

# UNIVERSIDAD DON BOSCO



**"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ANTENA Y  
ELABORACION DE GUIAS PRACTICAS SOBRE ANTENAS. "**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PARA OPTAR AL GRADO DE  
TECNICO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Presentado por :**

**WALTER JOEL COREAS MEJIA**

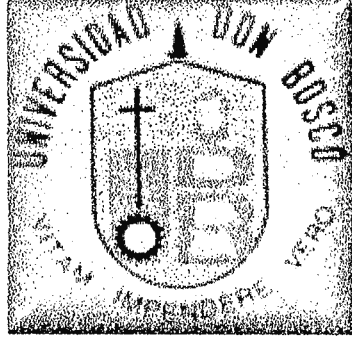
**JULIO ADALBERTO RIVERA PINEDA**

**PAUL ENRIQUE LÓPEZ LINARES**

**MARZO- 1999**

**SAN SALVADOR , EL SALVADOR, CENTROAMERICA**

**UNIVERSIDAD DON BOSCO**



**RECTOR**

**ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA**

**SECRETARIO GENERAL**

**PBRO. PEDRO JOSÉ GARCÍA CASTRO, S.D.B.**

**DECANO DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS**

**ING. OSCAR VILLALTA**

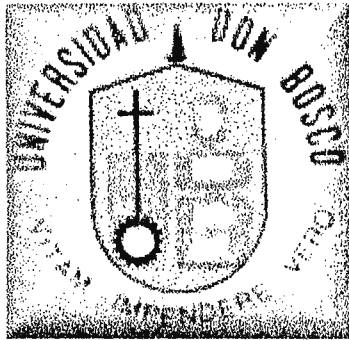
**ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**ING. WILBERT GERMAN MARTÍNEZ ABARCA**

**JURADO EVALUADOR**

**ING. OSCAR VILLALTA.**

**ING. EDGARDO ZELEDÓN**



**FACULTAD DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS**

**JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ANTENA Y  
ELABORACIÓN DE GUÍAS PRÁCTICAS SOBRE ANTENAS”**

ING. OSCAR VILLALTA

**JURADO**

ING. EDGARDO ZELEDÓN

**JURADO**

ING. WILBERT MARTÍNEZ

**ASESOR**

## **AGRADECIMIENTOS ESPECIALES.**

A nuestro asesor Wilbert Martínez , por compartir con nosotros sus conocimientos por las sugerencias y consejos que nos brindo.

Al señor técnico José Ricardo Flores, técnico de la SIGET por aportar sus conocimientos y dedicar su tiempo a nuestro proyecto.

Así también a las familias Rivera Pineda y López Linares, por darnos un lugar en sus hogares durante el desarrollo de nuestro proyecto y entregarnos su apoyo incondicional.

## **DEDICATORIA.**

A Dios todo poderoso por haberme permitido alcanzar esta dicha , la cual es la culminación de esta carrera.

A mi padre Oscar Alberto Coreas por haber confiado en mi y apoyarme con todos los medios posibles.

A mi madre Teresa de Jesús Mejía de Coreas por empujarme hacia adelante y por creer en mi y depositarme su confianza.

A mis hermanos Oscar, Evelin y Rosa María por ayudarme a solucionar los problemas por acompañarme y darme fuerzas para continuar.

A mis tías Bersabe y Ana Marina , a Alicia y Ana Leticia, las cuales han sido como una segunda madre.

A mis compañeros Julio Rivera y Paul López los cuales me han tenido mucha paciencia y comprensión cuando he faltado a ayudarlos.

A mi jefe Miguel Angel Pasevilbaso quien siempre estuvo interesado en que culminara mi carrera y me concedió los permisos necesarios para lograrlo.

A mi novia María Delmi Hernández por su cariño.

A todas las personas quienes poco a poco han ido forjando mi carácter y dejando penetrado en mi mente todos sus consejos y sus experiencias , gracias a ellos yo tratare de ser un hombre bueno.

Walter Joel Coreas Mejía.

## **DEDICATORIA.**

A Dios todo poderoso y a la Virgen María por haberme dado fuerzas para no volverme loco.

A mi familia , que no los voy a mencionar porque sino no termino.

A todos aquellos ingenieros que no creyeron en nuestro proyecto, y que nos lo rechazaron , gracias a ellos hemos dado lo mejor de nosotros con el objetivo de complacerles, además este proyecto que ellos rechazaron algún día les servirá.

A mis abuelos Tadeo y Raúl , que en paz descansen.

A mi computadora, que gracias a ella no hubiéramos hecho nada.

A la educación Salesiana , ya que solo gracias a ella he aprendido a ser duro y no ser una persona débil.

Para finalizar dedico este trabajo a todas las personas que nunca creyeron en nosotros , ya que fue gracias a ellos que logramos salir adelante , para cerrarles la boca.

**Julio Adalberto Rivera Pineda.**

## DEDICATORIA.

A Dios y la Virgen María , por todo lo que tengo y guiar mis pasos.

A mis padres , Carlos Humberto López y Zoila Guadalupe Linares, quienes me han apoyado paso a paso, gracias por sus consejos, comprensión, sacrificio y ejemplo.

A mis hermanos , Lisette Marta Guadalupe y Carlos Humberto, por ser siempre mis mejores amigos y brindarme su apoyo incondicional.

A mi abuelita y tías , Francisca Orellana, Edith y Any Linares, mis primitos Alejandro, Eduardo y Nicky.

A mis amigos Saúl, Julián, Stanley y Miguel, y mis compañeros de tesis, Julio y Walter.

Paul Enrique López Linares.

## INDICE

|   | Pagina No. |
|---|------------|
| Introducción.....   | i          |
| Antecedentes.....   | ii-iii     |
| Objetivos.....  | iv         |
| <br>  |            |
| <b>CAPITULO I : DESCRIPCION DEL CONTENIDO DE LAS GUIAS...</b> | <b>1</b>   |
| 1.1 Formulación de guías prácticas de laboratorio.....        | 1          |
| 1.1.1 Tema.....   | 1          |
| 1.1.2 Objetivos.....  | 1          |
| 1.1.3 Introducción.....                                       | 2          |
| 1.1.4 Materiales/Equipos.....                                 | 2          |
| 1.1.5 Procedimientos.....                                     | 2          |
| 1.1.6 Cuestionario.....                                       | 2          |
| 1.1.7 Bibliografía.....                                       | 2          |
| 1.1.8 Resultados.....   | 3          |
| 1.2 Recomendaciones.....                                      | 3          |
| <br>  |            |
| <b>CAPITULO II: GUIAS PRACTICAS DE LABORATORIO.....</b>       | <b>5</b>   |
| <br>  |            |
| <b>CAPITULO III: ANTENA LOGOPERIODICA.....</b>                | <b>122</b> |
| 3.0 Introducción.....   | 122        |
| 3.1 Construcción.....   | 127        |
| 3.2 Diseño Matemático.....                                    | 128        |

|  |         |
|--|---------|
| 3.3 Procedimientos de prueba.....                                    | 131     |
| 3.3.1 Prueba de espectro.....  | 131     |
| 3.3.2 Prueba de transmisión.....                                     | 132     |
| 3.3.3 Prueba de transmisión contra otra<br>antena logoperiódica..... | 133     |
| 3.3.4 Prueba de recepción.....                                       | 134     |
| 3.3.5 Prueba de recepción de otra antena logoperiódica.....          | 135     |
| <br>CAPITULO IV: SISTEMA DE ROTACION.....                            | <br>136 |
| 4.0 Introducción.....  | 136     |
| 4.1 Diseño electrónico.....  | 136     |
| 4.1.1 Circuitos de control.....                                      | 138     |
| 4.1.1.1 Circuito de control de rotación.....                         | 138     |
| 4.1.1.2 Circuito de visualización.....                               | 138     |
| 4.2 Modos de operación.....  | 139     |
| 4.2.1 Modo de operación normal.....                                  | 139     |
| 4.3 Glosario técnico.....  | 140     |
| 4.4 Bibliografía.....  | 145     |

## **Anexos**

Anexo 1: Tabla para gráfica de lóbulo de radiación.

Anexo 2: Papel polar.

Anexo 3: Vista de perfil de la antena logoperiódica.

Anexo 4: Vista aérea de la antena logoperiódica.

## INTRODUCCION.

Hoy en día las comunicaciones electrónicas tienen una importancia muy grande para la vida cotidiana. Tanto al Ingeniero como al Técnico en telecomunicaciones le interesa muchísimo el problema de radiación de energía electromagnética desde una antena transmisora a una antena receptora.

El presente trabajo consiste en la elaboración de guías prácticas para ser utilizadas con el equipo de antenas de UHF, existentes en el laboratorio de telecomunicaciones del Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología (CITT) de la Universidad Don Bosco, así como el diseño y construcción de una antena de alta ganancia. El laboratorio de Telecomunicaciones del CITT de la Universidad Don Bosco, cuenta con una variedad de antenas que están al servicio del estudio de los alumnos del área, pero dichas antenas no cuentan con el respaldo del material práctico en guías de laboratorio, así como también es necesario contar con antenas receptoras externas al laboratorio para ser utilizadas en equipos de diferentes áreas dentro de las telecomunicaciones, que son de interés a la población estudiantil.

Este documento presenta un estudio de la situación actual del laboratorio de Telecomunicaciones, así como una propuesta a la atención de las necesidades básicas para mejorar este estado, elaborando guías prácticas para las antenas existentes en el laboratorio.

