(I)
YSC(J)=YSDR(I)
YSD(J)=YSDR(I)
ZEI(J)=ZDR
ZI(J)=ZDR
ZC(J)=ZDR
ZD(J)=ZDR
ZED(J)=ZDR
ZSI(J)=ZSDR
ZSC(J)=ZSDR
ZSD(J)=ZSDR
INCR(J)=NDXD
AR=XED(J)-XD(NPTD)

```



```

AR=DABS(AR)
IF(AR.LT.1.0E-05)THEN
KEI(J+1)=XDR(1)
XSI(J+1)=XSDR(2)
I=I+1
ELSE
KEI(J+1)=XC(J)
XSI(J+1)=XSD(J)
ENDIF

```

```
ENDDO
```

```

ESCRIBE LAS COORDENADAS DE LOS SEGMENTOS Y LAS ALMACENA EN UN
ARCHIVO DE DATOS
-----

```

```
DO I=1,NSEGT0
```

```
WRITE(6,220)I
```

```
WRITE(7,220)I
```

```
WRITE(6,221)KEI(I),VEI(I),ZEI(I),XI(I),YI(I),ZI(I),
```

```
XC(I),YC(I),ZC(I),XD(I),YD(I),ZD(I),XED(I),YED(I),ZED(I),
```

```
XSI(I),YSI(I),ZSI(I),XSC(I),YSC(I),ZSC(I),XSD(I),YSD(I),
```

```
ZSD(I),INCR(I)
```

```
WRITE(7,221)KEI(I),VEI(I),ZEI(I),XI(I),YI(I),ZI(I),
```

```
XC(I),YC(I),ZC(I),XD(I),YD(I),ZD(I),XED(I),YED(I),ZED(I),
```

```
XSI(I),YSI(I),ZSI(I),XSC(I),YSC(I),ZSC(I),XSD(I),YSD(I),
```

```
ZSD(I),INCR(I)
```

```
ENDDO
```

```
220 FORMAT(20X,'SEGMENTO # ',I4,/)
221
```

```
FORMAT(5X,'KEI= ',E10.3,5X,'YEI= ',E10.3,5X,'ZEI= ',E10.3,/,
```

```
+ 5X,'XI= ',E10.3,6X,'YI= ',E10.3,6X,'ZI= ',E10.3,/,
```

```
+ 5X,'XC= ',E10.3,6X,'YC= ',E10.3,6X,'ZC= ',E10.3,/,
```

```
+ 5X,'XD= ',E10.3,6X,'YD= ',E10.3,6X,'ZD= ',E10.3,/,
```

```
+ 5X,'XED= ',E10.3,5X,'YED= ',E10.3,5X,'ZED= ',E10.3,/,
```

```
+ 5X,'XSI= ',E10.3,5X,'YSI= ',E10.3,5X,'ZSI= ',E10.3,/,
```

```
+ 5X,'XSC= ',E10.3,5X,'YSC= ',E10.3,5X,'ZSC= ',E10.3,/,
```

```
+ 5X,'XSD= ',E10.3,5X,'YSD= ',E10.3,5X,'ZSD= ',E10.3,/,
```

```
+ 5X,'INCR= ',E10.3,/)

```

```
WRITE(6,150)SEGA
```

```
WRITE(7,150)SEGA
```

```
150 FORMAT(/,5X,'EL ALIMENTADOR ESTA EN EL SEGMENTO # ',I4,/)

```

```
OPEN(UNIT=7,NAME='FRONTERA.DAT',TYPE='NEW')
```

```
DO J=1,NSEGT0
```

```
WRITE(7,*)J,KEI(J),VEI(J),ZEI(J),XI(J),YI(J),ZI(J),
```

```
XC(J),YC(J),ZC(J),XD(J),YD(J),ZD(J),XED(J),YED(J),ZED(J),
```

```
XSI(J),YSI(J),ZSI(J),XSC(J),YSC(J),ZSC(J),XSD(J),YSD(J),
```

```
ZSD(J),INCR(J)
```

```
ENDDO
```

```
999 CLOSE (7)
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
*****
SUBROUTINE IMPEDANCIA
*****
```

```
CALCULA LAS IMPEDANCIAS PROPIAS Y MUTUAS
```

```

C
REAL*8 REALT,IMAGT
REAL*8 XEI(300),XI(300),XC(300),XD(300),XED(300)
REAL*8 YEI(300),YI(300),YC(300),YD(300),YED(300)
REAL*8 ZEI(300),ZI(300),ZC(300),ZD(300),ZED(300)
REAL*8 XSI(300),XSC(300),XSD(300)
REAL*8 YSI(300),YSC(300),YSD(300)
REAL*8 ZSI(300),ZSC(300),ZSD(300),INCR(300)
INTEGER NSEGTO,N,I,J,SEGA,NTRP,NSEG,ND,NSEGD,K,MITAD
COMPLEX*8 MATZ(300,300)

```

```

C
COMMON/REFLEJA/NTRP,NSEG,ND,NSEGD,MITAD
COMMON/COMUN/NSEGTO,SEGA
COMMON/COOR/FR,EPSI,MU,C,PI,LAMDA,METAL
COMMON/FRONTERA/XEI,XI,XC,XD,XED,YEI,YI,YC,YD,
+ YED,ZEI,ZI,ZC,ZD,ZED,XSI,XSC,XSD,YSI,YSC,YSD,ZSI,ZSC,
+ ZSD,INCR
COMMON/RESOL/REALT,IMAGT
COMMON/VAR/N,J

```

```

C
C
C
CALCULO DE LOS LIMITES DE LAS INTEGRALES

```

```

OPEN(UNIT=7,NAME='FRONTERA.DAT',TYPE='OLD')
DO J=1,NSEGTO
  READ(7,*)I,XEI(J),YEI(J),ZEI(J),XI(J),YI(J),ZI(J),
+ XC(J),YC(J),ZC(J),XD(J),YD(J),ZD(J),XED(J),YED(J),ZED(J),
+ XSI(J),YSI(J),ZSI(J),XSC(J),YSC(J),ZSC(J),XSD(J),YSD(J),
+ ZSD(J),INCR(J)
ENDDO
CLOSE(7)

```

```

C
C
C
CALCULO DE IMPEDANCIAS PROPIAS USANDO INTEGRALES SIMPLES

```

```

DO N=1,NSEGTO
  J=N
  TYPE *,' '
  TYPE *,N,J
  CALL INTEGRAL (NSEGTO)
  MATZ(N,J)=CMPLX(REALT,IMAGT)

```

```

C
C
REFLEJO DE LA DIAGONAL

```

```

DO K=1,(NTRP*(NSEG-1))
  MATZ(K,K)=MATZ(1,1)
ENDDO
DO K=(NTRP*(NSEG-1)+1),(NSEGTO-ND*(NSEGD-1))
  MATZ(K,K)=MATZ(SEGA,SEGA)
ENDDO
DO K=((NSEGTO-ND*(NSEGD-1))+1),NSEGTO
  MATZ(K,K)=MATZ(NSEGTO,NSEGTO)
ENDDO

```

```

C
C
C
CALCULO DE IMPEDANCIAS MUTUAS USANDO INTEGRALES SIMPLES

```

```

DO N=1,(NSEGTO-1)
  DO J=(N+1),NSEGTO
    TYPE *,' '
    TYPE *,N,J
    CALL INTEGRAL (NSEGTO)
    MATZ(N,J)=CMPLX(REALT,IMAGT)
  
```

```

                ENDDO
C      ENDDO
      DO P=1,MITAD
        DO Q=1,MITAD
          IF (P.EQ.Q) THEN
            GO TO 77
          ELSEIF (P.GT.Q) THEN
            GO TO 77
          ENDF
          B=P+MITAD
          F=Q+MITAD
          MATZ(B,F)=MATZ(P,Q)
        ENDDO
      77
      ENDDO

      DO I=1,(NSEG-1)
        DO J=NSEG,((NTRP-1)*(NSEG-1)
          MATZ((NSEG-1)+I,(NSEG-1)+J)=MATZ(I,J)
        ENDDO
      ENDDO

C      CALCULO DE IMPEDANCIAS MUTUAS, MATRIZ INFERIOR
C
C
      DO I=2,NSEGTO
        DO J=1,(I-1)
          TYPE *, ' '
          TYPE *, I, J
          MATZ(I,J)=MATZ(J,I)
        ENDDO
      ENDDO

C      ESCRIBE LOS VALORES DE LAS IMPEDANCIAS
C
C
      OPEN(UNIT=7,NAME='IMPEDAN.DAT',TYPE='NEW')
      DO I=1,NSEGTO
        WRITE(7,*) (MATZ(I,J),J=1,NSEGTO)
      ENDDO
      CLOSE (7)

C      RETURN
C      END

C
C
C      *****
C      SUBROUTINE INTEGRAL(NSEGTO)
C      *****
C
C      CALCULO DE LAS INTEGRALES SIMPLES
      REAL*8 ABSERR, EPSABS, EPSREL, A, B, W(800), Q, K, QQ
      REAL*8 FR, LAMDA, PI, EPSI, MU, C, VARZ, VARY, VARX, REALT, CH
      REAL*8 IMAGT, INTEG1, INTEG2, INTEG3, INTEG4, INTEG5, INTEG6
      REAL*8 INTEG7, INTEG8, INTEG9, INTEG10, INCR(300), S, V
      REAL*8 XE1(300), XI(300), XC(300), XD(300), XED(300)
      REAL*8 YE1(300), YI(300), YC(300), YD(300), YED(300)
      REAL*8 ZE1(300), ZI(300), ZC(300), ZD(300), ZED(300)
      REAL*8 XSI(300), XSC(300), XSD(300)
      REAL*8 YSI(300), YSC(300), YSD(300)
      REAL*8 ZSI(300), ZSC(300), ZSD(300)
      CHARACTER METAL*2

```

```
INTEGER NSEGT0,J,N,IFAIL,KOUNT,IW(102)
COMMON/COOR/FR,EPSI,MU,C,PI,LAMDA,METAL
COMMON/FRONTERA/XEI,XI,XC,XD,XED,YEI,YI,YC,YD,
+ YED,ZEI,ZI,ZC,ZD,ZED,XSI,XSC,XSD,YSI,YSC,YSD,ZSI,ZSC,
+ ZSD,INCR
COMMON/RESOL/REALT,IMAGT
COMMON/VAR/N,J
COMMON/FUNCTION/CH,K,Q,QQ,KOUNT,VARZ,VARY,VARX
```

```
C
C
C SUBROUTINA PARA LA INTEGRAL
```

```
EXTERNAL FREALS,FIMAGS
EPSABS=0.E0
EPSREL=1.E-04
KOUNT=0
IFAIL=1
QQ=YC(N)
Q=ZC(N)
CH=INCR(N)
K=(2.0*PI)/LAMDA
```

```
C
C
C VARZ=ZSD(J)
C VARY=YSD(J)
C VARX=XSD(J)
C B=XC(N)
C A=XED(N)
```

```
C
C
C CALL D01AJF(FREALS,A,B,EPSABS,EPSREL,INTEG1,ABSERR,W,
+ 800,IW,102,IFAIL)
C CALL D01AJF(FIMAGS,A,B,EPSABS,EPSREL,INTEG2,ABSERR,W,
+ 800,IW,102,IFAIL)
C
C A=XC(N)
C B=XEI(N)
```

```
C
C
C CALL D01AJF(FREALS,A,B,EPSABS,EPSREL,INTEG3,ABSERR,W,
+ 800,IW,102,IFAIL)
C CALL D01AJF(FIMAGS,A,B,EPSABS,EPSREL,INTEG4,ABSERR,W,
+ 800,IW,102,IFAIL)
```

```
C
C
C VARZ=ZSI(J)
C VARY=YSI(J)
C VARX=XSI(J)
C B=XC(N)
C A=XED(N)
C CALL D01AJF(FREALS,A,B,EPSABS,EPSREL,INTEG5,ABSERR,W,
+ 800,IW,102,IFAIL)
C CALL D01AJF(FIMAGS,A,B,EPSABS,EPSREL,INTEG6,ABSERR,W,
+ 800,IW,102,IFAIL)
```

```
C
C
C A=XC(N)
C B=XEI(N)
```

```
C
C
C CALL D01AJF(FREALS,A,B,EPSABS,EPSREL,INTEG7,ABSERR,W,
+ 800,IW,102,IFAIL)
C CALL D01AJF(FIMAGS,A,B,EPSABS,EPSREL,INTEG8,ABSERR,W,
+ 800,IW,102,IFAIL)
```

```
C
C
C VARZ=ZSC(J)
C VARY=YSC(J)
```

```

VARX=XSC(J)
B=XI(N)
A=XD(N)
C
CALL D01AJF(FREALS,A,B,EPSABS,EPSREL,INTEG9,ABSERR,W,
+ 800,IW,102,IFAIL)
CALL D01AJF(FIMAGS,A,B,EPSABS,EPSREL,INTEG10,ABSERR,W,
+ 800,IW,102,IFAIL)
C
C ASIGNA LA mu Y epsi CORRECTAS DEPENDIENDO DEL MEDIO
C CONDUCTOR,PERO SOLO PARA LAS IMPEDANCIAS PROPIAS.
C PARA EL ACERO PREGALVANIZADO SE CONSIDERA EL ZINC.
IF(N.EQ.J) THEN
  IF(METAL.EQ.'AL') THEN
    C LA PERMITIVIDAD REL. DEL OXIDO DE "AL" ES 8.8
    C LA PERMEABILIDAD REL. DEL "AL" ES 1.00000065
    EPSI=EPSI*8.8
    MU=MU*1.00000065
    S = 1.0/(8.0*EPSI*FR*PI**2)
    V = (2.0*PI*FR*MU*INCR(N)*INCR(J))/(4.0*PI)
    IMAGT = -(INTEG1 - INTEG3 - INTEG5 + INTEG7)*S + INTEG9*V
    REALT = (INTEG2 - INTEG4 - INTEG6 + INTEG8)*S - INTEG10*V
    EPSI=EPSI/8.8
    MU=MU/1.00000065
  ELSE
    IF(METAL.EQ.'FE') THEN
      C LA PERMITIVIDAD REL. DEL "CC14" ES 2.2
      C LA PERMEABILIDAD REL. DEL HIERRO COLADO ES 60
      EPSI=EPSI*2.2
      MU=MU*60.0
      S = 1.0/(8.0*EPSI*FR*PI**2)
      V = (2.0*PI*FR*MU*INCR(N)*INCR(J))/(4.0*PI)
      IMAGT = -(INTEG1 - INTEG3 - INTEG5 + INTEG7)*S + INTEG9*V
      REALT = (INTEG2 - INTEG4 - INTEG6 + INTEG8)*S - INTEG10*V
      EPSI=EPSI/2.2
      MU=MU/60.0
    ELSE
      C PARA OTROS SE CONSIDERA EL ESPACIO LIBRE.
      S = 1.0/(8.0*EPSI*FR*PI**2)
      V = (2.0*PI*FR*MU*INCR(N)*INCR(J))/(4.0*PI)
      IMAGT = -(INTEG1 - INTEG3 - INTEG5 + INTEG7)*S + INTEG9*V
      REALT = (INTEG2 - INTEG4 - INTEG6 + INTEG8)*S - INTEG10*V
    ENDIF
  ENDIF
ELSE
  C PARA LAS MUTUAS SE CONSIDERA EL ESPACIO LIBRE.
  S = 1.0/(8.0*EPSI*FR*PI**2)
  V = (2.0*PI*FR*MU*INCR(N)*INCR(J))/(4.0*PI)
  IMAGT = -(INTEG1 - INTEG3 - INTEG5 + INTEG7)*S + INTEG9*V
  REALT = (INTEG2 - INTEG4 - INTEG6 + INTEG8)*S - INTEG10*V
ENDIF
C
RETURN
END
C
C *****
C REAL*8 FUNCTION FREALS(X)
C *****
C
C FUNCION REAL DE X.

```

```

C   VARIABLES.
C   INTEGER KOUNT
C   REAL*8 X,K,VARZ,VARX,CH,Q,VARY,QQ
C   PARAMETROS.
C   COMMON/FUNCIION/CH,K,Q,QQ,KOUNT,VARZ,VARY,VARX
C
C   KOUNT = KOUNT + 1
C   FREALS=(1.0/CH)*COS(K*SQRT((VARZ-Q)**2+(VARX-X)**2+(VARY-QQ)**2
C   +))/SQRT((VARZ-Q)**2+(VARX-X)**2+(VARY-QQ)**2)
C
C   RETURN
C   END
C
C   *****
C   REAL*8 FUNCTION FIMAGS(X)
C   *****
C
C   FUNCION REAL DE X.
C   VARIABLES.
C   INTEGER KOUNT
C   REAL*8 X,K,VARZ,VARX,CH,Q,VARY,QQ
C   PARAMETROS.
C   COMMON/FUNCIION/CH,K,Q,QQ,KOUNT,VARZ,VARY,VARX
C
C   KOUNT = KOUNT + 1
C   FIMAGS=- (1.0/CH)*SIN(K*SQRT((VARZ-Q)**2+(VARX-X)**2+(VARY-QQ)**2
C   +))/SQRT((VARZ-Q)**2+(VARX-X)**2+(VARY-QQ)**2)
C
C   RETURN
C   END
C
C   *****
C   SUBROUTINE ADM
C   *****
C
C   REAL*8 MINTEN(300),FINTEN(300),MIMPIN,FIMPIM
C   REAL*8 FR,EPSI,C,MU,PI,LAMDA,LD,MTRP,LTA,AAP
C   INTEGER NSEGTO,I,K,J,SEGA,NTT,M
C   INTEGER NTRP,NSEG,ND,NSEGD,MITAD
C   COMPLEX*8 INTEN(300),IMPIN,A(300,300)
C   CHARACTER METAL*2
C   COMMON/REFLEJA/NTRP,NSEG,ND,NSEGD,MITAD
C   COMMON/COMUN/NSEGTO,SEGA
C   COMMON/INTENSIDAD/INTEN
C   COMMON/ADM/A
C   COMMON/COOR/FR,EPSI,MU,C,PI,LAMDA,METAL
C
C   LECTURA DE LOS DATOS
C
C   OPEN(UNIT=77,NAME='NECESARIO.DAT',TYPE='OLD')
C   READ(77,*) FR,EPSI,MU,C,PI,MITAD
C   CLOSE(77)
C
C   OPEN(UNIT=77,NAME='CHAPUCERO.DAT',TYPE='OLD')
C   READ(77,41) METAL,SEGA,NSEGTO,NTT,LAMDA,LD,MTRP,LTA,AAP
41  FORMAT(A2,3(I4),E10.3,F5.3,F6.3,F5.3,F6.3)
C   TYPE *,METAL,SEGA,NSEGTO
C   CLOSE (77)
C   OPEN(UNIT=7,NAME='IMPEDAN.DAT',TYPE='OLD')

```

```

DO I=1,NSEGT0
      READ(7,*) (A(I,J),J=1,NSEGT0)
ENDDO
CLOSE(7)
C
M=NSEGT0+1
C
C GENERACION DE LA MATRIZ DE VOLTAGES
C
DO 10,I=1,NSEGT0
      IF (I .EQ. SEGA) THEN
            A(I,M)=(1.0,0.0)
      ELSE
            A(I,M)=(0.0,0.0)
      ENDIF
10 CONTINUE
C
C LLAMA A SUBROUTINA PARA LA RESOLUCION DEL SISTEMA DE ECUACIONES
C
CALL GAUSS(NSEGT0,M,A)
C
IMPIN=1/(A(SEGA,M))
MIMPIN=SQRT(REAL(IMPIN)**2+AIMAG(IMPIN)**2)
FIMPIN=ATAN(AIMAG(IMPIN)/REAL(IMPIN))*180/PI
C
C TYPE*, 'VALOR DE IMPIN', IMPIN
C CALCULA LAS CORRIENTES
DO I=1,NSEGT0
      INTEN(I)=A(I,M)
C
ENDDO
DO I=1,MITAD
      INTEN((MITAD*2)+1-I)=INTEN(I)
ENDDO
DO I=1,NSEGT0
      MINTEN(I)=SQRT(REAL(INTEN(I))**2+AIMAG(INTEN(I))**2)
      FINTEN(I)=ATAN(AIMAG(INTEN(I))/REAL(INTEN(I)))*180/PI
ENDDO
C GUARDA LOS DATOS DEL VECTOR CORRIENTE
C
OPEN(UNIT=7,NAME='INTEN.DAT',TYPE='NEW')
DO I=1,NSEGT0
      WRITE(7,*) INTEN(I),MINTEN(I),FINTEN(I)
ENDDO
CLOSE(7)
OPEN(UNIT=7,NAME='IMEN.DAT',TYPE='NEW')
WRITE(7,100)IMPIN
100 FORMAT(/,5X,'LA IMPEDANCIA DE ENTRADA ES ',2(F11.6))
CLOSE(7)
C
RETURN
END
C
C *****
C SUBROUTINE GAUSS(NSEGT0,M,A)
C *****
C
C COMPLEX*8 A(300,300),PIVOTE,CERO
C INTEGER I,J,K

```

```

DO I=1,NSEGT0
  PIVOTE=A(I,I)
  DO J=I,M
    A(I,J)=A(I,J)/PIVOTE
  ENDDO
  DO K=1,NSEGT0
    IF(K.EQ.I) THEN
      GO TO 10
    ELSE
      CERO=A(K,I)
      DO J=I,M
        A(K,J)=A(K,J)-(CERO*A(I,J))
      ENDDO
    ENDIF
  ENDDO

```

```

10      ENDDO
      ENDDO

```

```

C      RETURN
      END

```

```

C      *****
C      SUBROUTINE CAMPO_ELECTRICO
C      *****

```

```

C      CALCULA EL CAMPO ELECTRICO PARA PODER OBTENER EL PATRON DE
C      RADIACION

```

```

REAL*8 K,LAMDA,FR,PI,EPSI,C,DIST,ETOT1(0:360),MU,ETOT2(0:180)
REAL*8 XE1(300),XI(300),XC(300),XD(300),XED(300)
REAL*8 YE1(300),YI(300),YC(300),YD(300),YED(300)
REAL*8 ZE1(300),ZI(300),ZC(300),ZD(300),ZED(300)
REAL*8 XSI(300),XSC(300),XSD(300)
REAL*8 YSI(300),YSC(300),YSD(300)
REAL*8 ZSI(300),ZSC(300),ZSD(300),INCR(300)
REAL*8 THETA,FI,LD,MTRP,LTA,AAF,ETOT3(0:180)
REAL*8 EGR,EXI,EVR,EVI,EZR,EZI
REAL*8 MINTEN(300),FINTEN(300),XP,YP,ZP

```

```

C      COMPLEX*8 INTEN(300),IMPIN

```

```

C      CHARACTER METAL*2

```

```

C      INTEGER NSEGT0,I,J,SEGA,NTT
C      INTEGER NTRP,NSEG,ND,NSEGD,MITAD

```

```

C      COMMON/COMUN/NSEGT0,SEGA
C      COMMON/PUNTO/XP,YP,ZP,THETA,FI
C      COMMON/CAMPO/EGR,EXI,EVR,EVI,EZR,EZI
C      COMMON/COOR/FR,EPSI,MU,C,PI,LAMDA,METAL
C      COMMON/INTENSIDAD/INTEN
+      COMMON/FRONTERA/XE1,XI,XC,XD,XED,YE1,YI,YC,YD,
+      YED,ZE1,ZI,ZC,ZD,ZED,XSI,XSC,XSD,YSI,YSC,YSD,ZSI,ZSC,
C      ZSD,INCR
C      COMMON/FUN/K
C      COMMON/TOTALES/ETOT1,ETOT2,ETOT3
C      COMMON/REFLEJA/NTRP,NSEG,ND,NSEGD,MITAD

```

```

C      LECTURA DE LOS LIMITES Y DE LAS CORRIENTES
C      OPEN(UNIT=77,NAME='NECESARIO.DAT',TYPE='OLD')
C      READ(77,*) FR,EPSI,MU,C,PI,MITAD

```


CLOSE(77)

C

OPEN(UNIT=77,NAME='CHAPUCERO.DAT',TYPE='OLD')
41 READ(77,41) METAL,SEGA,NSEGTO,NTT,LAMDA,LD,MTRP,LTA,AAP
FORMAT(A2,3(I4),E10.3,F5.3,F6.3,F5.3,F6.3)

CLOSE(77)

OPEN(UNIT=7,NAME='FRONTERA.DAT',TYPE='OLD')

DO J=1,NSEGTO

+ READ(7,*) I,XEI(J),YEI(J),ZEI(J),XI(J),YI(J),ZI(J),
+ XC(J),YC(J),ZC(J),XD(J),YD(J),ZD(J),XED(J),YED(J),ZED(J),
+ XSI(J),YSI(J),ZSI(J),XSC(J),YSC(J),ZSC(J),XSD(J),YSD(J),
ZSD(J),INCR(J)

ENDDO

CLOSE(7)

C

OPEN(UNIT=7,NAME='INTEN.DAT',TYPE='OLD')

DO I=1,NSEGTO

READ(7,*) INTEN(I),MINTEN(I),FINTEN(I)

ENDDO

CLOSE(7)

OPEN(UNIT=7,NAME='IMEN.DAT',TYPE='OLD')

READ(7,10)IMPIN

10

FORMAT(/,5X,'LA IMPEDANCIA DE ENTRADA ES ',2(F11.6))

CLOSE(7)

C

OPEN(UNIT=7,NAME='CAMPO.DAT',TYPE='NEW')

C

DIST=2.0*(AAP**2)/LAMDA

C

CALCULO DEL PLANO HORIZONTAL

C

THETA=90.0

DO I=0,360,5

FI=I

FI=FI*PI/180.0

XP=DIST*COS(FI)

YP=DIST*SIN(FI)

ZP=0.0

TYPE *,' '

TYPE *,THETA,I

CALL INTEGRAR(NSEGTO)

ETOT1(I)=SQRT(EXR**2+EYR**2+EZR**2+

+ EXI**2+EYI**2+EZI**2)

WRITE(7,*) I,ETOT1(I),XP,YP

ENDDO

C

CALCULO DEL PLANO VERTICAL, HACIA ADELANTE

C

FI=90.0

DO I=0,180,5

THETA=I

THETA=THETA*PI/180.0

XP=0.0

YP=DIST*SIN(THETA)

ZP=DIST*COS(THETA)

TYPE *,' '

TYPE *,I,FI

CALL INTEGRAR(NSEGTO)

ETOT2(I)=SQRT(EXR**2+EYR**2+EZR**2+

+ EXI**2+EYI**2+EZI**2)

+
C