Así también el diseño y construcción de una antena para las aplicaciones en diversos equipos en el área de telecomunicaciones del CITT de la Universidad Don Bosco.

## ANTECEDENTES

El hecho de poseer equipos y dispositivos para experimentación, sin guías específicas que planteen procedimientos a seguir, hace hasta cierto punto que estos equipos sean ineficientes.

Este es el caso del laboratorio de Telecomunicaciones en el edificio de electrónica (CITT de la Universidad Don Bosco), el cual posee equipos sin guías prácticas para su utilización, es decir que existen manuales de usuario, y algunos manuales para su uso pero se encuentran en otro idioma lo que prácticamente no sirve de mucho. (Relacionado con el tema de las antenas).

En la biblioteca Rafael Meza Ayau se encuentran documentos en los cuales se intentó dar solución al problema antes expuesto pero por distintas circunstancias las personas que elaboraron estos documentos no pudieron culminar su proyecto en la parte práctica, es decir, no fueron implementados, por lo cual solo se encuentra material teórico que no soluciona el problema antes planteado.

Otro problema en el cual se encuentra inmerso el laboratorio de telecomunicaciones, es el de no contar con su propia antena la cual hace mucha falta para aplicaciones en la que se requiere la recepción y transmisión de señales. Cabe mencionar que algunos equipos que actualmente se encuentran en el laboratorio poseían su propia antena, pero por diferentes motivos éstas no se encuentran en estos momentos.

El problema fue abordado en otros países como por ejemplo España en el cual se plantea la construcción de una antena receptora para una estación de radio.

## **OBJETIVO GENERAL**

Complementar los equipos de transmisión y recepción del laboratorio de Telecomunicaciones del CITT de la Universidad Don Bosco con el aporte de una antena, así como también reforzar el material didáctico con guías de laboratorio para antenas ya existentes.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Elaboración de 10 guías prácticas para las antenas de UHF (0.3 a 3 GHz) existentes en el laboratorio de telecomunicaciones.
2. Diseñar y construir una antena del tipo logoperiódica para el espectro comprendido entre los 200 MHz a 1 GHz.
3. Diseñar y construir un sistema de rotación para la antena antes mencionada.

## **CAPÍTULO I**

### **1.0 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LAS GUÍAS.**

El proyecto plantea dar solución a la necesidad de material didáctico referente al tema de las antenas, a través de la creación de guías practicas de laboratorio.

### **1.1 FORMULACIÓN DE GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.**

En esta etapa del proyecto se formularon 10 guías prácticas de laboratorio. Las guías prácticas han sido diseñadas para antenas específicas (existentes en el laboratorio del CITT de la Universidad Don Bosco). El formato utilizado para la elaboración de las guías es el siguiente:

#### **1.1.1 TEMA.**

En esta parte se establece el tema especifico al que corresponde la práctica.

#### **1.1.2 OBJETIVOS.**

En este apartado se describen las metas y objetivos que se pretenden alcanzar por medio de la realización de la práctica.

### **1.1.3 INTRODUCCIÓN.**

En esta etapa se describe la teoría básica que el estudiante debe conocer para la realización de la práctica de laboratorio.

### **1.1.4 MATERIALES/EQUIPOS.**

Aquí se detallan los diferentes materiales y equipos que serán utilizados en la práctica.

### **1.1.5 PROCEDIMIENTO.**

En esta parte se describen paso a paso los diferentes procedimientos a seguir para la realización de la práctica.

### **1.1.6 CUESTIONARIO.**

En el cuestionario se presentarán diferentes interrogantes relacionadas con el tema de la práctica.

### **1.1.7 BIBLIOGRAFÍA.**

En esta parte se muestran las diferentes fuentes bibliográficas a las que el estudiante puede recurrir para obtener información específica del tema desarrollado.

### **1.1.8 RESULTADOS.**

En esta parte se presentan los resultados del procedimiento de cada guía como una medida de apoyo al instructor de la materia. Cabe mencionar que estos no forman parte de la guía pero se presentan al final de cada una de ellas.

### **1.2 RECOMENDACIONES.**

Con referencia al material didáctico creado se hacen las siguientes recomendaciones con el objetivo de lograr una mayor eficiencia en el trabajo realizado con dichas guías.

1. Se recomienda que el uso de las guías de laboratorio este restringido a estudiantes de tecnológico y a estudiantes de cursos libres que imparta la universidad.
2. Que a la hora de la realización de la práctica se cuente con un instructor, el cual podrá solventar cualquier inquietud que surgiese durante el desarrollo de las prácticas.
3. Que el estudiante pueda respaldarse con otros libros de texto (Algunos de los cuales se presentan en la bibliografía de las guías) para la resolución de los cuestionarios propuestos.

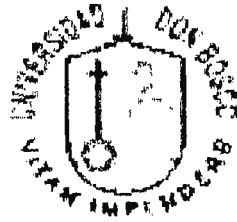
4. Queda a criterio del instructor la evaluación de la práctica de laboratorio.
  
5. Se recomienda seguir el orden correlativo de las guías, ya que se comienza desde la antena más básica, hasta la más compleja.

## CAPÍTULO II

### 2.0 GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

En este capítulo se presentan las guías para cada una de las prácticas de laboratorio. Los temas de las guías son los siguientes:

1. Líneas de transmisión.
2. Dipolo simple (parte I).
3. Dipolo simple (parte II).
4. Dipolo plegado (parte I).
5. Dipolo plegado (parte II).
6. Antena plano tierra (parte I).
7. Antena plano tierra (parte II).
8. Antena de dos elementos (parte I).
9. Antena de dos elementos (parte II).
10. Antena Yagi (parte I).
11. Antena Yagi (parte II).



Guía No. : 1

Especialidad : **Electrónica** Facultad: **Estudios Tecnológicos**

Materia : **Sistemas de Comunicaciones 1.**

Título : **LINEAS DE TRANSMISIÓN.**

Lugar de ejecución : **Edif. Electrónica. Laboratorio de telecomunicaciones.**

Tiempo de ejecución : **2 horas.** Fecha: \_\_\_\_\_

### **1.0 OBJETIVOS**

- Definición de las características de impedancia de la línea de transmisión.
- Describir el coeficiente de reflexión de una línea de transmisión determinada.
- Determinar la relación de onda estacionaria de una línea de transmisión determinada.
- Describir las ventajas y desventajas tanto de las líneas de transmisión baliaras, como las de las coaxiales.
- Interpretar teórica y prácticamente el concepto de ondas estacionarias.



- Enunciar la diferencia entre línea de transmisión acoplada y desacoplada.

## 2.0 INTRODUCCIÓN.

Una línea de transmisión es un sistema conductor metálico que se utiliza para transferir energía eléctrica de un lugar a otro. Mas específicamente, una línea de transmisión son dos o más conductores separados por un aislante, como un par de cables o un sistema de par de hilos. Una línea de transmisión puede ser tan corta como unas cuantas pulgadas o puede extenderse por varios miles de millas. Las líneas de transmisión se pueden utilizar para propagar CD o CA de baja frecuencia (como energía eléctrica de 60 Hz y señales de Audio); también se pueden utilizar para propagar frecuencias muy altas (como señales de frecuencias de radio intermedias). Al propagarse las señales de baja frecuencia, es bastante sencillo y predecible el comportamiento de la línea de transmisión. Sin embargo, al propagarse las señales de alta frecuencia las características de las líneas de transmisión se vuelven mas complicadas y su comportamiento poco peculiar para un estudio de circuitos y sistemas constantes.

Podemos dividir las líneas de transmisión en dos grupos:

- Líneas Bifilares.
- Líneas Coaxiales.

### 2.1 LÍNEAS BIFILARES.

Las líneas bifilares están formadas por dos hilos conductores de cobre, paralelos y aislados y separados por un material dieléctrico, como por ejemplo el polietileno, como se muestra en la figura 1.

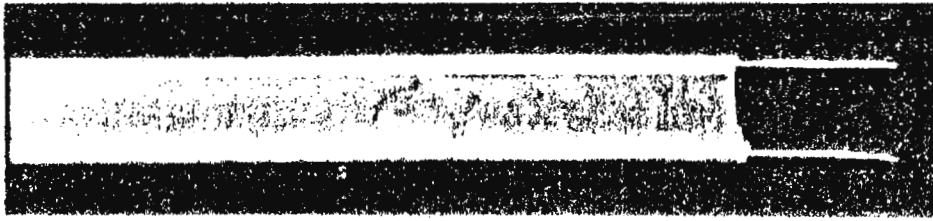


FIGURA 1.  
ASPECTO DE UNA LINEA DE TRANSMISION BIFILAR.

La impedancia característica de las líneas biliares viene dada aproximadamente, por la formula:

$$Z_o = 276 \log (d/r) \quad (1)$$

En donde  $d$  es la distancia entre centros de los conductores que la forman y  $r$  es el radio de un conductor. Esta fórmula es útil para usos prácticos siempre que la distancia sea mas de cuatro veces el radio del conductor, lo cual es lo mas corriente.

Las líneas biliares se fabrican con impedancias de 75, 150, 240 y 300  $\Omega$ , siendo la de mayor aplicación la de 300 $\Omega$ .

Entre las ventajas de las líneas bifilares cabe citar su bajisimo nivel de perdidas, incluso para frecuencias muy elevadas. Así la atenuación de un cable bifilar de 150 $\Omega$  a 100 MHz es de unos 8 dB por cada 100 metros, y de solo unos 4.5 dB por cada 100 metros si es de 300 $\Omega$ .

Otra ventaja de este tipo de línea es que, aunque no se encuentre en el comercio para un valor de impedancia o de potencia dado, no resulta difícil de fabricar aplicando la fórmula (1), ya que en ella podemos modificar para una impedancia dada, el radio y la separación entre conductores mediante espaciadores de nylon.

Sin embargo las líneas bifilares presentan una serie de desventajas que han provocado su sustitución por las coaxiales. Estas desventajas son las siguientes:



- Debido a que los campos electromagnéticos no se anulan exactamente, sobre todo en pequeñas distancias, se producen radiaciones de la línea, lo que es causa de interferencias en receptores de radio y televisión próximos.
- Las líneas bifilares captan con facilidad todo tipo de parásitos producidos por los electrodomésticos, industria, tráfico, etc.
- Los agentes atmosféricos, la exposición al sol, los cambios de temperatura, la humedad y el polvo agrietan estas líneas, provocando con ello cortocircuitos y cambios en el valor de la impedancia, por lo que deberán renovarse periódicamente. Es por este motivo que este tipo de línea ha dejado de fabricarse para instalaciones exteriores e incluso para interiores.

## 2.2 LÍNEAS COAXIALES.

Las líneas de transmisión coaxiales son las más utilizadas en la actualidad. Constan de un hilo conductor central rodeado de polietileno o poliuretano. Sobre dicho aislante se dispone una malla conductora de cobre y sobre ella un aislamiento de policloruro de vinilo que es un material plástico que soporta con gran eficacia los agentes agresivos del medio ambiente.

En la figura 2. se puede observar una línea coaxial como la descrita anteriormente.

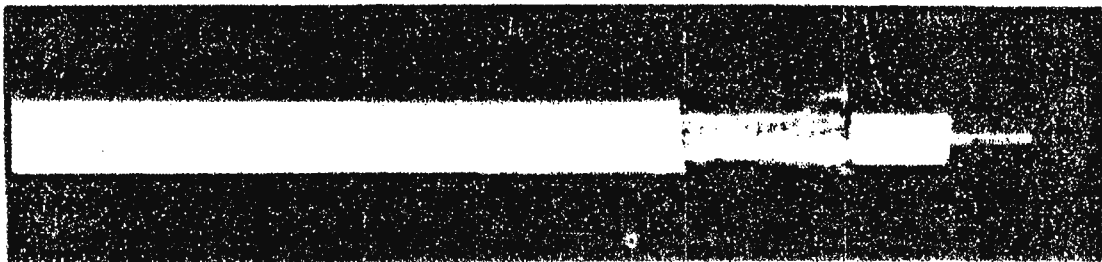


FIGURA 2.  
ASPECTO DE UNA LINEA DE TRANSMISION COAXIAL.



La ventaja principal de estos cables radica en no estar influidos por señales parásitas, ni por paredes, masas, metálicas y otras líneas eléctricas, ya que el cable exterior que rodea a la central hace además las veces de pantalla, por lo cual pueden disponerse directamente sobre cualquier estructura.

Otra gran ventaja de estas líneas es su gran flexibilidad, que permite un fácil curvado e instalación.

Dentro de este tipo cabe mencionar otro más moderno en el cual se ha sustituido el dieléctrico interno por aire, reduciendo con ello las pérdidas por debajo de las de tipo bifilar. En este caso, y con el fin de que el conductor central no haga contacto con la pantalla, se dispone entre ambos unos anillos aislantes colocados cada cierta distancia, o bien mediante una espiral que sustituye al aislamiento central, como se muestra en la figura 3.

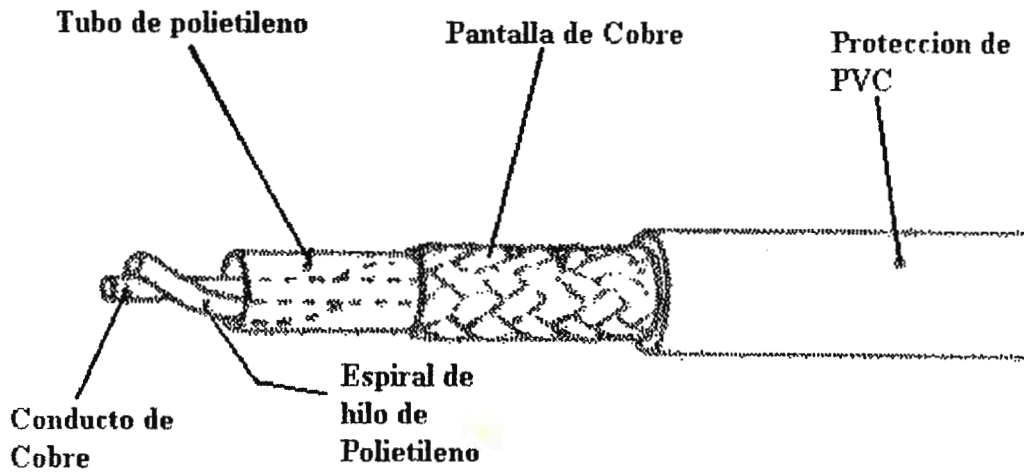


FIGURA 3.  
CONSTITUCION DE UNA LINEA DE TRANSMISION COAXIAL CON DIELECTRICO DE AIRE.



El inconveniente de este último tipo de línea es que, para evitar que se rompa, la malla se ha sustituido por un tubo de cobre muy fino, lo que hace que sea muy poco flexible. Además, debido a su compleja constitución, es de coste elevado, lo que limita su uso solo a casos en los que deba reducirse al mínimo las pérdidas, tales como en líneas de gran longitud o trabajando con frecuencias muy elevadas.

Las líneas coaxiales se fabrican con impedancias de 50 a 150Ω , aunque la más corriente es la de 75Ω ya que es la que posee menores pérdidas y se adapta mejor a las antenas dipolos. La impedancia característica de estos cables se determina por la fórmula:

$$Z_0 = (138/\sqrt{k}) \log (D/d) \quad (2)$$

En donde K es la constante dieléctrica del aislante (k = 2.29 para el polietileno sólido, K =1.5 para el polietileno celular, K = 1 para el aire), D es el diámetro interior del conductor pantalla y  $d$  es el diámetro exterior del conductor central.

La atenuación es, salvo en el caso de aislamiento de aire, algo más elevada que la de los cables bifilares, pero tiene la ventaja de que permanece constante e invariable en el transcurso del tiempo, con lo que a la larga resulta más económica ya que no necesitan una renovación tan periódica.

Podemos hacer otra clasificación de las líneas de transmisión, generalmente se clasifican como balanceadas o desbalanceadas. Con líneas balanceadas de dos cables (bifilar), ambos conductores llevan una corriente; un conductor lleva la señal y otro es el regreso o retorno. Este tipo de transmisión se llama transmisión de señal diferencial o balanceada. La señal que se propaga a lo largo del cable se mide como la diferencia potencial entre los dos cables.

La figura 4. muestra un sistema de transmisión balanceada. Ambos conductores, en una línea balanceada, llevan la corriente de la señal, y las corrientes son iguales en magnitud con respecto a la tierra eléctrica pero viajan en direcciones opuestas. Las corrientes que fluyen en direcciones opuestas por un par de cables balanceados se les llaman corrientes de circuito metálico. Las corrientes que fluyen en las mismas direcciones se llaman corrientes longitudinales. Un par de cables balanceados tienen la ventaja que la mayoría de la interferencia



por ruido (a veces llamada el voltaje de modo común) se induce igualmente en ambos cables, produciendo corrientes longitudinales que se cancelan en la carga. Cualquier par de cables puede operar en el modo balanceado siempre y cuando ninguno de los cables este con el potencial a tierra. Esto incluye el cable coaxial que tiene dos conductores centrales y una cubierta metálica. La cubierta metálica generalmente se conecta a tierra para evitar interferencia estática al penetrar a los conductores centrales.

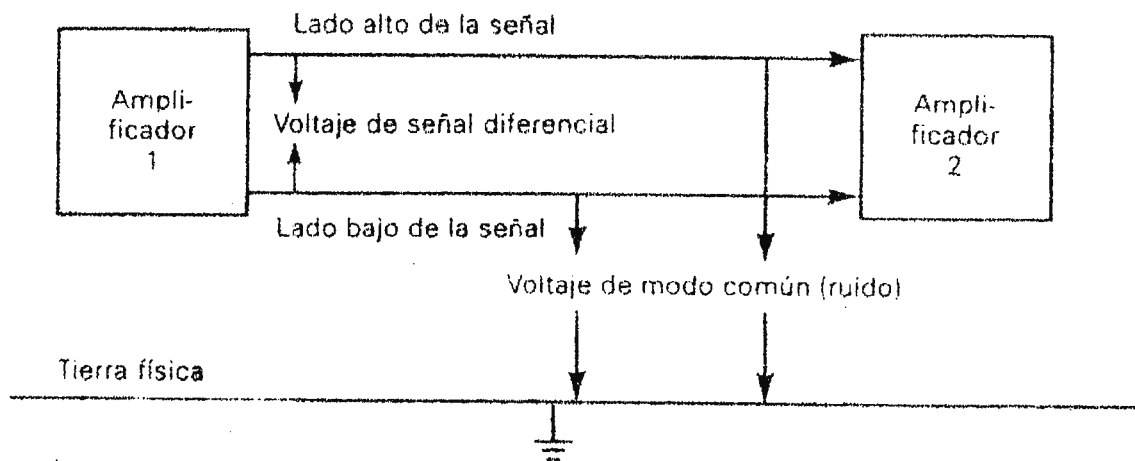


FIGURA 4.  
SISTEMA DE TRANSMISIÓN DIFERENCIAL O BALANCEADO.