```
WRITE(7,*) I,ETOT2(I),YP,ZP
ENDDO
```

```
C
C
C
CALCULO DEL PLANO VERTICAL,HACIA ATRAS
```

```
FI=270.0
DO I=0,180,5
  THETA=I
  THETA=THETA*PI/180.0
  XP=0.0
  YP=DIST*SIN(THETA)*(-1.0)
  ZP=DIST*COS(THETA)
  TYPE *,' '
  TYPE *,I,FI
  CALL INTEGRAR(NSEGTO)
  ETOT3(I)=SQRT(EXR**2+EYR**2+EZR**2+
+ EXI**2+EYI**2+EZI**2)
  WRITE(7,*) I,ETOT3(I),YP,ZP
```

```
ENDDO
```

```
C
C
C
CLOSE(7)
```

```
OPEN(UNIT=77,NAME='ELECTRICH.DAT',TYPE='NEW')
WRITE(77,*) (ETOT1(I),I=0,360,5)
CLOSE(77)
OPEN(UNIT=77,NAME='ELECTRICV.DAT',TYPE='NEW')
WRITE(77,*) (ETOT2(I),I=0,180,5),(ETOT3(I),I=175,0,-5)
CLOSE(77)
```

```
C
RETURN
END
```

```
C
C
C
C
C
*****
SUBROUTINE INTEGRAR(NSEGTO)
*****
```

```
C
CALCULO DE LAS INTEGRALES PARA EL CAMPO ELECTRICO
```

```
REAL*8 ABSERR, EPSABS, EPSREL, A, B, W(1600), EXR, EXI, EYR, EYI, EZR, EZI
REAL*8 XP, YP, ZP, K, CTE, FR, EPSI, MU, C, PI, LAMDA
REAL*8 XE1(300), XI(300), XC(300), XD(300), XED(300)
REAL*8 YE1(300), YI(300), YC(300), YD(300), YED(300)
REAL*8 ZE1(300), ZI(300), ZC(300), ZD(300), ZED(300)
REAL*8 XSI(300), XSC(300), XSD(300)
REAL*8 YSI(300), YSC(300), YSD(300)
REAL*8 ZSI(300), ZSC(300), ZSD(300), INCR(300)
REAL*8 REAL, AIMAG, EX, EY, EZ
REAL*8 INT1, INT2, INT3, INT4, INT5, INT6
REAL*8 INT7, INT8, INT9, INT10, INT11, INT12
INTEGER KOUNT, IFAIL, IW(202), NSEGTO, N
```

```
C
COMPLEX*8 INTEN(300)
CHARACTER METAL*2
```

```
C
COMMON/PUNTO/XP, YP, ZP, THETA, FI
COMMON/CONTADOR/N, KOUNT
COMMON/CAMPO/EXR, EXI, EYR, EYI, EZR, EZI
COMMON/FUN/K
COMMON/FRONTERA/XE1, XI, XC, XD, XED, YE1, YI, YC, YD,
+ YED, ZE1, ZI, ZC, ZD, ZED, XSI, XSC, XSD, YSI, YSC, YSD, ZSI, ZSC,
```

```
+ ZSD, INCR
COMMON/COOR/FR, EPSI, MU, C, PI, LAMDA, METAL
COMMON/INTENSIDAD/INTEN
```

```
C EXTERNAL EXFREAL1, EXFIMAG1, EYFREAL1, EYFIMAG1, EZFREAL1, EZFIMAG1
C EXTERNAL EXFREAL2, EXFIMAG2, EYFREAL2, EYFIMAG2, EZFREAL2, EZFIMAG2
```

```
C EPSABS=1.0E-04
C EPSREL=1.0E-03
C KOUNT=0
C IFAIL=1
C K=(2.0*PI)/LAMDA
```

```
C INICIO DE SUMATORIA
```

```
C EXR=0.0
C EXI=0.0
C EYR=0.0
C EYI=0.0
C EZR=0.0
C EZI=0.0
```

```
C N=1
C DO WHILE(N.LE.NSEGT0)
C A=XD(N)
C B=XI(N)
```

```
C CALL D01AJF(EXFREAL1, A, B, EPSABS, EPSREL, INT1, ABSERR, W,
+ 1600, IW, 202, IFAIL)
+ CALL D01AJF(EXFREAL2, A, B, EPSABS, EPSREL, INT2, ABSERR, W,
+ 1600, IW, 202, IFAIL)
+ CALL D01AJF(EXFIMAG1, A, B, EPSABS, EPSREL, INT3, ABSERR, W,
+ 1600, IW, 202, IFAIL)
+ CALL D01AJF(EXFIMAG2, A, B, EPSABS, EPSREL, INT4, ABSERR, W,
+ 1600, IW, 202, IFAIL)
```

```
C EXR=(REAL(INTEN(N))* (INT1-INT2)+AIMAG(INTEN(N))*
+ (INT3+INT4))+EXR
+ EXI=(REAL(INTEN(N))* (INT3+INT4)-AIMAG(INTEN(N))*
+ (INT1-INT2))+EXI
```

```
C CALL D01AJF(EYFREAL1, A, B, EPSABS, EPSREL, INT5, ABSERR, W,
+ 1600, IW, 202, IFAIL)
+ CALL D01AJF(EYFREAL2, A, B, EPSABS, EPSREL, INT6, ABSERR, W,
+ 1600, IW, 202, IFAIL)
+ CALL D01AJF(EYFIMAG1, A, B, EPSABS, EPSREL, INT7, ABSERR, W,
+ 1600, IW, 202, IFAIL)
+ CALL D01AJF(EYFIMAG2, A, B, EPSABS, EPSREL, INT8, ABSERR, W,
+ 1600, IW, 202, IFAIL)
```

```
C EYR=(REAL(INTEN(N))* (INT5-INT6)+AIMAG(INTEN(N))*
+ (INT7+INT8))+EYR
+ EYI=(REAL(INTEN(N))* (INT7+INT8)-AIMAG(INTEN(N))*
+ (INT5-INT6))+EYI
```

```
C CALL D01AJF(EZFREAL1, A, B, EPSABS, EPSREL, INT9, ABSERR, W,
+ 1600, IW, 202, IFAIL)
+ CALL D01AJF(EZFREAL2, A, B, EPSABS, EPSREL, INT10, ABSERR, W,
+ 1600, IW, 202, IFAIL)
+ CALL D01AJF(EZFIMAG1, A, B, EPSABS, EPSREL, INT11, ABSERR, W,
```

```

+      1600, IW, 202, IFAIL)
CALL D01AJF(EZFIMAG2, A, B, EPSABS, EPSREL, INT12, ABSERR, W,
+      1600, IW, 202, IFAIL)
C
      EZR=(REAL( INTEN(N) )*(INT9-INT10)+AIMAG( INTEN(N) )*(
+      (INT11+INT12))+EZR
+      EZI=(REAL( INTEN(N) )*(INT11+INT12)-AIMAG( INTEN(N) )*(
+      (INT9-INT10))+EZI
      N=N+1
C
      ENDDO
C
      CTE=1.0/(8.0*(PI**2)*FR*EPSI)
      EXR=CTE*EXR
      EXI=-CTE*EXI
      EVR=CTE*EVR
      EYI=-CTE*EYI
      EZR=CTE*EZR
      EZI=-CTE*EZI
C
      EK=SQRT(EXR**2+EXI**2)
      EY=SQRT(EVR**2+EYI**2)
      EZ=SQRT(EZR**2+EZI**2)
C
      RETURN
      END
C
      *****
      REAL*8 FUNCTION EXPFREAL1(X)
      *****
C
      FUNCION REAL DE X
      VARIABLES
      INTEGER KOUNT, N
      REAL*8 X, K, XP, YP, ZP, THETA, FI
      REAL*8 XE1(300), XI(300), XC(300), XD(300), XED(300)
      REAL*8 YE1(300), YI(300), YC(300), YD(300), YED(300)
      REAL*8 ZE1(300), ZI(300), ZC(300), ZD(300), ZED(300)
      REAL*8 XSI(300), XSC(300), XSD(300)
      REAL*8 YSI(300), YSC(300), YSD(300)
      REAL*8 ZSI(300), ZSC(300), ZSD(300), INCR(300)
C
      COMMON/CONTADOR/N, KOUNT
      COMMON/FUN/K
      COMMON/FRONTERA/XE1, XI, XC, XD, XED, YE1, YI, YC, YD,
+      YED, ZE1, ZI, ZC, ZD, ZED, XSI, XSC, XSD, YSI, YSC, YSD, ZSI, ZSC,
+      ZSD, INCR
      COMMON/PUNTO/XP, YP, ZP, THETA, FI
C
      KOUNT=KOUNT+1
C
      EXPFREAL1=((2.*K/(SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))**2
+      )-(3.*K*((YC(N)-YP)**2-(ZC(N)-ZP)**2)/
+      (SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))**4))*
+      COS(K*(SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2)))
C
      RETURN
      END
C
      *****

```



```

C
EYFREAL1=(X-XP)*(YC(N)-YP)*(((3.*K/
+ (SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))**4)
+ *COS(K*SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))))
C
RETURN
END
C
*****
REAL*8 FUNCTION EYFREAL2(X)
*****
C
C
C
C
C
FUNCTION REAL DE X
VARIABLES
INTEGER KOUNT,N
REAL*8 X,K,XP,YP,ZP,THETA,FI
REAL*8 XE1(300),XI(300),XC(300),XD(300),XED(300)
REAL*8 YE1(300),YI(300),YC(300),YD(300),YED(300)
REAL*8 ZE1(300),ZI(300),ZC(300),ZD(300),ZED(300)
REAL*8 XSI(300),XSC(300),XSD(300)
REAL*8 YSI(300),YSC(300),YSD(300)
REAL*8 ZSI(300),ZSC(300),ZSD(300),INCR(300)
C
COMMON/FUN/K
COMMON/CONTADOR/N,KOUNT
COMMON/FRONTERA/XE1,XI,XC,XD,XED,YE1,YI,YC,YD,
+ YED,ZE1,ZI,ZC,ZD,ZED,XSI,XSC,XSD,YSI,YSC,YSD,ZSI,ZSC,
+ ZSD,INCR
COMMON/PUNTO/XP,YP,ZP,THETA,FI
C
KOUNT=KOUNT+1
C
EYFREAL2=(X-XP)*(YC(N)-YP)*(((3./SQRT((X-XP)**2+
+ (YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))**5)-
+ (K**2/(SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))
+ **3))*SIN(K*SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2)))
C
RETURN
END
C
*****
REAL*8 FUNCTION EYFIMAG1(X)
*****
C
C
C
C
C
FUNCTION REAL DE X
VARIABLES
INTEGER KOUNT,N
REAL*8 X,K,XP,YP,ZP,THETA,FI
REAL*8 XE1(300),XI(300),XC(300),XD(300),XED(300)
REAL*8 YE1(300),YI(300),YC(300),YD(300),YED(300)
REAL*8 ZE1(300),ZI(300),ZC(300),ZD(300),ZED(300)
REAL*8 XSI(300),XSC(300),XSD(300)
REAL*8 YSI(300),YSC(300),YSD(300)
REAL*8 ZSI(300),ZSC(300),ZSD(300),INCR(300)
C
COMMON/FUN/K
COMMON/CONTADOR/N,KOUNT
COMMON/FRONTERA/XE1,XI,XC,XD,XED,YE1,YI,YC,YD,
+ YED,ZE1,ZI,ZC,ZD,ZED,XSI,XSC,XSD,YSI,YSC,YSD,ZSI,ZSC,
+ ZSD,INCR

```