Otro fenómeno importante a tomar en cuenta en una línea de transmisión son las ondas estacionarias.

La propagación de energía eléctrica a lo largo de la línea de transmisión ocurre en forma de ondas electromagnéticas transversales (TEM). Una onda es un movimiento oscilatorio.

La vibración de una partícula produce vibraciones similares en las partículas cercanas.

Una onda TEM se propaga principalmente en un no conductor (dieléctrico) que separa los dos conductores de una línea de transmisión. Por lo tanto, una onda viaja o se propaga a través de un medio. Para una onda transversal, la dirección de desplazamiento es



perpendicular a la dirección de propagación. Una onda superficial de agua es una onda longitudinal. Una onda en donde el desplazamiento esta en la dirección de propagación se le llama onda longitudinal. Las ondas de sonido son longitudinales. Una onda electromagnética (EM), se produce por la aceleración de una carga eléctrica.

En un conductor, la corriente y el voltaje siempre están acompañados por un campo eléctrico (E) y un campo de tipo magnético (H), en la región de espacio colindante. En la figura 5. se muestran las relaciones espaciales entre los campos E y H de una onda electromagnética.

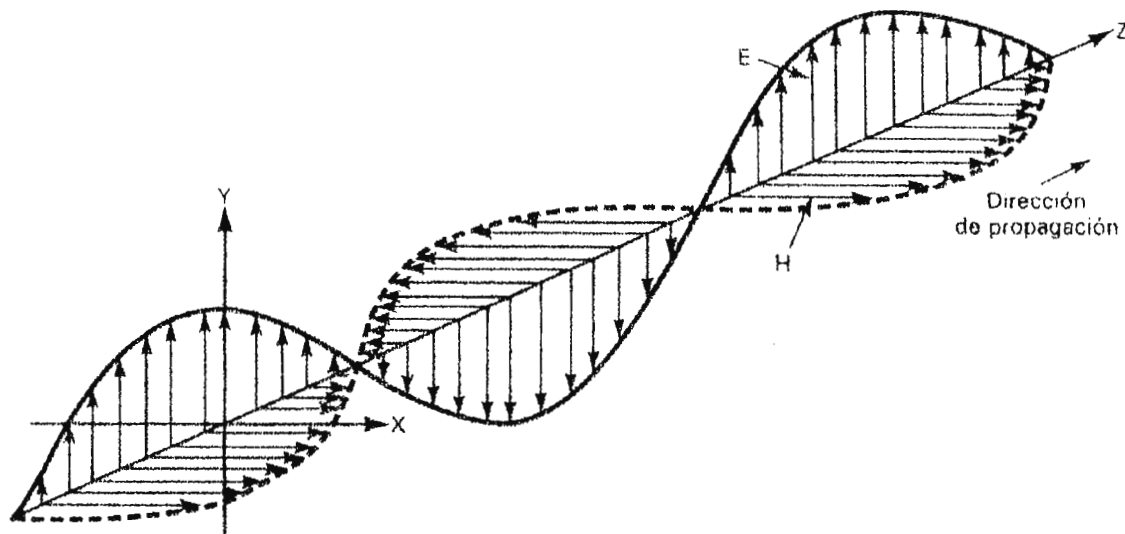


FIGURA 5.  
VISTA ESPACIAL DE UNA ONDA ELECTROMAGNETICA.



La figura 6. muestra una vista transversal de los campos E y H que rodea una línea coaxial y de dos cables paralelos.

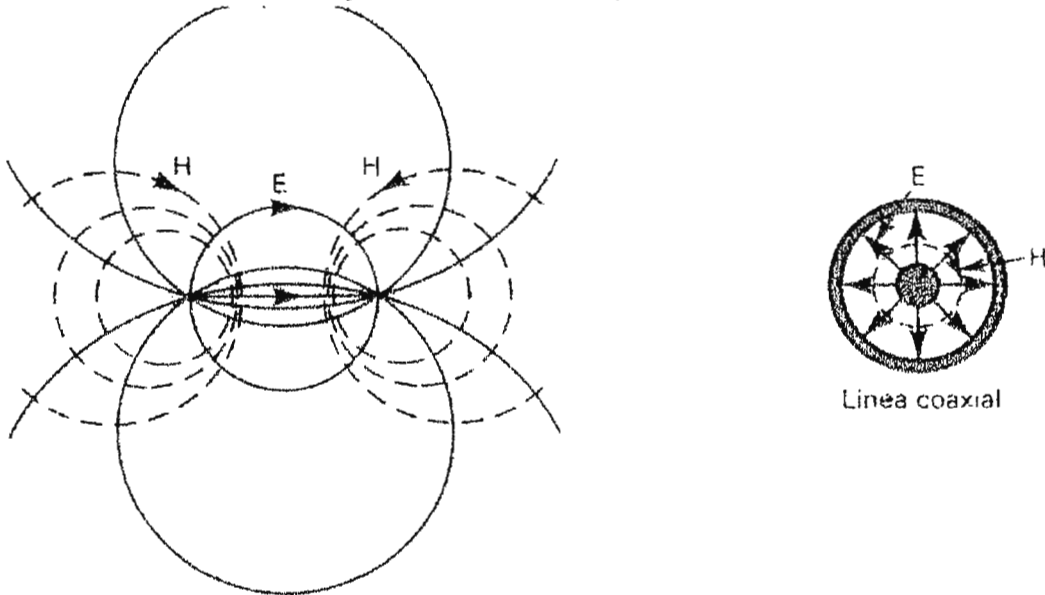


FIGURA 6.  
VISTA TRANSVERSAL MOSTRANDO EL DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE LOS  
CAMPOS E Y H EN UNA LINEA DE TRANSMISIÓN.

Puede verse que los campos de E y H son perpendiculares, el uno al otro (en ángulos de  $90^\circ$ ), en todos los puntos. A esto se le conoce como cuadratura de espacio. Las ondas electromagnéticas que viajan a lo largo de una línea de transmisión, desde la fuente a la carga, se llaman ondas incidentes, y aquellas que viajan desde la carga nuevamente hacia la fuente se llaman ondas reflejadas.

### 2.3 ONDAS INCIDENTES Y REFLEJADAS.

Una línea de transmisión ordinaria es bidireccional; la potencia puede propagarse, igualmente bien, en ambas direcciones. El voltaje que se propaga, desde la fuente hacia la carga se llama voltaje incidente, y el voltaje que se propaga desde la carga hacia la fuente se llama voltaje reflejado. En forma similar hay corrientes incidentes y reflejadas.



El voltaje y la corriente incidentes siempre están en fase para una impedancia característica resistiva. Para una línea infinitamente larga, toda la potencia incidente se almacena por la línea y no hay potencia reflejada.

Además, si la línea se termina en una carga totalmente resistiva, igual a la impedancia característica de la línea, la carga absorbe toda la potencia incidente (esto supone una línea sin pérdidas).

Para una definición mas practica, la potencia reflejada es la porción de la potencia incidente que no fue absorbida por la carga. Por lo tanto, la potencia reflejada nunca puede exceder la potencia incidente.

#### 2.4 ONDAS ESTACIONARIAS.

Cuando la impedancia de salida de la línea de transmisión es igual a la impedancia de carga, la carga absorbe toda la potencia incidente. Esto se llama línea acoplada.

Cuando la impedancia de la línea de transmisión no es igual a la impedancia de la carga, parte de la potencia incidente es absorbida por la carga y parte regresa a la fuente. Esto se conoce como línea sin acoplar o desacoplada. Con una línea desacoplada, hay dos ondas electromagnéticas que viajan en direcciones opuestas y están presentes en la línea todo el tiempo (estas ondas son conocidas como ondas viajeras). Las dos ondas producen un factor de interferencia conocido como onda estacionaria. Esto se muestra en la figura 7. conforme las ondas incidentes y reflejadas se cruzan entre sí, produciéndose en la línea patrones estacionarios de voltaje y de corriente. A estas ondas se les llaman ondas estacionarias, porque parecen que permanecen en una posición fija en la línea, variando solamente en amplitud, la onda estacionaria tiene un mínimo (nodo) separado por la mitad de una longitud de onda de las ondas viajeras y un máximo (antinodo), también separado por la mitad de una longitud de onda.

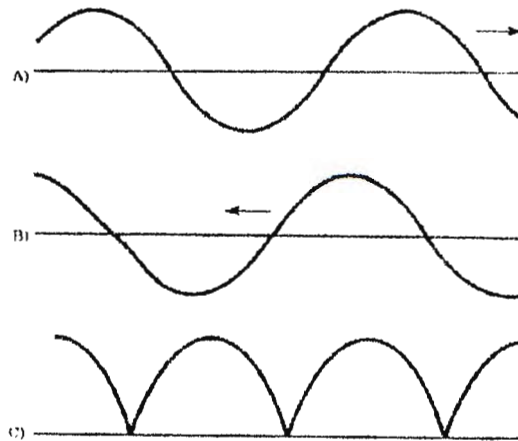


FIGURA 7.  
PATRONES DE ONDAS ESTACIONARIAS EN UNA LINEA DE TRANSMISIÓN.

## 2.5 RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA.

La relación de onda estacionaria (SWR), se define como la relación de voltaje máximo con el voltaje mínimo, o de la corriente máxima con la corriente mínima de una onda estacionaria en una línea de transmisión. SWR frecuentemente se llama la relación de onda estacionaria de voltaje (vswr).