```

COMMON/PUNTO/XP,YP,ZP,THETA,FI
C
C
KOUNT=KOUNT+1
C
EYFIMAG1=(X-XP)*(YC(N)-YP)*(((3./
+ (SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))**5)
+ -(K**2/(SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))**3)))*
+ COS(K*SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2)))
C
RETURN
END
C
C
*****
REAL*8 FUNCTION EYFIMAG2(X)
C
C
*****
C
C
C
FUNCION REAL DE X
VARIABLES
INTEGER KOUNT,N
REAL*8 X,K,XP,YP,ZP,THETA,FI
REAL*8 XEI(300),XI(300),XC(300),XD(300),XED(300)
REAL*8 YEI(300),YI(300),YC(300),YD(300),YED(300)
REAL*8 ZEI(300),ZI(300),ZC(300),ZD(300),ZED(300)
REAL*8 XSI(300),XSC(300),XSD(300)
REAL*8 YSI(300),YSC(300),YSD(300)
REAL*8 ZSI(300),ZSC(300),ZSD(300),INCR(300)
C
COMMON/FUN/K
COMMON/CONTADOR/N,KOUNT
COMMON/FRONTERA/XEI,XI,XC,XD,XED,YEI,YI,YC,YD,
+ YED,ZEI,ZI,ZC,ZD,ZED,XSI,XSC,XSD,YSI,YSC,YSD,ZSI,ZSC,
+ ZSD,INCR
COMMON/PUNTO/XP,YP,ZP,THETA,FI
C
KOUNT=KOUNT+1
C
EYFIMAG2=(X-XP)*(YC(N)-YP)*(((3.*K/(SQRT((X-XP)**2+
+ (YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))
+ **4)*SIN(K*SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))))
C
RETURN
END
C
C
*****
REAL*8 FUNCTION EZFREAL1(X)
C
C
*****
C
C
C
FUNCION REAL DE X
VARIABLES
INTEGER KOUNT,N
REAL*8 X,K,XP,YP,ZP,THETA,FI
REAL*8 XEI(300),XI(300),XC(300),XD(300),XED(300)
REAL*8 YEI(300),YI(300),YC(300),YD(300),YED(300)
REAL*8 ZEI(300),ZI(300),ZC(300),ZD(300),ZED(300)
REAL*8 XSI(300),XSC(300),XSD(300)
REAL*8 YSI(300),YSC(300),YSD(300)
REAL*8 ZSI(300),ZSC(300),ZSD(300),INCR(300)
C
COMMON/FUN/K
COMMON/CONTADOR/N,KOUNT

```



```

COMMON/FRONTERA/XEI,XI,XC,XD,XED,YEI,YI,YC,YD,
+ YED,ZEI,ZI,ZC,ZD,ZED,XSI,XSC,XSD,YSI,YSC,YSD,ZSI,ZSC,
+ ZSD, INCR
COMMON/PUNTO/XP,YP,ZP,THETA,FI

```

```

KOUNT=KOUNT+1
EZFREAL1=(X-XP)*(ZC(N)-ZP)*(((3.*K/
+ (SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))**4)
+ *COS(K*SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))))

```

```

RETURN
END

```

```

*****
REAL*8 FUNCTION EZFREAL2(X)
*****

```

```

FUNCION REAL DE X
VARIABLES

```

```

INTEGER KOUNT,N
REAL*8 X,K,XP,YP,ZP,THETA,FI
REAL*8 XEI(300),XI(300),XC(300),XD(300),XED(300)
REAL*8 YEI(300),YI(300),YC(300),YD(300),YED(300)
REAL*8 ZEI(300),ZI(300),ZC(300),ZD(300),ZED(300)
REAL*8 XSI(300),XSC(300),XSD(300)
REAL*8 YSI(300),YSC(300),YSD(300)
REAL*8 ZSI(300),ZSC(300),ZSD(300),INCR(300)

```

```

COMMON/FUN/K
COMMON/CONTADOR/N,KOUNT
COMMON/FRONTERA/XEI,XI,XC,XD,XED,YEI,YI,YC,YD,
+ YED,ZEI,ZI,ZC,ZD,ZED,XSI,XSC,XSD,YSI,YSC,YSD,ZSI,ZSC,
+ ZSD, INCR
COMMON/PUNTO/XP,YP,ZP,THETA,FI

```

```

KOUNT=KOUNT+1
EZFREAL2=(X-XP)*(ZC(N)-ZP)*(((3./(SQRT((X-XP)**2+
+ (YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))**5)-
+ (K**2/(SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))
+ **3))*SIN(K*SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2)))

```

```

RETURN
END

```

```

*****
REAL*8 FUNCTION EZFIMAG1(X)
*****

```

```

FUNCION REAL DE X
VARIABLES

```

```

INTEGER KOUNT,N
REAL*8 X,K,XP,YP,ZP,THETA,FI
REAL*8 XEI(300),XI(300),XC(300),XD(300),XED(300)
REAL*8 YEI(300),YI(300),YC(300),YD(300),YED(300)
REAL*8 ZEI(300),ZI(300),ZC(300),ZD(300),ZED(300)
REAL*8 XSI(300),XSC(300),XSD(300)
REAL*8 YSI(300),YSC(300),YSD(300)
REAL*8 ZSI(300),ZSC(300),ZSD(300),INCR(300)

```

```

C
COMMON/FUN/K
COMMON/CONTADOR/N,KOUNT
COMMON/FRONTERA/XEI,XI,XC,XD,XED,YEI,YI,YC,YD,
+ YED,ZEI,ZI,ZC,ZD,ZED,XSI,XSC,XSD,YSI,YSC,YSD,ZSI,ZSC,
+ ZSD,INCR
COMMON/PUNTO/XP,YP,ZP,THETA,FI

C
KOUNT=KOUNT+1

C
EZFIMAG1=(X-XP)*(ZC(N)-ZP)*(((3./SQRT((X-XP)**2
+ (YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))**5)
+ -(K**2/(SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))**3))*
+ COS(K*SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2)))

C
RETURN
END

C
*****
C
REAL*8 FUNCTION EZFIMAG2(X)
*****
C
C
C
C
FUNCION REAL DE X
VARIABLES
INTEGER KOUNT,N
REAL*8 X,K,XP,YP,ZP,THETA,FI
REAL*8 XEI(300),XI(300),XC(300),XD(300),XED(300)
REAL*8 YEI(300),YI(300),YC(300),YD(300),YED(300)
REAL*8 ZEI(300),ZI(300),ZC(300),ZD(300),ZED(300)
REAL*8 XSI(300),XSC(300),XSD(300)
REAL*8 YSI(300),YSC(300),YSD(300)
REAL*8 ZSI(300),ZSC(300),ZSD(300),INCR(300)

C
COMMON/FUN/K
COMMON/CONTADOR/N,KOUNT
COMMON/FRONTERA/XEI,XI,XC,XD,XED,YEI,YI,YC,YD,
+ YED,ZEI,ZI,ZC,ZD,ZED,XSI,XSC,XSD,YSI,YSC,YSD,ZSI,ZSC,
+ ZSD,INCR
COMMON/PUNTO/XP,YP,ZP,THETA,FI

C
KOUNT=KOUNT+1

C
EZFIMAG2=(X-XP)*(ZC(N)-ZP)*(((3.*K/SQRT((X-XP)**2+
+ (YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))
+ **4)*SIN(K*SQRT((X-XP)**2+(YC(N)-YP)**2+(ZC(N)-ZP)**2))))

C
RETURN
END

C
*****
C
SUBROUTINE GANANCIA
*****
C
C
REAL*8 ETOT1(0:360), ETOT2(0:180), ETOT3(0:180)
REAL*8 THETA,FI,DIST,GAIN,RAZON,CAM,MINTEN(300),FINTEN(300)
REAL*8 POTMED,XP,YP,ZP
REAL*8 LAMDA,LD,MTRP,LTA,AAP,ALFAV,ALFAH,VALOR,VALORV
REAL*8 SUMA,ADD,PROM,DIRECT
INTEGER NSEGTO,I,J,SEGA,NTT
CHARACTER METAL*2

```

```

C      COMPLEX*8 INTEN(300),IMPIN
COMMON/TOTALES/ETOT1,ETOT2,ETOT3
COMMON/COMUN/NSEGT0,SEGA
COMMON/INTENSIDAD/INTEN
C
C      LECTURA DE LOS LIMITES Y DE LAS CORRIENTES
C
OPEN(UNIT=77,NAME='CHAPUCERO.DAT',TYPE='OLD')
READ(77,41) METAL,SEGA,NSEGT0,NTT,LAMDA,LD,MTRP,LTA,AAP
41  FORMAT(A2,3(I4),E10.3,F5.3,F6.3,F5.3,F6.3)
CLOSE(77)
OPEN(UNIT=7,NAME='INTEN.DAT',TYPE='OLD')
DO I=1,NSEGT0
    READ(7,*) INTEN(I),MINTEN(I),FINTEN(I)
ENDDO
CLOSE(7)
OPEN(UNIT=7,NAME='IMEN.DAT',TYPE='OLD')
READ(7,10)IMPIN
10  FORMAT(/,5X,'LA IMPEDANCIA DE ENTRADA ES ',2(F11.6))
CLOSE(7)
OPEN(UNIT=7,NAME='CAMPO.DAT',TYPE='OLD')
DO I=0,360,5
    READ(7,*) J,ETOT1(I),XP,YP
ENDDO
DO I=0,180,5
    READ(7,*) J,ETOT2(I),YP,ZP
ENDDO
DO I=0,180,5
    READ(7,*) J,ETOT3(I),YP,ZP
ENDDO
CLOSE(7)
C
PI=4.0*ATAN(1.0)
DIST=2.0*(AAP**2)/LAMDA
C
VAL=0.0
CAM=ETOT1(90)
C
SUMA=0.0
ADD=0.0
DO I=0,360,5
    ADD=ETOT1(I)+SUMA
    SUMA=ADD
ENDDO
PROM=SUMA/73
DIRECT=CAM/PROM
C
GAIN=(4*PI*DIST**2*CAM**2)/(377*(MINTEN(SEGA)**2)*(REAL(IMPIN)))
RAZON=ETOT1(90)/ETOT1(270)
GAIN= 10*DLOG10(GAIN)
C
POTMED= CAM * 0.7071
VALOR=CAM
C      CALCULO DEL HAZ HORIZONTAL
DO I=0,90,5
    IF((ETOT1(I).GE.POTMED) .AND. (ETOT1(I).LE.CAM)) THEN
        IF(ETOT1(I) .LE. VALOR) THEN
            VALOR=ETOT1(I)
            ALFAH=I

```

```

                ENDIF
        ENDIF
C      ENDDO
        CALCULO DEL HAZ VERTICAL
        VALORV=CAM
        DO I=0,90,5
            IF((ETOT2(I).GE.POTMED) .AND. (ETOT2(I).LE.CAM)) THEN
                IF(ETOT2(I) .LE. VALORV) THEN
                    VALORV=ETOT2(I)
                    ALFAV=I
                ENDIF
            ENDIF
        ENDDO
        ALFAH=(90-ALFAH)*2
        ALFAV=(90-ALFAV)*2
C      OPEN(UNIT=55,NAME='TOTALES',TYPE='NEW')
C
        WRITE(55,233)ALFAH,ALFAV
233      FORMAT(5X,'ANCHO DE HAZ HORIZONTAL= ',E9.2,5X,
+       'ANCHO DE HAZ VERTICAL= ',E9.2,/)
        WRITE(55,234)GAIN,RAZON
234      FORMAT(5X,'GANANCIA= ',E9.2,5X,'RAZON FRENTE/ATRAS= ',E9.2,/)
C
        WRITE(55,235)DIRECT
235      FORMAT(5X,'DIRECTIVIDAD= ',E9.2)
        CLOSE(55)
        RETURN
        END
C

```

```

C *****
C *****
C
C PROGRAM GRAFICACION_DE_CARACTERISTICAS'
C
C PROGRAMA PARA GRAFICAR CAMPO ELECTRICO, HORIZONTAL Y VERTICAL
C VARIABLES.
C CHARACTER RESP*2,TIPO*20,OPCION*1,ARREGLO*1
C PARAMETROS.
C DATA RESP/'SI'/
C
C PRESENTACION DEL PROGRAMA.
C DO WHILE (RESP .EQ. 'SI')
C     GRAFICACION DEL CAMPO ELECTRICO
C     EN DOS PLANOS (HORIZ. Y VERT.).
C     CALL GRAFICACION
C
C     TYPE *,' '
C     TYPE *,' '
C     TYPE 90
90  FORMAT(T8,' DESEAS COMENZAR OTRO DISENO? [SI/NO]: ',§)
99  ACCEPT 99,RESP
    FORMAT(A2)
C
C ENDDO
C TYPE *,' '
C TYPE *,' '
C
C STOP'          <<***** " FIN DEL PROGRAMA " *****>>'
C END
C
C *****
C SUBROUTINE GRAFICACION
C *****
C
C * G R A F I C A S   P O L A R E S *
C
C GRAFICACION DE LOS DATOS REFERENTES A LA MAGNITUD DEL
C CAMPO ELECTRICO TOTAL, TANTO EN EL PLANO HORIZONTAL -
C COMO EN EL PLANO VERTICAL,DEPENDIENDO DE LA VARIACION
C DE THETA Y DE PHI (COORDENADAS Y/Z/X).
C
C SISTEMA DEL PROGRAMA GENERAL:
C VARIABLES.
C CHARACTER RESP*2,OPCION*1,TIPO*35
C INTEGER CFGH
C PARAMETROS.
C COMMON/COUNT/CFGH
C RESP='SI'
C CFGH=1
C
C PRESENTACION DEL PROGRAMA.
C CALL INFORME !cancelado/batch
C DO WHILE (RESP .EQ. 'SI')
C     CHEQUEO DE DATOS.
C     CALL CHEQUEO(TIPO)
C     SELECCION DE LA LABOR.
C     CALL SACA MENU(OPCION)
C     IF((OPCION.EQ.'1') .OR. (OPCION.EQ.'2')) THEN
C         GRAFICACION DEL CAMPO ELECTRICO.
C         CALL CAMP_ELEC(OPCION,TIPO)
C     ENDIF

```

```

TYPE *,' '
TYPE *,' '
TYPE 10
10  FORMAT(t8,'deseas continuar graficando? [SI/NO]: ',%)
20  ACCEPT 20,RESP
    FORMAT(A2)
C   ENDDO
C   RETURN
C   END
C   *****
C   SUBROUTINE INFORME
C   *****
C   PRESENTACION DEL PROGRAMA.
C   VARIABLES.
C   CHARACTER BOPANT*6,X*2,Y*2,BALIN*1
C   PARAMETRO.
C   BOPANT=' BOPANT'
C
C   CALL VT150(BOPANT)
C   X='02'
C   Y='20'
C   CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
C   TYPE 10
10  FORMAT( T20,' PROGRAMA PARA LA GRAFICACION DE LAS CARACTERISTICAS ')
C   X='06'
C   Y='13'
C   CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
C   TYPE 20
20  FORMAT( T20,' DE LA ANTENA PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA ')
C   X='12'
C   Y='18'
C   CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
C   TYPE 30
30  FORMAT( T20,' INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS ')
C   X='18'
C   Y='43'
C   CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
C   TYPE 40
40  FORMAT( T43,' GRUPO DE RADIO. ')
C   X='22'
C   Y='05'
C   CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
C   TYPE 50
50  FORMAT( T5,' p/continuar,de return >',%)
60  ACCEPT 60,BALIN
    FORMAT(A1)
C   RETURN
C   END
C   *****
C   SUBROUTINE CHEQUEO(TIPO)
C   *****
C   VARIABLES.
C   CHARACTER RESP*2,METAL*2,TIPO*35
C   REAL*8 FR,EPSI,MU,C,PI,LAMBDA,NTT

```

```

C      INTEGER CFGH
PARAMETROS.
COMMON/DATOS/FR,EPSI,MU,C,PI,LAMBDA,METAL,NTT
COMMON/COUNT/CFGH

C      TYPE *,' '
TYPE !0
10     FORMAT(T8,' QUIERES DAR LOS DATOS? [SI/NO]: ',\$)
ACCEPT 20,RESP
20     FORMAT(A2)
TIPO='PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA'
IF(Resp .EQ. 'SI') THEN
    TYPE *,' '
    TYPE 30
30     FORMAT(T8,' FRECUENCIA [MHz]: ',\$)
ACCEPT 40,FR
40     FORMAT(F8.3)
    TYPE *,' '
    TYPE 70
70     FORMAT(T8,' NUMERO DE TUBOS : ',\$)
ACCEPT 75,NTT
75     FORMAT (F8.3)

ELSE
    IF(CFGH .EQ. 1) THEN
        FR=FR/(1.0E06)
    ENDIF
ENDIF
CFGH = CFGH + 1

C      RETURN
END

C
C      *****
SUBROUTINE SACA MENU(OPCION)
C      *****
C
C      SELECCION DE LA LABOR.
C      VARIABLES.
CHARACTER BOPANT*6,X*2,Y*2,OPCION*1,BALIN*1'
LOGICAL OKEY
PARAMETRO.
BOPANT='BOPANT'

C
C      OKEY =.TRUE.
CALL VT150(BOPANT)
C      MUESTRA DEL MENU.
TYPE *,' MENU P/SELECCIONAR OPCION:'
TYPE *,' '
TYPE *,' '
TYPE *,'      (1) ELEC. HORIZONTAL'
TYPE *,'      (2) ELEC. VERTICAL'
TYPE *,' '
TYPE *,' '
TYPE *,'      OPCION A UTILIZAR: _'
DO WHILE ( OKEY )
    X = '08'
    Y = '27'
    CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
    ACCEPT 10,OPCION
    FORMAT(A1)
10

```

```

C          SELECCION DE LA OPCION.
          IF(OPCION .EQ. '1' .OR.
1          OPCION .EQ. '2' ) THEN
          OKEY = .FALSE.
          ELSE
          X = '20'
          Y = '05'
          CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
          TYPE 20
20         FORMAT(1X,' favor de escoger bien!, p/continuar de return >',$)
          ACCEPT 10,BALIN
          ENDIF
          ENDDO
C
          RETURN
          END
C
C          *****
C          SUBROUTINE CAMP_ELEC(OPCION,TIPO)
C          *****
C          GRAFICACION DEL CAMPO ELECTRICO
C          EN EL PLANO HORIZONTAL Y VERTICAL.
C          VARIABLES :
C          CHARACTER CHARACTER*20,OPCION*1,TIPO*35
C          REAL*8 ET(0:360,0:360),NORM(0:360,0:360)
C
C          ABRIR EL ARCHIVO.
C          CALL ABRE_ARCH(OPCION)
C
C          LEER LOS DATOS.
C          CALL LEE(ET,OPCION,CARACTER)
C
C          CIERRA EL ARCHIVO.
C          CALL CIERRA_ARCH
C
C          NORMALIZALOS.
C          CALL NORMALIZA(ET,NORM,OPCION)
C
C          GRAFICACION POLAR.
C          CALL GRAFICA_POLAR(NORM,OPCION,TIPO,CARACTER)
C
C          RETURN
C          END
C
C          *****
C          SUBROUTINE ABRE_ARCH(OPCION)
C          *****
C          CHARACTER*1 OPCION
C
C          SELECCION DEL ARCHIVO (ELEC/H-V).
C          ARCH. SECUENCIAL.
C          IF(OPCION .EQ. '1') THEN
C              OPEN(UNIT=77,NAME='ELECTRICH.DAT',TYPE='OLD')
C          ELSE
C              OPEN(UNIT=77,NAME='ELECTRICV.DAT',TYPE='OLD')
C          ENDIF
C
C          RETURN

```


END

SUBROUTINE LEE(ET,OPCION,CARACTER)

LECTURA DE LOS DATOS.
VARIABLES :
CHARACTER OPCION*1,CARACTER*20
INTEGER THETA,PHI
REAL*8 ET(0:360,0:360)

SELECCION DEL PLANO (ELEC).
IF(OPCION .EQ. '1') THEN
 CARACTER=' H O R I Z O N T A L'
 THETA = 90
 READ(77,*) (ET(THETA,PHI),PHI=0,360,5)
ELSE
 CARACTER=' V E R T I C A L'
 PHI = 90
 READ(77,*) (ET(THETA,PHI),THETA=0,360,5)
ENDIF

RETURN
END

SUBROUTINE CIERRA_ARCH

CERRAR EL ARCHIVO.
CLOSE (77)

RETURN
END

SUBROUTINE NORMALIZA(ET,NORM,OPCION)

AQUI ENTRA LA NORMALIZACION DE ET-NORM.
VARIABLES :
CHARACTER*1 OPCION
INTEGER THETA,PHI
REAL*8 ET(0:360,0:360),NORM(0:360,0:360),CAM

INICIALIZAR.
CAM=0.
BUSQUEDA DEL MAXIMO (CAM).
THETA=90
DO PHI=0,360,5
 IF(ET(THETA,PHI) .GT. CAM) THEN
 CAM=ET(THETA,PHI)
 ENDIF
ENDDO

APLICAR OPCION (H - V).
IF(OPCION .EQ. '1') THEN
 ASIGNACIONES NORMALIZADAS.
 THETA=90

```

DO PHI=0,360,5
      NORM(THETA,PHI)=ET(THETA,PHI)/CAM
ENDDO
ELSE
  PHI=90
  DO THETA=0,360,5
    NORM(THETA,PHI)=ET(THETA,PHI)/CAM
  ENDDO
ENDIF

```

```

C
RETURN
END

```

```

C
C
*****
SUBROUTINE GRAFICA_POLAR(NORM,OPCION,TIPO,CARACTER)
*****

```

```

C
C
AQUI ENTRA LA GRAFICACION.
VARIABLES :
CHARACTER CHARACTER*20,OPCION*1,TIPO*35
INTEGER ANG1,ANG2,N1
REAL*8 NORM(0:360,0:360)
REAL L(100),M(100),XMIN,XMAX,YMIN,YMAX
PARAMETROS.

```

```

C
ANG1=5
ANG2=15
XMIN=-1.5
YMIN=-1.5
XMAX=1.5
YMAX=1.5
N1 = 90/ANG1

```

```

C
C
INICIALIZAR.
CALL REFER_MARCO(ANG1,N1,L,M,XMIN,XMAX,YMIN,YMAX)

```

```

C
C
TRAZA EL MARCO DE REFERENCIA PARA GRAFICAS POLARES.
CALL TRAZA_MARCO(ANG1,ANG2,N1,L,M)

```

```

C
C
TRAZA LA CURVA (CON TEXTOS).
CALL TRAZO(NORM,OPCION,TIPO,CARACTER)
CALL CIERRA
CALL TERMINA

```

```

C
RETURN
END

```

```

C
C
*****
SUBROUTINE REFER_MARCO(ANG1,N1,L,M,XMIN,XMAX,YMIN,YMAX)
*****

```

```

C
C
IDENTIFICA EL ESPACIO.
VARIABLES :
INTEGER ANG1,N1
REAL L(100),M(100),XMIN,XMAX,YMIN,YMAX

```

```

C
CALL CUADRANTE(L,M,ANG1,N1)
CALL PAGRAINICIA('BASICO','NADA','2D')
CALL VENTANA(XMIN,YMIN,XMAX,YMAX)
CALL ABRE(0)

```

```

C

```

RETURN
END

SUBROUTINE CUADRANTE(L,M,ANG1,N1)

CALCULA LOS PUNTOS DE UN CUADRANTE
DE UN CIRCULO UNITARIO.UTILIZA LAS
PROPIEDADES DE LOS NUMEROS COMPLEJOS.

VARIABLES :
INTEGER ANG1,N1,I
REAL L(100),M(100),PI
COMPLEX CC,C1,RANG

PI = 4.0*ATAN(1.0)
RANG = (0.,1.)*ANG1*PI/180.
C1 = CEXP(RANG)
CC = (1.,0.)
DO I = 1, N1
 CC = CC * C1
 L(I) = REAL(CC)
 M(I) = AIMAG(CC)

END DO

RETURN
END

SUBROUTINE TRAZA_MARCO(ANG1,ANG2,N1,L,M)

TRAZA EL MARCO POLAR. 3
VARIABLES :
INTEGER ANG1,ANG2,N1
REAL L(100),M(100)

SE INCLUYEN LOS TEXTOS NUMERALES.
TRAZA LOS CIRCULOS.
CALL TRAZA_CIRCULOS(N1,L,M)

TRAZA LOS RAYOS.
CALL TRAZA_RAYOS(ANG2)

RETURN
END

SUBROUTINE TRAZA_CIRCULOS(N1,L,M)

VARIABLES :
INTEGER I,N1
REAL L(100),M(100),Q

CALL PLUMA(1) !color-negro/(3)
DO I = 1, 10
 IF ((I.EQ.5).OR.(I.EQ.10)) THEN
 CALL GRUESO(2)
 Q=FLOAT(I)/10.