Esencialmente, la SWR es una medición del desacoplamiento entre la impedancia de carga y la impedancia característica de transmisión. Matemáticamente, la SWR es:

$$SWR = V_{\text{MAXIMO}} / V_{\text{MINIMO}} \quad (3)$$

El máximo de voltaje ( $V_{\text{MAXIMO}}$ ) ocurre cuando las ondas incidentes y reflejadas están en fase (o sea, que sus picos máximos pasan el mismo punto en la línea con la misma polaridad), y el mínimo del voltaje ( $V_{\text{MINIMO}}$ ) ocurre cuando las ondas estacionarias y reflejadas están  $180^\circ$  fuera de fase. Matemáticamente,  $V_{\text{MAXIMO}}$  y  $V_{\text{MINIMO}}$  son:



$$V_{\text{MAXIMO}} = E_i + E_r \quad (4)$$

$$V_{\text{MINIMO}} = E_i - E_r \quad (5)$$

Por lo tanto, la ecuación 3 se puede volver a escribir como:

$$\text{SWR} = V_{\text{MAXIMO}} / V_{\text{MINIMO}} = E_i + E_r / E_i - E_r \quad (6)$$

De la ecuación 6, puede verse que cuando las ondas incidentes y reflejadas son iguales en amplitud (desacoplamiento total), SWR = infinito.

Esta es la condición del peor caso. Además, de la ecuación 6, puede verse que cuando no hay una onda reflejada ( $E_r = 0$ ) SWR = 1. Esta condición ocurre cuando la impedancia de la línea de transmisión es igual a la impedancia de la carga y es la situación ideal.

La relación de onda estacionaria también puede escribirse en términos del coeficiente de reflexión T. Donde T esta dado por:

$$T = E_r / E_i = I_r / I_i \quad (7)$$

En función de T tenemos:

$$T = (\text{SWR} - 1) / (\text{SWR} + 1) \quad (8)$$

### 3.0 MATERIALES/EQUIPO.

| <b>Cantidad</b> | <b>Descripción</b>  |
|-----------------|---|
| 1               | Probador de mano para la medida de distribución de voltaje (SO4100-3E LN)   |
| 1               | Probador de mano para la medida de distribución de corriente (SO4100-3D LN) |
| 1               | Puente para cortocircuito (SO4100-1D LN)                                    |
| 1               | Resistor de 220Ω (SO4100-1J LN)   |
| 1               | Elemento acoplador línea de transmisión – transmisor (SO4100-1F LN)         |
| 1               | Escala graduada   |
| 1               | Línea de transmisión bifilar  |
| 1               | Conector Coaxial de 50Ω   |
| 1               | Base Móvil para probadores de mano (SO4100-1L LN)                           |
| 1               | Transmisor de UHF (SO4100-1.A LN)   |



## 4.0 PROCEDIMIENTO.

### 4.1 DETERMINACIÓN DE VSWR Y T EN UNA LINEA DE TRANSMISIÓN CON CARGA RESISTIVA.

- 1- Implementar el circuito como se muestra en la figura 8.; Colocar la línea de manera tal que sea posible observar la graduación de la regla debajo de esta, es decir, que se pueda obtener fácilmente una medida de distancia en cualquier punto de la línea.

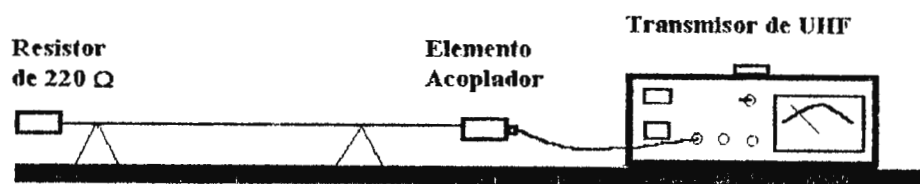


FIGURA 8.

- 2- Conectar la salida del generador de UHF a la línea de transmisión por medio de un cable coaxial de  $50\Omega$ , a través del elemento acoplador Línea de transmisión-transmisor.
- 3- Conectar un resistor de  $220\Omega$  a la línea de transmisión, como se muestra en la figura.
- 4- Determinar la impedancia de la línea de transmisión, a través de la expresión:

$$Z_l = 120 ( LN (2 \cdot D/d) )$$

Donde D es la longitud de la línea de transmisión y d es el diámetro de cada conductor.



D: \_\_\_\_\_ [mm]      d: \_\_\_\_\_ [mm]       $Z_1 =$  \_\_\_\_\_ [ $\Omega$ ]

- 5- Aplique por medio del transmisor una potencia de 1 W a la línea de transmisión con carga.
- 6- Con los probadores de mano determinar la distribución de voltaje y de corriente de la línea; Estos datos serán tomados en los puntos de inflexión específicos, es decir en los puntos de cresta y de valle de la distribución (máximos y mínimos respectivamente). Para tal propósito se desplazaran los probadores de la manera correcta, sobre la línea de transmisión deteniéndose donde se obtenga un valor máximo o mínimo. Los valores obtenidos se representarán en uno de los ejes coordenados que se muestran en la figura 9.<sup>1</sup>

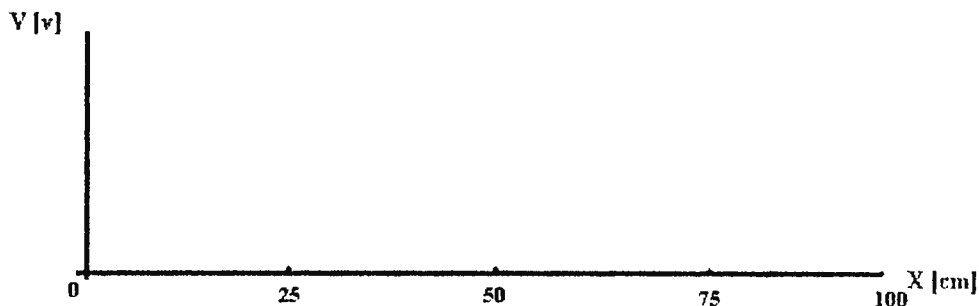


FIGURA 9

- 7- Determinar el porcentaje de voltaje incidente y el voltaje reflejado, tomando directamente la lectura del medidor del transmisor de UHF. Para tal efecto predisponer el transmisor de la siguiente forma:

- Interruptor SWR/ $P_{OUT}$  : SWR
- Interruptor  $U_F / U_R$  :  $U_F$
- Perilla SENS: Ajustada para obtener un 100% para  $U_F$

Tomar el valor de  $U_R$  y SWR colocando el interruptor  $U_F / U_R$  en  $U_R$  y leyendo el porcentaje de voltaje reflejado en la tercera escala ( $U_F$

<sup>1</sup> La forma correcta de utilizar los probadores de mano se muestra en los anexos.



[%]) y el SWR de la segunda escala (Adimensional), registrando el porcentaje de  $U_R$ ,  $U_F$  y SWR en los espacios siguientes:

$$\text{SWR} = \underline{\hspace{2cm}} \quad U_F = \frac{\underline{\hspace{2cm}}}{\underline{\hspace{2cm}}} [\%] \quad U_R = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 8- Con los porcentajes de tensión reflejada y tensión incidente se puede determinar matemáticamente el coeficiente de reflexión, dado por la ecuación:

$$T = E_R / E_I = \underline{\hspace{2cm}}$$

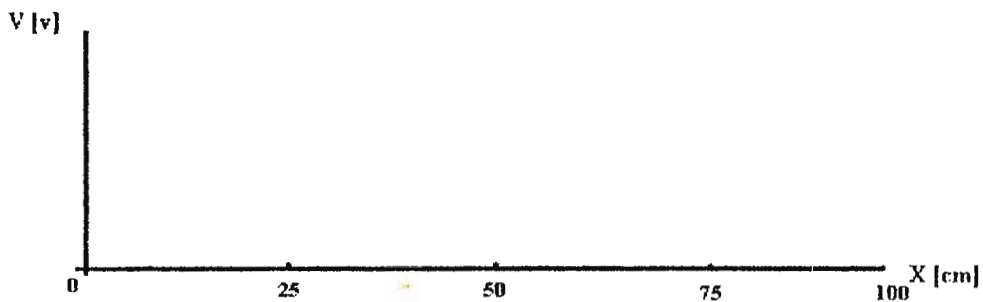
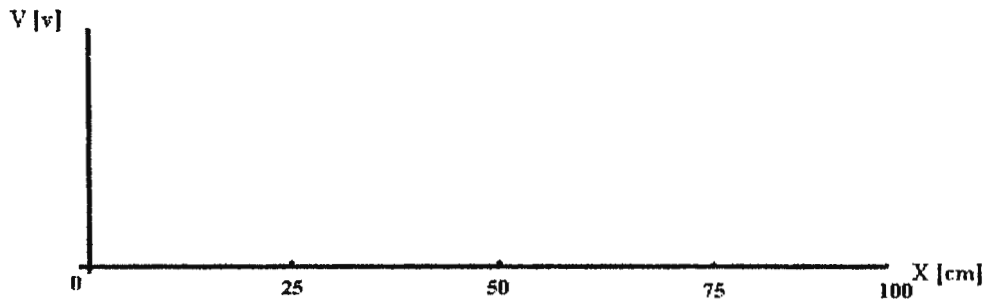
- 9- Por medio de los resultados obtenidos anteriormente, se puede determinar la relación de onda estacionaria, que es igual a:

$$\text{SWR} = 1+T / 1- T = \underline{\hspace{2cm}}$$

Comparar el valor leído con el valor calculado anteriormente.