```

CALL POSTEXTO(-1,1)
CALL PLUMA(1)
CALL NUMEROS(Q,'F3.1')
CALL PLUMA(3)  !color-azul

ELSE
CALL GRUESO(1)
CALL PLUMA(3)

ENDIF
TRAZA EL CIRCULO.
CALL CIRCULO(L,M,I,N1)

```

END DO

RETURN
END

```

*****
SUBROUTINE CIRCULO(L,M,I,N1)
*****

```

CALCULA-TRAZA LOS PUNTOS DE LOS
CUATRO CUADRANTES DE UN CIRCULO
CUYO RADIO RELATIVO ES "I/10".

VARIABLES :

INTEGER I,N1
REAL L(100),M(100),X1,Y1

PRIMER CUADRANTE :

```

X1 = (1.0)*I/10
Y1 = 0.
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
DO J = 1 , N1
    X1 = L(J)*I/10
    Y1 = M(J)*I/10
    CALL ABS2LINEA(X1,Y1)

```

END DO

SEGUNDO CUADRANTE :

```

X1 = 0.
Y1 = (1.0)*I/10
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
DO J = 1 , N1
    X1 = -M(J)*I/10
    Y1 = L(J)*I/10
    CALL ABS2LINEA(X1,Y1)

```

END DO

TERCER CUADRANTE :

```

X1 = -(1.0)*I/10
Y1 = 0.
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
DO J = 1 , N1
    X1 = -L(J)*I/10
    Y1 = -M(J)*I/10
    CALL ABS2LINEA(X1,Y1)

```

END DO

CUARTO CUADRANTE :

```

X1 = 0.
Y1 = -(1.0)*I/10
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)

```

```
DO J = 1 , N1
      X1 = M(J)*I/10
      Y1 = -L(J)*I/10
      CALL ABS2LINEA(X1,Y1)
```

```
END DO
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
*****
SUBROUTINE TRAZA_RAYOS(ANG2)
*****
```

```
VARIABLES :
INTEGER ANG2,J
REAL X1,Y1,RANG,X2,Y2,Q,PI
PARAMETROS.
PI = 4.0*ATAN(1.0)
```

```
INCLUYE TEXTOS NUMERALES.
CALL GRUESO(1)
CALL POSTEXTO(0,0)
DO J = 0,(360-ANG2),ANG2
      Q = FLOAT(J)
      RANG = Q*PI/180.
      X1 = COS(RANG)
      Y1 = SIN(RANG)
      X2 = 1.1 * X1
      Y2 = 1.1 * Y1
      CALL ABS2MUEVE(0.,0.)
      CALL ABS2LINEA(X1,Y1)
      CALL ABS2MUEVE(X2,Y2)
      CALL PLUMA(1)
      CALL NUMEROS(Q,'I3')
      CALL PLUMA(3)
```

```
END DO
CALL POSTEXTO(-1,0)
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
*****
SUBROUTINE TRAZO(NORM,OPCION,TIPO,CARACTER)
*****
```

```
TRAZA LOS PUNTOS DE LOS LOBULOS DE RADIACION
EN LOS CUATRO CUADRANTES.
```

```
VARIABLES :
CHARACTER CHARACTER*20,OPCION*1,TIPO*35
INTEGER THETA,PHI
REAL*8 NORM(0:360,0:360),X1,Y1,RAD,PI
PARAMETROS.
PI = 4.0*ATAN(1.0)
```

```
CALL D2ROTA(-PI/2.0)
CALL PLUMA(2) !color-rojo
IF(OPCION .EQ. '1') THEN
      THETA=90
      PHI=0
      RAD=PHI*(PI/180.0)
```

```
X1 = NORM(THETA,PHI)*COS(RAD)
Y1 = NORM(THETA,PHI)*SIN(RAD)
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
CALL GRUESO(2)
CALL GRUESO(3) !(+)-grueso
DO PHI = 5 , 360, 5
    RAD=PHI*(PI/180.0)
    X1 = NORM(THETA,PHI)*COS(RAD)
    Y1 = NORM(THETA,PHI)*SIN(RAD)
    CALL ABS2LINEA(X1,Y1)
```

```
ENDDO
```

```
ELSE
```

```
PHI=90
THETA=0
RAD=THETA*(PI/180.0)
X1 = NORM(THETA,PHI)*COS(RAD)
Y1 = NORM(THETA,PHI)*SIN(RAD)
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
CALL GRUESO(2)
CALL GRUESO(3)
DO THETA = 5 , 360, 5
    RAD=THETA*(PI/180.0)
    X1 = NORM(THETA,PHI)*COS(RAD)
    Y1 = NORM(THETA,PHI)*SIN(RAD)
    CALL ABS2LINEA(X1,Y1)
```

```
ENDDO
```

```
ENDIF
```

```
CALL D2RESTAURA
```

```
IMPRIMIR TEXTOS.
```

```
CALL IMP_TEXTOS(TIPO,CARACTER)
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
*****
SUBROUTINE IMP_TEXTOS(TIPO,CARACTER)
```

```
*****
```

```
VARIABLES.
```

```
CHARACTER*25 CARACTER, TIPO
```

```
IMPRIMIR EL RECTANGULO.
```

```
CALL IMP_RECT
```

```
IMPRIMIR EL MENSAJE.
```

```
CALL IMP_MENSAJE(TIPO)
```

```
IMPRIMIR EL ENCABEZADO.
```

```
CALL ENCABEZADO(CARACTER)
```

```
AVISO DE TERMINACION.
```

```
CALL CONCLUSION
```

```
RETURN
```

```
END
```

```
*****
SUBROUTINE IMP_RECT
```

```
*****
```

C

```
REAL POSX, POSY, LARGO, ANCHO
POSX=-0.8
POSY=-1.13
LARGO=2.2
ANCHO=-0.37
```

C

```
CALL PLUMA(4) lcolor-verde
CALL GRUESO(1)
CALL GRUESO(2)
CALL ABS2MUEVE(POSX, POSY)
CALL ABS2LINEA(POSX+LARGO, POSY)
CALL ABS2LINEA(POSX+LARGO, POSY+ANCHO)
CALL ABS2LINEA(POSX, POSY+ANCHO)
CALL ABS2LINEA(POSX, POSY)
```

C

```
RETURN
END
```

C

C

```
*****
SUBROUTINE IMP_MENSAJE(TIPO)
*****
```

C

C

C

```
IMPRIMIR MENSAJES.
CHARACTER METAL*2, TIPO*35
REAL X1, Y1
REAL*8 FR, EPSI, MU, C, PI, LAMBDA, NTT
PARAMETROS.
COMMON/DATOS/FR, EPSI, MU, C, PI, LAMBDA, METAL, NTT
```

C

C

```
CALL PLUMA(1)
CALL GRUESO(1)
X1=-0.7
Y1=-1.2
CALL ABS2MUEVE(X1, Y1)
CALL TEXTO('FRECUENCIA [MHz]: ')
X1=0.2
Y1=-1.2
CALL ABS2MUEVE(X1, Y1)
CALL NUMEROS(FR, 'F8.3')
X1=-0.7
Y1=-1.3
CALL ABS2MUEVE(X1, Y1)
CALL TEXTO('TIPO DE ANTENA: ')
X1=0.15
Y1=-1.3
CALL ABS2MUEVE(X1, Y1)
CALL TEXTO(TIPO)
X1=-0.7
Y1=-1.4
CALL ABS2MUEVE(X1, Y1)
CALL TEXTO('NUMERO DE TUBOS: ')
X1=0.2
Y1=-1.4
CALL ABS2MUEVE(X1, Y1)
CALL NUMEROS(NTT, 'F8.3')
```

C

```
RETURN
END
```

C

```

C *****
C SUBROUTINE ENCABEZADO(CARACTER)
C *****
C ESCRIBIR EL ENCABEZADO DE LA GRAFICA.
C CHARACTER CHARACTER*20
C REAL X1,Y1
C
C CALL GRUESO(2)
C X1=-0.2
C Y1=1.4
C CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
C CALL TEXTO(' P A T R O N ' )
C X1=-0.3
C Y1=1.3
C CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
C CALL TEXTO(CARACTER)
C X1=-0.2
C Y1=1.2
C CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
C CALL TEXTO(' -----' )
C
C RETURN
C END
C *****
C SUBROUTINE CONCLUSION
C *****
C GRAFICACION CONCLUIDA.
C TYPE*, ' '
C TYPE*, ' '
C TYPE*, ' '
C TYPE*, ' '
C TYPE*, ' *****'
C TYPE*, ' * GRAFICACION CONCLUIDA. *'
C TYPE*, ' * RECOGER GRAFICA EN COMPUTO, *'
C TYPE*, ' * SI SE USO EL GRAFICADOR H.P. *'
C TYPE*, ' *****'
C TYPE *, ' '
C
C RETURN
C END
C *****
C *****

```



```

C *****
C PROGRAM MEDICION_PATRON_RADIACION
C *****
C
C SISTEMA DEL PROGRAMA GENERAL:
C VARIABLES.
C CHARACTER RESP*2,OPCION*1
C PARAMETRO.
C DATA RESP //'SI'/
C
C PRESENTACION DEL PROGRAMA.
C CALL INFORME |cancelado/batch
C DO WHILE (RESP .EQ. 'SI')
C     SELECCION DE LA LABOR.
C     CALL SACA_MENU(OPCION) |cancelado/batch
C     OPCION = '4' |descancelado/batch
C     IF (OPCION .EQ. '1') THEN
C         CAPTURA DE LOS DATOS.
C         CALL EFECTUA_CAPTURA_DATOS
C     ELSEIF(OPCION .EQ. '2') THEN
C         CONSULTA DE LOS DATOS.
C         CALL EFECTUA_CONSULTAS
C     ELSEIF(OPCION .EQ. '3') THEN
C         MODIFICACION DE LOS DATOS.
C         CALL EFECTUA_MODIFICACIONES
C     ELSE
C         GRAFICACION DE LOS DATOS.
C         CALL EFECTUA_GRAFICACION
C     ENDIF
C     TYPE *,' ' |cancelado/batch
C     TYPE 10 |cancelado/batch
C     FORMAT(' deseas continuar procesando? [SI/NO]: ',%)
C     ACCEPT 20,RESP |cancelado/batch
C     RESP = 'NO' |descancelado/batch
C     FORMAT(A2)
C
C ENDDO
C STOP'***** " FIN DEL PROGRAMA " *****' |cancelado/batch
C
C END
C
C *****
C SUBROUTINE INFORME
C *****
C
C PRESENTACION DEL PROGRAMA.
C VARIABLES.
C CHARACTER BOPANT*6,X*2,Y*2,BALIN*1
C PARAMETRO.
C DATA BOPANT //'BOPANT'/
C
C CALL VT150(BOPANT) |borra la pantalla.
C X='02'
C Y='18'
C CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y)) |mueve el cursor en pantalla.
C TYPE 10
C FORMAT(T18,' PROGRAMA PARA LA GRAFICACION DEL PATRON ')
C X='06'
C Y='13'
C CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
C TYPE 20

```

```

20  FORMAT( T13,' DE RADIACION DE UNA ANTENA EN COORDENADAS POLARES. ')
    X='12'
    Y='18'
    CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
    TYPE 30
30  FORMAT( T18,' INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS ')
    X='18'
    Y='43'
    CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
    TYPE 40
40  FORMAT( T43,' GRUPO DE RADIO. ')
    X='22'
    Y='05'
    CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
    TYPE 50
50  FORMAT( T5,' p/continuar,de return > ',§)
60  ACCEPT 60,BALIN
    FORMAT(A1)
    END

```

```

C
C *****
C SUBROUTINE SACA_MENU(OPCION)
C *****
C

```

```

C SELECCION DE LA LABOR.
C VARIABLES.
C CHARACTER BOPANT*6,X*2,Y*2,OPCION*1,BALIN*1
C LOGICAL OKEY
C PARAMETRO.
C DATA BOPANT //'BOPANT'/
C

```

```

C OKEY =.TRUE.
C CALL VT150(BOPANT)          !borra pantalla.
C MUESTRA DEL MENU.
  TYPE *,' MENU P/SELECCIONAR OPCION:'
  TYPE *,'
  TYPE *,'
  TYPE *,'          (1) CAPTURA DE DATOS'
  TYPE *,'          (2) CONSULTAS'
  TYPE *,'          (3) MODIFICACIONES'
  TYPE *,'          (4) GRAFICACION'
  TYPE *,'
  TYPE *,'          OPCION A UTILIZAR: _'
  DO WHILE ( OKEY )
    X = '10'
    Y = '27'
    CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))    !mueve cursor-pantalla.
    ACCEPT 10,OPCION
    FORMAT(A1)
    SELECCION DE LA OPCION.
    IF(OPCION .EQ. '1' .OR.
1     OPCION .EQ. '2' .OR.
2     OPCION .EQ. '3' .OR.
3     OPCION .EQ. '4' ) THEN
      OKEY = .FALSE.
    ELSE
      X = '20'
      Y = '05'
      CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))

```