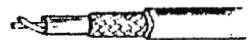
#### **4.2 PARTE II: DETERMINACIÓN DE SWR Y T PARA UNA LÍNEA EN CORTOCIRCUITO Y EN CIRCUITO ABIERTO.**

- 10- Reduzca la potencia del transmisor de UHF a 0.5 W, sustituya la resistencia de  $220\Omega$  por un cortocircuito luego realice los mismos pasos que para la parte uno.
- 11- Desconecte el cortocircuito, y luego realice los mismos pasos de la parte 1, para un circuito abierto.
- 12- Apague la fuente desmonte el equipo y entréguelo o ordenadamente.



### 5.0 CUESTIONARIO.

1. Defina velocidad de onda.
2. Defina línea de transmisión.
3. Defina impedancia característica de una línea de transmisión.
4. Defina el coeficiente de reflexión.
5. Que entiende por impedancia de entrada de la línea de transmisión.
6. Defina la impedancia de salida de una línea de transmisión.
7. ¿Qué entiende por onda estacionaria?



8. Determine la impedancia característica para un cable coaxial con inductancia de  $L = 0.2 \mu\text{H}/\text{Pies}$  y capacitancia de  $C = 16 \text{ pF}/\text{pies}$ .
9. Determine la SWR para una línea de transmisión con amplitud de onda estacionaria de voltaje máximo  $V_{\text{máximo}} = 6 \text{ v}$  y amplitud de onda estacionaria de voltaje mínimo  $V_{\text{mínimo}} = 0.5$ .
10. Determine la SWR para una línea de transmisión de  $50\Omega$  que esta terminada en una resistencia de carga de  $Z_L = 75\Omega$ .

## 6.0 BIBLIOGRAFIA.

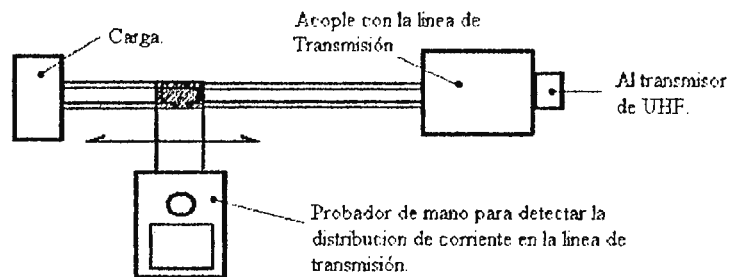
- Belotserkovski, **FUNDAMENTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. Marcombo 1983.
- Lon Cantor, **COMO SELECCIONAR E INSTALAR ANTENAS.**  
Primera edición; México. CECSA, 1991.
- Noll E. M., **PROYECTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.
- García Domínguez Armando, **CALCULO DE ANTENAS.**  
Primera edición; México. Alfa - Omega, 1995.
- Mileaf Harry, **ELECTRONICA SIETE: CIRCUITOS AUXILIARES.**  
Primera edición; México. Limusa, 1990.
- Miller Chas E., **RADIOTRANCEPTORES.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.



## 7.0 ANEXOS.

### 7.1 USO DEL PROBADOR DE MANO PARA DETECTAR LA DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE.

Para detectar la distribución de corriente en la línea de transmisión se coloca el probador de mano como se muestra en la figura siguiente:

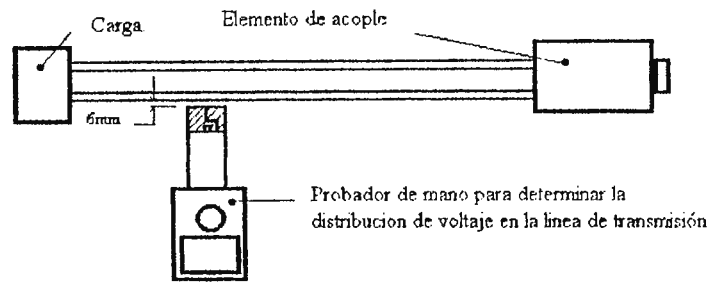


Para detectar la corriente máxima, se mueve el probador a lo largo de la línea de transmisión, a una separación de aproximadamente 0.5 cm, cuando la aguja del probador marque una máxima intensidad, estamos ante la presencia de un punto máximo.

Para determinar la distribución de corriente total, es necesario tomar la medida con el probador cada 10 cm, o cada punto máximo o mínimo, es decir se desplaza el probador a lo largo de la línea de transmisión, detectando los puntos máximos y mínimos, y observando en la regla graduada (que se encuentra debajo de la línea de transmisión) el valor de desplazamiento, para después poderlo graficar en los ejes coordenados que se presentan en la figura b del procedimiento.

### 7.2 USO DEL PROBADOR DE MANO PARA DETECTAR LA DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE.

Para usar este probador de mano es necesario colocarlo como se muestra en la siguiente figura:



Para detectar la distribución de voltaje se coloca el probador a una distancia de aproximadamente de 6 mm a la par de la línea de transmisión, desplazando el probador a lo largo de la línea, para detectar los puntos máximos y mínimos, dibujándolos después en la figura 9 del procedimiento.



## 8.0 RESULTADOS.

### 8.1 DETERMINACIÓN DE SWR Y T EN UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN CON CARGA RESISTIVA.

$$D = \underline{1} \text{ [m]} \quad d = \underline{0.01} \text{ [m]}$$

$$Z_l = 120 ( \text{LN} (2 \cdot D/d) ) = 120 ( \text{LN} (2 \times (1 / 0.01)) ) = \underline{635.798} \ \Omega$$

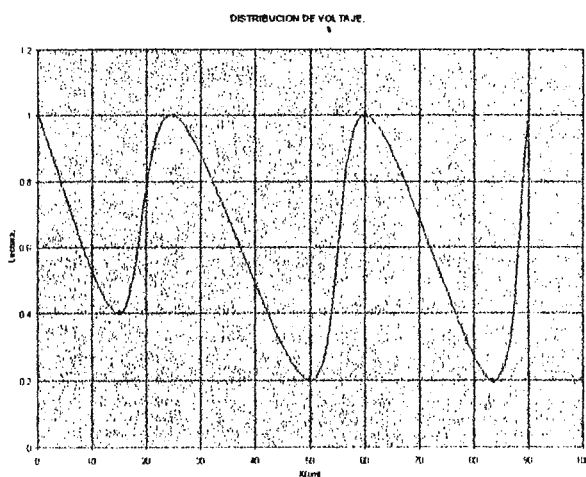
$$\text{SWR}(\text{med}) = \underline{1.2} \quad U_F = \underline{100} \text{ [%]} \quad U_R = \underline{11} \text{ [%]}$$

$$T = U_R / U_F = \underline{11 / 100} = \underline{0.11}$$

$$\text{SWR}(\text{cal}) = 1 + T / 1 - T = \underline{1 + 0.11 / 1 - 0.11} = \underline{1.247}$$

#### 8.1.1 DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE.

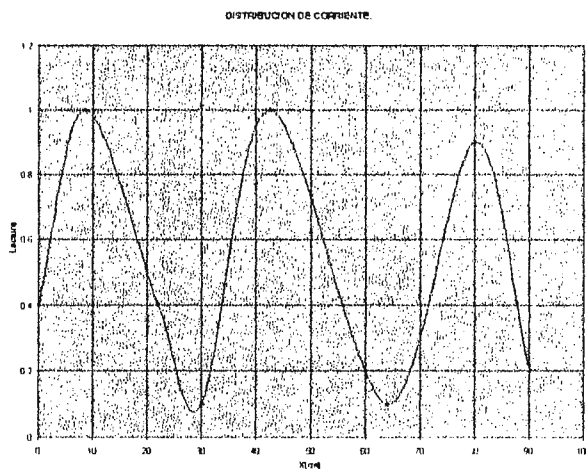
| X (cm) | LECTURA |
|--------|---------|
| 0      | 1       |
| 15     | 0.4     |
| 25     | 1       |
| 50     | 0.2     |
| 60     | 1       |
| 83.5   | 0.2     |
| 90     | 1       |





### 8.1.2 DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE.

| X (cm) | LECTURA |
|--------|---------|
| 0      | 0.4     |
| 8.5    | 1       |
| 22     | 0.4     |
| 30     | 0.1     |
| 42.5   | 1       |
| 64     | 0.1     |
| 80     | 0.9     |
| 90     | 0.2     |



### 8.2 DETERMINACIÓN DE SWR Y T EN UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN CORTO CIRCUITO.

$$\text{SWR}(\text{med}) = \underline{1.5} \quad U_F = \underline{100} [\%] \quad U_R = \underline{20} [\%]$$

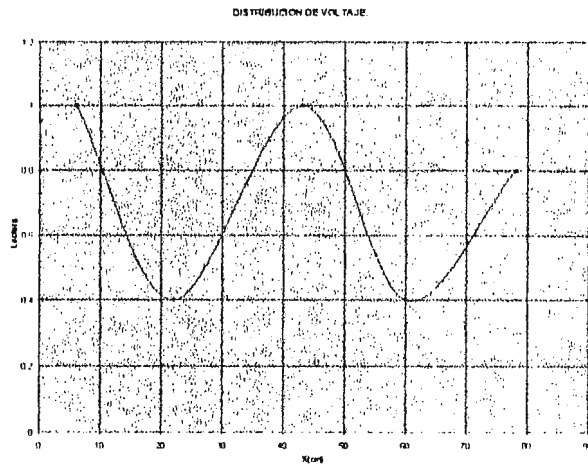
$$T = U_R / U_F = \underline{20 / 100} = 0.2$$

$$\text{SWR}(\text{cal}) = 1 + T / 1 - T = \underline{1 + 0.2 / 1 - 0.2} = 1.5$$



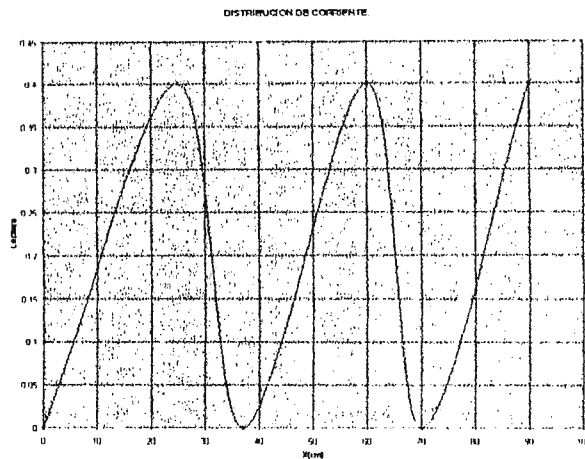
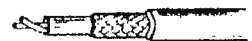
### 8.2.1 DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE.

| X (cm) | LECTURA |
|--------|---------|
| 6      | 1       |
| 22     | 0.4     |
| 43     | 1       |
| 60     | 0.4     |
| 78     | 0.8     |



### 8.2.2 DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE.

| X (cm) | LECTURA |
|--------|---------|
| 0      | 0       |
| 25     | 0.4     |
| 37     | 0       |
| 60     | 0.4     |
| 70     | 0       |
| 90     | 0.4     |



### 8.3 DETERMINACIÓN DE SWR Y T EN UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN EN CIRCUITO ABIERTO.

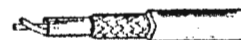
$$SWR(\text{med}) = \underline{1.1} \quad U_F = \underline{100} [\%] \quad U_R = \underline{10} [\%]$$

$$T = U_R / U_F = \underline{10 / 100} = 0.1$$

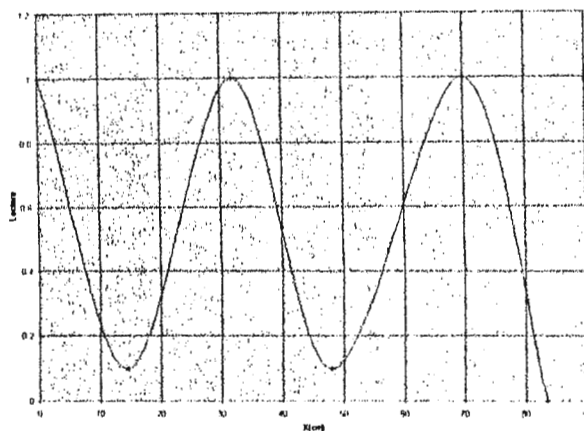
$$SWR(\text{cal}) = 1+T / 1- T = \underline{1+0.1 / 1-0.1} = 1.22$$

#### 8.2.1 DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE.

| X (cm) | LECTURA |
|--------|---------|
| 0      | 1       |
| 14.5   | 0.1     |
| 32     | 1       |
| 48     | 0.1     |
| 70     | 1       |
| 83.5   | 0       |



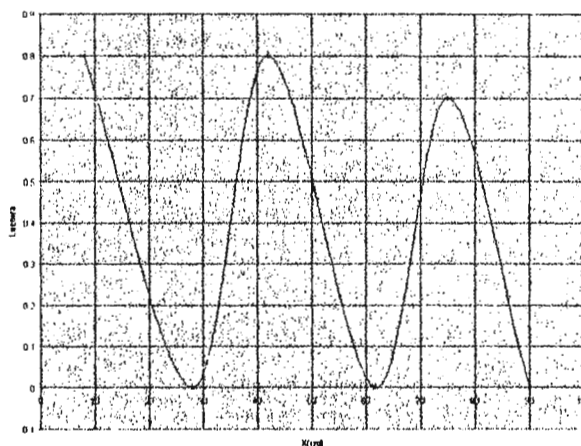
DISTRIBUCION DE VOLTAJE.

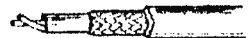


**8.2.2 DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE.**

| X (cm) | LECTURA |
|--------|---------|
| 8      | 0.8     |
| 28     | 0       |
| 42     | 0.8     |
| 61.5   | 0       |
| 75     | 0.7     |
| 90     | 0       |

DISTRIBUCION DE CORRIENTE.



**9.0 RESPUESTAS AL CUESTIONARIO.**

1. Defina velocidad de onda.

R/ Es la velocidad de propagación de las ondas en el medio.

2. Defina línea de transmisión.

R/ Es un sistema conductor metálico que se utiliza para transferir energía eléctrica de un lugar a otro.

3. Defina impedancia característica de una línea de transmisión.

R/ Es la impedancia que se ve desde una línea infinitamente larga , o la impedancia que se ve desde el largo finito de una línea, que termina en una carga totalmente resistiva.

4. Defina el coeficiente de reflexión.

R/ Es una cantidad vectorial que representa a la relación del voltaje reflejado al voltaje incidente, o corriente reflejada a la corriente incidente.

5. Que entiende por impedancia de entrada de la línea de transmisión.

R/ La impedancia de entrada para una línea sin pérdidas, vista desde una línea de transmisión que esta terminada en un corto o en un circuito abierto puede ser resistiva , inductiva o capacitiva, dependiendo de la distancia que exista desde la terminación.

6. ¿Que entiende por onda estacionaria?

R/ Son las ondas que se dan cuando las ondas incidentes y reflejadas se cruzan entre si produciendo en la línea patrones estacionarios de voltaje y de corriente.

7. Determine la impedancia característica para un cable coaxial con inductancia de  $L = 0.2 \mu\text{H}/\text{Pies}$  y capacitancia de  $C = 16 \text{ pF}/\text{pies}$ .



R/

$$Z_0 = (L / C)^{1/2} = (0.2 \mu / 16 \text{ p})^{1/2} = 111.8 \Omega$$

8. Determine la SWR para una línea de transmisión con amplitud de onda estacionaria de voltaje máximo  $V_{\text{máximo}} = 6 \text{ v}$  y amplitud de onda estacionaria de voltaje mínimo  $V_{\text{mínimo}} = 0.5$ .

R/

$$V_{\text{MAX}} = E_i + E_R = 6 \text{ v}$$

$$V_{\text{MIN}} = E_i - E_R = 0.5 \text{ V}$$

$$\text{SWR} = E_i + E_R / E_i - E_R = 6 / 0.5 = 12$$

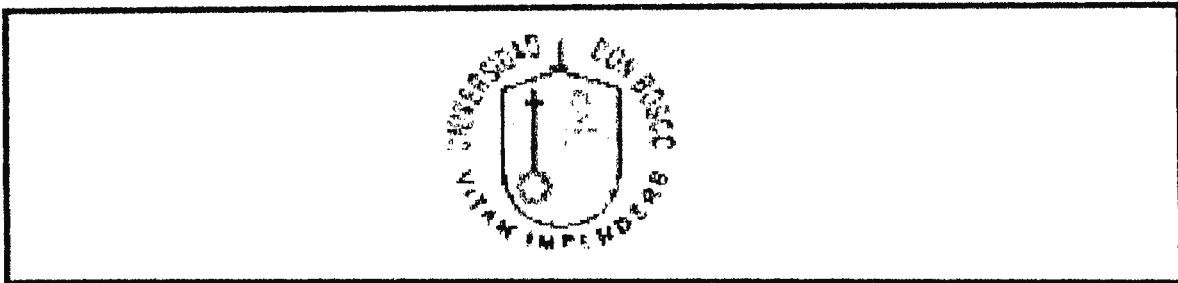
9. Determine la SWR para una línea de transmisión de  $50 \Omega$  que esta terminada en una resistencia de carga de  $Z_L = 75 \Omega$ .

R/

$$Z_0 = \text{Impedancia característica} = 50 \Omega$$

$$Z_L = \text{Impedancia de carga} = 75 \Omega$$

$$\text{SWR} = Z_L / Z_0 = 75 / 50 = 1.5$$



Guía No. : 2

Especialidad : Electrónica Facultad: Estudios Tecnológicos.

Materia : Sistemas de Comunicaciones 1.

Título : Antena Dipolo simple (parte 1).

Lugar de ejecución : Edif. Electrónica laboratorio de telecomunicaciones.

Tiempo de ejecución : 2 horas Fecha: \_\_\_\_\_

**1.0 OBJETIVOS**

Para la antena dipolo simple:

- Medir la distribución de voltaje y de corriente
- Determinar el factor de reflexión.
- Calcular la potencia reflejada.
- Calcular la relación de onda estacionaria.
- Determinar la potencia de radiación.



## 2.0 INTRODUCCIÓN.

El dipolo simple es la antena más sencilla, y consiste en dos varillas metálicas de un cuarto de longitud de onda ( $\lambda/4$ ) cada una de ellas, situadas en la misma dirección, y a cuyos extremos centrales se conecta la línea de transmisión procedente del transmisor o receptor.