```

20      TYPE 20
      FORMAT(' favor de escoger bien||, p/continuar de return > ',§)
      ACCEPT 10,BALIN
      ENDIF
      ENDDO
C
      END
C
C *****
C SUBROUTINE EFECTUA_CAPTURA_DATOS
C *****
C CAPTURA DE LOS DATOS.
C VARIABLES.
C CHARACTER FRECUENCIA*3,ANGULO*3,CAMPO*6,GRADOS*219
C CHARACTER RESPUESTA*2,BOPANT*6,BALIN*1,OK*2,SALIDA*2
C CHARACTER G*27,G1*27,G2*30,G3*27
C INTEGER ESTATUS,ENT
C PARAMETROS.
C DATA BOPANT //'BOPANT'/
C DATA G //'000010020030040050060070080'/
C DATA G1 //'090100110120130140150160170'/
C DATA G2 //'180190200210220230240250260270'/
C DATA G3 //'280290300310320330340350360'/
C
C CONCATENACION.
C GRADOS=G//G1//G2//G3
C
C SALIDA = 'SI'
C DO WHILE (SALIDA .EQ. 'SI')
C
C CARACTERISTICAS DEL ARCHIVO DE LOS DATOS.
C OPEN(UNIT=40,NAME='ANTENNA.DAT',FORM='UNFORMATTED',
C 1      TYPE='NEW',ORGANIZATION='INDEXED',
C 2      RECORDSIZE=3,ACCESS='KEYED',
C 3      KEY=(1:3:CHARACTER,4:6:CHARACTER))
C
C RESPUESTA = 'SI'
C OK='SI'
C ENT=1
C CALL VT150(BOPANT)          !borra pantalla.
C TYPE *,'*',I=1,46)
C TYPE *,' '
C TYPE *,' '                bienvenido a capturas:
C TYPE *,' '
C TYPE *,' '
C DO WHILE ( RESPUESTA .EQ. 'SI' )
C IF (OK .EQ. 'SI') THEN
C     TYPE 20
30     FORMAT(' TECLEA LA FRECUENCIA [____MHz]: ',§)
30     ACCEPT 30,FRECUENCIA
30     FORMAT(A3)
30     DESCONCATENACION PARCIAL.
30     ANGULO = GRADOS( ENT : ENT + 2 )
30     ENT = ENT + 3
30     TYPE *,' '
30     TYPE 50
50     FORMAT(' TECLEA EL CAMPO ELECTRICO [____microV/m] (0-grados): ',§)
50     ACCEPT 60,CAMPO
60     FORMAT(A6)

```

```

      OK='NO'
ELSE
  ANGULO = GRADOS( ENT : ENT + 2 )
  ENT = ENT + 3
  TYPE 70,ANGULO
70  FORMAT(' TECLIA EL CAMPO ELECTRICO [microV/m] (',A3,'): ',§)
  ACCEPT 60,CAMPO
ENDIF
  WRITE(40,Iostat=ESTATUS) ANGULO,FRECUENCIA,
  1  CAMPO
  IF (ANGULO .EQ. '360') THEN
    RESPUESTA='NO'
  ENDIF
ENDDO
C  CERRAR LA UNIDAD DEL ARCHIVO.
  CLOSE (40)
  TYPE *,' '
  TYPE *,' '
  TYPE 80
80  FORMAT(' deseas empezar otro proceso de captura? [SI/NO]: ',§)
  ACCEPT 90,SALIDA
90  FORMAT(A2)
ENDDO
C
C  END
C
C  *****
C  SUBROUTINE EFECTUA CONSULTAS
C  *****
C
C  CONSULTA DE LOS DATOS.
C  VARIABLES.
  CHARACTER FRECUENCIA*3,ANGULO*3,CAMPO*6,BOPANT*6
  CHARACTER X*2,Y*2,RESPUESTA*2,BALIN*1,SI_NO*2
  CHARACTER LISTA*2,CAT*3,MOD0*1
  LOGICAL CONTINUAR
  INTEGER ESTATUS
  PARAMETRO.
  DATA BOPANT/'BOPANT'/
C
C  CONSULTAR EL ARCHIVO CREADO DE LOS DATOS.
  OPEN(UNIT=40,NAME='ANTENNA.DAT',FORM='UNFORMATTED',
  1  TYPE='OLD',ORGANIZATION='INDEXED',
  2  RECORDSIZE=3,ACCESS='KEVED',
  3  KEY=(1:3:CHARACTER,4:6:CHARACTER))
C
  SI_NO='SI'
  DO WHILE (SI_NO .EQ. 'SI')
C  VERIFICAR EL TIPO DE CONSULTA.
  CALL FORMA_CHECAR(MODO)
  IF (MODO .EQ. '1') THEN
    RESPUESTA = 'SI'
    DO WHILE (RESPUESTA .EQ. 'SI')
      X = '13'
      Y = '01'
      CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))  !mueve cursor-pantalla.
      TYPE 10
10  FORMAT(' TECLIE UD. LA FRECUENCIA [___MHz]: ',§)
      ACCEPT 20,FRECUENCIA
20  FORMAT(A3)

```

```

C      CAT=FRECUENCIA
      LECTURA DE DATOS.
      READ(40,KEY=FRECUENCIA,KEYID=1,IOSTAT=ESTATUS) ANGULO,
1      FRECUENCIA,CAMPO
C      SI LEE DATOS,MOSTRARLOS.
      IF(ESTATUS .EQ. 0) THEN
          TYPE *, ' '
          TYPE *, ' '
          TYPE *, ' ANGULO [grados]:          ',ANGULO
          TYPE *, ' FRECUENCIA [MHz]:          ',FRECUENCIA
          TYPE *, ' CAMPO ELEC [microV/m]:     ',CAMPO
      ELSE
          TYPE *, ' '
          TYPE 25
25      FORMAT(' error!!,no existe tal frecuencia,de return > ',%)
          ACCEPT 26,BALIN
26      FORMAT(A1)
      ENDIF
          TYPE*, ' '
          TYPE*, ' '
          TYPE 27
27      FORMAT (' deseas toda la lista? [SI/NO]: ',%)
          ACCEPT 40,LISTA
          IF (LISTA .EQ. 'SI') THEN
              CONTINUAR=.TRUE.
              DO WHILE (CONTINUAR)
C                  LECTURA DE DATOS.
                  READ (40,IOSTAT=ESTATUS) ANGULO,
1                  FRECUENCIA,CAMPO
C                  AVISAR SI NO HAY MAS DATOS.
                  IF (ESTATUS .NE. 0) THEN
                      TYPE *, ' '
                      TYPE *, ' '
                      TYPE 28
28                      FORMAT (' error!!,se detecto fin de archivo. ')
                      CONTINUAR=.FALSE.
                  ELSE
                      IF (CAT .EQ. FRECUENCIA) THEN
                          TYPE*, ' '
                          TYPE*, ' '
                          TYPE*, ' ANGULO [grados]:          ',ANGULO
                          TYPE*, ' FRECUENCIA [MHz]:          ',FRECUENCIA
                          TYPE*, ' CAMPO ELEC [microV/m]:     ',CAMPO
                      ELSE
                          TYPE*, ' '
                          TYPE*, ' '
                          TYPE*, ' no hay mas registros.'
                          CONTINUAR=.FALSE.
                      ENDIF
                  ENDIF
              ENDDO
          ENDIF
          TYPE *, ' '
          TYPE *, ' '
          TYPE *, ' '
          TYPE 30
30      FORMAT(' quieres consultarlo otra vez? [SI/NO]: ',%)
          ACCEPT 40,RESPUESTA
          CALL VT150(BOPANT)      !borra pantalla.
40      FORMAT(A2)

```

```

ENDDO
ELSE
  RESPUESTA = 'SI'
  DO WHILE (RESPUESTA .EQ. 'SI')
    X = '13'
    Y = '01'
    CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
    TYPE 41
    FORMAT(' TECLEE UD. EL ANGULO [___grados]: ',%)
    ACCEPT 20,ANGULO
    LECTURA DE DATOS.
    READ(40,KEY=ANGULO,KEYID=0,IOSTAT=ESTATUS) ANGULO,
    1      FRECUENCIA,CAMPO
    C      TECLEA EN PANTALLA.SI LA LECTURA FUE HECHA.
    IF(ESTATUS .EQ. 0) THEN
      TYPE *,' '
      TYPE *,' '
      TYPE *,' FRECUENCIA [MHz]:          ',FRECUENCIA
      TYPE *,' ANGULO [grados]:          ',ANGULO
      TYPE *,' CAMPO ELEC [microV/m]:    ',CAMPO
    ELSE
      TYPE *,' '
      TYPE 42
    42    FORMAT(' error||,no existe este angulo,de return > ',%)
          ACCEPT 26,BALIN
          ENDIF
          TYPE *,' '
          TYPE *,' '
          TYPE 45
    45    FORMAT(' quieres consultar otro? [SI/NO]: ',%)
          ACCEPT 40,RESPUESTA
          CALL VT150(BOPANT)      !borra pantalla.
    ENDDO
    ENDIF
    X='22'
    Y='01'
    CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
    TYPE 50
    50    FORMAT (' deseas otro tipo de consulta? [SI/NO]: ',%)
          ACCEPT 40,SI_NO
    ENDDO
    CERRAR LA UNIDAD DEL ARCHIVO.
    CLOSE (40)
    C
    C
    C      END
    C
    C      *****
    C      SUBROUTINE FORMA_CHECAR(MODO)
    C      *****
    C
    C      VERIFICAR EL TIPO DE CONSULTA.
    C      VARIABLES.
    C      CHARACTER BOPANT*6,X*2,Y*2,MODO*1,BALIN*1
    C      LOGICAL OKEY
    C      PARAMETRO.
    C      DATA BOPANT /'BOPANT'/
    C
    C      CALL VT150(BOPANT)      !borra pantalla.
    C      OKEY =.TRUE.
    C      TYPE *,(' ',I=1,54)

```

```

TYPE *,'          **** bienvenido a consultas ****'
TYPE *,'
TYPE *,' MENU P/SELECCIONAR MODO:'
TYPE *,'
TYPE *,'
TYPE *,'      (1) FRECUENCIA'
TYPE *,'      (2) ANGULO'
TYPE *,'
TYPE *,'          MODO A UTILIZAR: _'
DO WHILE ( OKEY )
    X = '11'
    Y = '25'
    CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))      !mueve cursor-pantalla.
    ACCEPT 10,MODO
    FORMAT(A1)
    VERIFICAR EL MODO DE CONSULTA.
    IF (MODO .EQ. '1' .OR.
1     MODO .EQ. '2' ) THEN
        OKEY = .FALSE.
    ELSE
        X = '20'
        Y = '05'
        CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
20     FORMAT(' favor de escoger bien||, p/continuar de return > ',%)
        ACCEPT 10,BALIN
    ENDIF
ENDDO

```

10
C

20

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

C

```

*****
SUBROUTINE EFECTUA_MODIFICACIONES
*****

```

MODIFICACION DE LOS DATOS.

VARIABLES.

CHARACTER FRECUENCIA*3,ANGULO*3,CAMPO*6,BOPANT*6

CHARACTER RESPUESTA*2,BALIN*1,X*2,Y*2,ANSWER*2

INTEGER ESTATUS

PARAMETRO.

DATA BOPANT //BOPANT//

ARCHIVO DE DATOS.

OPEN(UNIT=40,NAME='ANTENNA.DAT',FORM='UNFORMATTED',

1 TYPE='OLD',ORGANIZATION='INDEXED',

2 RECORDSIZE=3,ACCESS='KEYED',

3 KEY=(1:3:CHARACTER,4:6:CHARACTER))

RESPUESTA = 'SI'

DO WHILE (RESPUESTA .EQ. 'SI')

CALL VT150(BOPANT) ! esta subrutina limpia pantalla

X = '16'

Y = '01'

TYPE *,' ***** BIENVENIDO A MODIFICACIONES *****'

TYPE *,' '

TYPE 10

FORMAT(' TECLEA EL ANGULO [__grados]: ',%)

ACCEPT 20,ANGULO

10

```

20      FORMAT(A3)
      READ(40,KEY=ANGULO,KEYID=0,IOSTAT=ESTATUS) ANGULO,
1          FRECUENCIA,CAMPO
C      SI LEE BIEN,MUESTRA EL REGISTRO ANTERIOR.
      IF(ESTATUS .EQ. 0) THEN
30          TYPE 30
          FORMAT(T5,'REGISTRO',/,T5,'ANTERIOR:')
          TYPE 40,ANGULO,FRECUENCIA,CAMPO
40          FORMAT(' (1) ANGULO: ',A3,/, ' (2) FRECUENCIA: ',A3,/,
1              ' (3) CAMPO ELEC: ',A6,///)
C      SOLO SE MODIFICA (3).
          TYPE 50
          FORMAT(' cancelas modificacion de (3)? [SI/NO]: ',,$)
          ACCEPT 60,ANSWER
          FORMAT(A2)
          IF(ANSWER .EQ. 'NO') THEN
              CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
              type 100
              format(' tecllea el campo elec [_____microV/m]: ',,$)
              ACCEPT 110,CAMPO
110         FORMAT(A6)
          ENDIF
C      RE-ESCRIBIR EN LA UNIDAD DEL ARCHIVO.
          REWRITE(40) ANGULO,FRECUENCIA,CAMPO
      ELSE
          TYPE *,' '
          TYPE 130
130         FORMAT(' error!!,no existe este angulo,de return >',,$)
          ACCEPT 133,BALIN
133         FORMAT(A1)
          ENDIF
          X = '22'
          CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y))
          TYPE 135
135         FORMAT(' desea continuar con otro angulo? [SI/NO]: ',,$)
          ACCEPT 60,RESPUESTA
      ENDDO
C      CERRAR LA UNIDAD DEL ARCHIVO.
      CLOSE (40)
C
C      END
C
C      *****
C      SUBROUTINE EFECTUA_GRAFICACION
C      *****
C
C      GRAFICACION DE LOS DATOS.
C      VARIABLES :
C      CHARACTER*4 A(0:36),CATFREC
C      CHARACTER*7 C(0:36)
C      CHARACTER FRECUENCIA*3,ANGULO*3,CAMPO*6,BOPANT*6
C      CHARACTER X*2,Y*2,RESPUESTA*2,BALIN*1
C      CHARACTER CAT*3
C      LOGICAL CONTINUAR
C      INTEGER ESTATUS,I
C      INTEGER ANG1,ANG2,N1,J
C      REAL ANG(0:72),CAMP(0:72),NORM(0:72),CAM,Q,FREC
C      REAL L(100),M(100),PI,XMIN,XMAX,YMIN,YMAX,
+      X1,Y1,RANG,X2,Y2
C

```



```

C      PARAMETROS.
COMMON /PI/PI
DATA ANGL,ANG2 /5,15/
DATA XMIN,YMIN,XMAX,YMAX /-1.5,-1.5,1.5,1.5/
DATA BOPANT/'BOPANT'/
PI = 4*ATAN(1.)
N1 = 90/ANGL

C
C      ARCHIVO DE DATOS.
OPEN(UNIT=40,NAME='ANTENNA.DAT',FORM='UNFORMATTED',
1     TYPE='OLD',ORGANIZATION='INDEXED',
2     RECORDSIZE=3,ACCESS='KEYED',
3     KEY=(1:3:CHARACTER,4:6:CHARACTER))

C
CALL VT150(BOPANT)      |borra pantalla.          |cancelado/batch
I=0
RESPUESTA = 'SI'
DO WHILE (RESPUESTA .EQ. 'SI')
  X = '13'
  Y = '01'
  CALL PONCUR(%REF(X),%REF(Y)) |mueve cursor. |cancelado/batch
  TYPE 10 |cancelado/batch
10     FORMAT(' TECLEE UD. LA FRECUENCIA [___MHz]: ',%)
20     ACCEPT 20,FRECUENCIA |cancelado/batch
      FORMAT(A3)
      CAT=FRECUENCIA |cancelado/batch
C      LECTURA DEL PRIMER REGISTRO.
      READ(40,KEY=FRECUENCIA,KEYID=1,IOSTAT=ESTATUS) ANGULO,
1      FRECUENCIA,CAMPO
I      CAT=FRECUENCIA |descancelado/batch
C      SI NO LEE NADA.
      IF(ESTATUS .NE. 0) THEN
          TYPE *,'|cancelado/batch
          TYPE 25 |cancelado/batch
25     FORMAT(' error!! no existe tal frecuencia,de return > ',%)
26     ACCEPT 26,BALIN |cancelado/batch
      FORMAT(A1)
      ELSE
C      ASIGNAR EL PRIMER REGISTRO.
      A(I)=ANGULO
      C(I)=CAMPO
      CONTINUAR=.TRUE.
      DO WHILE (CONTINUAR)
C      LEER LOS REGISTROS POSTERIORES.
      READ (40,IOSTAT=ESTATUS) ANGULO,
C      FRECUENCIA,CAMPO
1      SI NO LEE,FIN DE ARCHIVO.
      IF (ESTATUS .NE. 0) THEN
          CONTINUAR=.FALSE.
          RESPUESTA='NO'
      ELSE
C      ASIGNAR LOS QUE HAYA.
      IF (CAT .EQ. FRECUENCIA) THEN
          I=I+1
          IF (I .EQ. 73) THEN
              CONTINUAR=.FALSE.
              RESPUESTA='NO'
          ELSE
              A(I)=ANGULO
              C(I)=CAMPO
          
```

```

                                ENDIF
                                ELSE
                                SI NO LEE,NO HAY MAS REGISTROS.
                                CONTINUAR=.FALSE.
                                RESPUESTA='NO'
                                ENDIF
                                ENDIF
                                ENDDO
                                ENDIF
                                ENDDO
                                CERRAR EL ARCHIVO.
                                CLOSE (40)
                                DECODIFICAR DE CHAR. A REAL.
                                CATFREC=CAT
                                DECODE (4,35,CATFREC)FREC
                                FORMAT (F5.1)
                                DECODIFICACION.
                                I=0
                                RESPUESTA='SI'
                                DO WHILE (RESPUESTA .EQ. 'SI')
                                    IF (I .NE. 37) THEN
                                        DECODE (4,35,A(I))ANG(I)
                                        DECODE (7,50,C(I))CAMP(I)
                                        FORMAT (F7.3)
                                        I=I+1
                                    ELSE
                                        RESPUESTA='NO'
                                    ENDIF
                                ENDDO
                                AQUÍ ENTRA LA NORMALIZACION|||||||CAMP(I):NORM(I)].
                                I=0
                                CAM=0.
                                RESPUESTA='SI'
                                BUSQUEDA DEL MAXIMO (CAM).
                                DO WHILE (RESPUESTA .EQ. 'SI')
                                    IF (I .NE. 73) THEN
                                        IF (CAMP(I) .GT. CAM) THEN
                                            CAM=CAMP(I)
                                            I=I+1
                                        ELSE
                                            I=I+1
                                        ENDIF
                                    ELSE
                                        RESPUESTA='NO'
                                    ENDIF
                                ENDDO
                                I=0
                                RESPUESTA='SI'
                                ASIGNACIONES NORMALIZADAS.
                                DO WHILE (RESPUESTA .EQ. 'SI')
                                    IF (I .NE. 73) THEN
                                        NORM(I)=CAMP(I)/CAM
                                        I=I+1
                                    ELSE
                                        RESPUESTA='NO'
                                    ENDIF
                                ENDDO

```



```

          CALL ABS2LINEA(X1,Y1)
END DO
C
C
CUARTO CUADRANTE :
X1 = 0.
Y1 = -(1.0)*I/10
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
DO J = 1 , N1
      X1 = M(J)*I/10
      Y1 = -L(J)*I/10
      CALL ABS2LINEA(X1,Y1)
END DO
C
RETURN
END
C
C
*****
SUBROUTINE TRAZO(ANG,NORM,FREC)
*****
C
C
C
C
C
C
C
TRAZA LOS PUNTOS DE LOS
LOBULOS DE RADIACION EN
LOS CUATRO CUADRANTES.
C
C
VARIABLES :
INTEGER I
REAL ANG(0:72),NORM(0:72),X1,Y1,RAD,FREC
C
COMMON /PI/PI
DATA POSX/-0.8/,POSY/-1.13/,LARGO/2.2/,ANCHO/-0.37/
C
RAD=ANG(0)*PI/180.
X1 = NORM(0)*COS(RAD)
Y1 = NORM(0)*SIN(RAD)
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
I
CALL GRUESO(2) !descancelado/batch
CALL GRUESO(3) !cancelado/batch
DO I = 1 , 36
      RAD=ANG(I)*PI/180.
      X1 = NORM(I)*COS(RAD)
      Y1 = NORM(I)*SIN(RAD)
      CALL ABS2LINEA(X1,Y1)
END DO
C
C
C
C
C
C
C
IMPRIMIR TEXTOS.|||||||||||||||||.
C
C
C
C
IMPRIMIR EL RECTANGULO.
C
CALL PLUMA(4) !cancelado/batch
CALL GRUESO(1) !descancelado/batch
CALL GRUESO(2) !cancelado/batch
CALL ABS2MUEVE(POSX,POSY)
CALL ABS2LINEA(POSX+LARGO,POSY)
CALL ABS2LINEA(POSX+LARGO,POSY+ANCHO)
CALL ABS2LINEA(POSX,POSY+ANCHO)
CALL ABS2LINEA(POSX,POSY)
C
C
C
C
IMPRIMIR MENSAJES.
C
CALL PLUMA(1) !cancelado/batch

```

```

CALL GRUESO(1) |cancelado/batch
X1=-0.7
Y1=-1.2
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
CALL TEXTO('FRECUENCIA [MHz]: ')
X1=0.2
Y1=-1.2
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
CALL NUMEROS(FREC,'I3')
X1=-0.7
Y1=-1.3
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
CALL TEXTO('TIPO DE ANTENA: PARABOLICO-CILINDRICA DE REJILLA')
X1=-0.7
Y1=-1.4
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
CALL TEXTO('NUMERO DE TUBOS: 20')

```

ESCRIBIR EL ENCABEZADO DE LA GRAFICA.

```

CALL GRUESO(2)
X1=-0.2
Y1=1.4
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
CALL TEXTO(' P A T R O N')
X1=-0.2
Y1=1.3
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
CALL TEXTO('      D E      ')
X1=-0.3
Y1=1.2
CALL ABS2MUEVE(X1,Y1)
CALL TEXTO(' R A D I A C I O N')

```

```

GRAFICACION CONCLUIDA.
TYPE*, ' ' |cancelado/batch
TYPE*, ' ' |cancelado/batch
TYPE*, ' ' |cancelado/batch
TYPE*, ' ' |cancelado/batch
TYPE*, ' *****' |cancelado/batch
TYPE*, ' GRAFICACION CONCLUIDA.' |cancelado/batch
TYPE*, ' RECOGER GRAFICA EN COMPUTO,' |cancelado/batch
TYPE*, ' SI SE USO EL GRAFICADOR H.P.' |cancelado/batch
TYPE*, ' *****' |cancelado/batch
TYPE*, ' ' |cancelado/batch
RETURN
END
*****

```

CCC

C

C

"REFERENCIAS "

- (1) Communication System Engineering Handbook
Hamsher
McGraw-Hill 1967
- (2) Line, Waves and Antennas
Robert Grover Brown, Robert A. Sharpe, William Lewis
Hughes and Robert E. Post
John Wiley & Sons, Inc. 1973
- (3) Antennas
F.R. Connor
Edward Arnold
- (4) Antennas
Lamont V. Blake
John Wiley & Sons, Inc. 1966
- (5) The Handbook of Antenna Designe
A.W. Rudge, K. Milne, A. D. Olver and P. Knight
Peter Peregrinus Ltd. 1982
- (6) Field Computation by Moment Methods
Roger F. Harrington
Roger F. Harrington 1968
- (7) Self and Mutual Impedances Between Sub-elements of
Dipole Antennas: Contributions from Currents and
Charges
R. Neri
Int. J. Electronics, 1980, Vol. 48, No. 5
- (8) Low Frequency of Grid Reflector Antenna
R. Neri
Tesis, Abril 1979
- (9) Electromagnetics
Kraus and Carver
McGraw-Hill 1973
- (10) Cálculo Diferencial e Integral
Granville, Smith and Longley
UTEHA 1974

- (11) Manual del Medidor de Admitancias
Modelo 1602-B

- (12) Manual de Medidor de Campo Eléctrico
Modelo NF-105

- (13) Microwave Antenna Theory and Design
Sammuel Silver

- (14) Moment Method Analysis of a T-shaped Slot Radiator
in Bifurcated Waveguide
A.J. Sangster and R.W. Lyon
IEE Proc. Vol. 129, No. 6, December 1982

- (15) Structural Simplification in Applications of Wire
Antenna Modelling by Moment Methods
R.S. Orton
Conference on Antennas and Propagation, IEE 1981

- (16) Field-Contour Plots in Parabolic-Cylinder by
Method of Moments
K.R.G. Bailey and T.S.M. Maclean
Electronics Letters Vol. 13, No. 7, March 1977

- (17) Moment-method Scatering Solutions to Impedance
Boundary Conditions Integral Equations
J.R. Rogers
IEEE 1984