Su impedancia es de aproximadamente  $75\Omega$  y su longitud física puede calcularse a partir de la expresión:

$$L = 150 / f \quad (1)$$

En donde  $f$  es la frecuencia de la portadora en MHz y  $L$  la longitud real de la antena. Así por ejemplo, se desea efectuar una transmisión con una antena de 100 Mhz; en este caso la longitud total del dipolo será, sustituyendo en 1:

$$L = 150 / 100 \text{ MHz} = 1.5 \text{ m} \checkmark$$

Entonces la longitud de cada varilla deberá ser pues de la mitad de 1.5 así:

$$L_v = 1.5\text{m} / 2 = 0.75 \text{ m} \checkmark$$

Esta varilla será de tubo de cobre o aluminio, de sección mas o menos gruesa, según la potencia a recibir o transmitir.

La distancia de separación entre las dos varillas ha de ser inferior a la centésima parte de la longitud de onda, es decir que en el caso que se ha expuesto como ejemplo, la separación entre las dos varillas deberá ser de:

$$E < 3\text{m} / 100 = 0.3\text{m} \checkmark$$

Desde el punto de vista práctico, es suficiente con acordar la longitud de las varillas un 5% con respecto a su longitud teórica, para obtener las mejores condiciones de resonancia.



Así también para el cálculo de la longitud física de estas antenas se tendrán en cuenta las frecuencias máximas y mínimas de recepción o transmisión y obtener el promedio de ambas.

Para el cálculo de la frecuencia central o promedio se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_C = f_{\max} - f_{\min} / 2 \quad (2)$$

Su longitud de onda será:

$$\lambda = 300,000 / f_c \quad (3)$$

Existen dos formas de construcción de un dipolo simple, dependiendo de la longitud de sus brazos que, está relacionada con la longitud de onda que ha de emitir.

Si la frecuencia de radiación es elevada (longitud de onda corta), el dipolo se construirá mediante dos varillas rígidas de cobre o aluminio, cada una de ellas de una longitud igual a  $\lambda/4$  menos un 5 %. Estas varillas pueden ser macizas o bien de tubo, ya que al trabajar con elevadas frecuencias se produce un efecto pelicular (efecto por el cual la corriente eléctrica de alta frecuencia tiende a circular por la superficie del conductor).

Las dos varillas o tubos se sujetan a una placa aislante mediante grapas, y en los dos extremos próximos de las varillas se conectara la línea de transmisión, de impedancia adecuada ( $75\Omega$ ) que unirá la antena con el radioemisor.

Finalmente se dispondrá el dipolo sobre un mástil de altura adecuada. Este mástil deberá quedar aislado del dipolo, para lo cual se utilizara el material aislante donde se sujetan las varillas. En el caso de un mástil de altura excesiva, o que este sometido a fuertes vientos, deberá reforzarse su asentamiento mediante vientos. Es de destacar que el mástil deberá ser de tubo metálico (como el que se muestra en la figura 1.), o bien en caso de alturas excesivas, una torreta metálica(figura 2.).

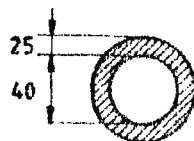


FIGURA 1.  
MASTIL DE TUBO DE ACERO GALVANIZADO.



FIGURA 2.  
TORRETA METALICA.



### 3.0 MATERIALES/EQUIPO.

| <i>Cantidad</i> | <i>Materiales o Equipos</i>  |
|-----------------|--|
| 1               | Probador de mano para la medida de la distribución de voltaje (SO4100-3E LN)   |
| 1               | Probador de mano para la medida de la distribución de corriente (SO4100-3D LN) |
| 1               | Transmisor de UHF (SO4100-1.A LN)  |
| 1               | Conector coaxial de 50Ω  |
| 1               | Antena dipolo simple (SO4100-2.A LN)   |

### 4.0 PROCEDIMIENTOS.

#### 4.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REFLEXIÓN, POTENCIA REFLEJADA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA.

- 1.) Conecte el dipolo simple (SO4100-2A) al transmisor de UHF (SO4100-1.A) por medio de un conector coaxial de 50Ω, la forma de realizar esta conexión se muestra en la figura 3.

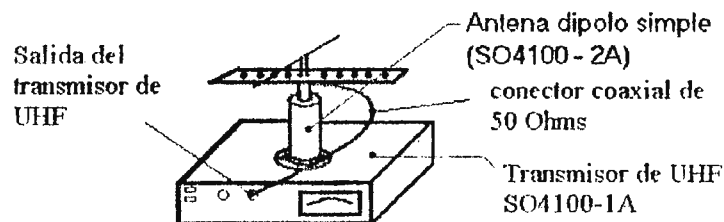


FIGURA 3.



2. Fije la potencia del transmisor de UHF a 0.5 W, por medio del control ( $P_{OUT}$ ). El medidor indica la potencia de salida cuando el selector SWR/ $P_{OUT}$  esta en  $P_{OUT}$ .

3. Colocar el selector  $U_F/U_R$  en  $U_F$ , ajustar la sensibilidad para obtener un 100% en la tercera escala ( $U_F$ [%]). Colocar ahora el selector  $U_F/U_R$  en  $U_R$  y

leer el porcentaje de voltaje reflejado directamente del medidor del transmisor, utilizando la tercera escala ( $U_F$  [%]).

$$U_F = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (%) } \quad U_R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (%)}$$

4. Determinar el factor de reflexión por medio de la siguiente formula:

$$T = U_R / U_F$$

$$T(\text{calculado}) = U_R / U_F = \underline{\hspace{2cm}}$$

5. Calcular la potencia reflejada por medio de la siguiente formula:

$$P_R = T^2 \cdot P_{OUT} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Watt.}$$

6. Calcular la potencia radiada por la antena por medio de la formula:

$$P_T = P_{OUT} - P_R = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Watt.}$$

7. Calcular la razón de onda estacionaria por medio de la siguiente ecuación matemática:

$$SWR(\text{calculado}) = (1+T) / (1-T) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Leer directamente del medidor el SWR , colocando el interruptor SWR/ $P_{OUT}$  en  $P_{OUT}$  , y tomando el valor de la segunda escala del medidor ( $SWR(U_F)$ ).



SWR(medido) = \_\_\_\_\_

**4.2 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE.**

8. Fije la potencia de salida del transmisor a 0.5 W.
9. Mueva el probador de voltaje a lo largo de la antena a una distancia de aproximadamente 1cm como se muestra en la figura 4.

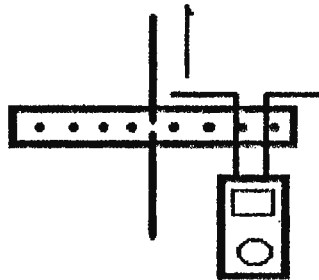


FIGURA 4.

10. Grafique en la figura 5. la distribución de voltaje desde 0 hasta media longitud de onda, es decir desplace el probador desde el comienzo de la antena hasta el final de la misma.

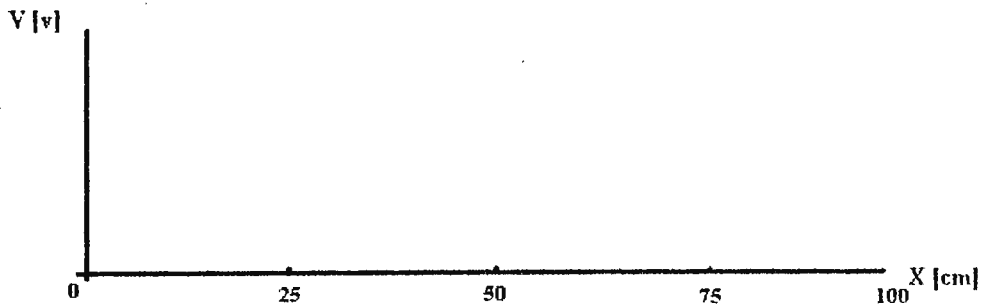


FIGURA 5.



11. Reduzca la potencia del transmisor a 0.1w, mueva el probador de mano para la distribución de corriente a lo largo de la antena, grafique la forma de onda obtenida en la figura 5., de manera que se observe la gráfica de voltaje y de corriente en forma simultánea (Ver figura 6).

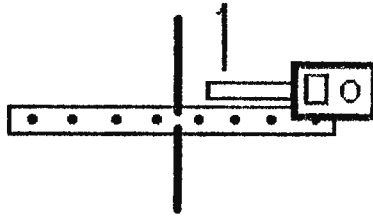


FIGURA 6.

### 5.0 CUESTIONARIO.

1. ¿Que es un dipolo simple ?
2. ¿Cual es la impedancia característica de un dipolo simple?

### 6.0 BIBLIOGRAFIA.

- Belotserkovski, **FUNDAMENTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. Marcombo 1983.
- Lon Cantor, **COMO SELECCIONAR E INSTALAR ANTENAS.**  
Primera edición; México. CECSA, 1991.
- Noll E. M, **PROYECTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.



- 
- **García Domínguez Armando, CALCULO DE ANTENAS.**  
Primera edición; México. Alfa - Omega, 1995.
  - **Mileaf Harry, ELECTRONICA SIETE: CIRCUITOS AUXILIARES.**  
Primera edición; México. Limusa, 1990.
  - **Miller Chas E., RADIOTRANCEPTORES.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.



## 7.0 RESULTADOS.

### 7.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REFLEXIÓN, POTENCIA REFLEJADA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA.

$$U_F = 100(\%) \quad U_R = 0(\%)$$

$$T(\text{calculado}) = U_R / U_F = 0 / 100 = 0$$

$$P_R = T^2 \cdot P_{OUT} = (0)^2 \cdot 0.5 = 0 \text{ Watt.}$$

$$P_T = P_{OUT} - P_R = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = 0.5 - 0 = 0.5 \text{ Watt.}$$

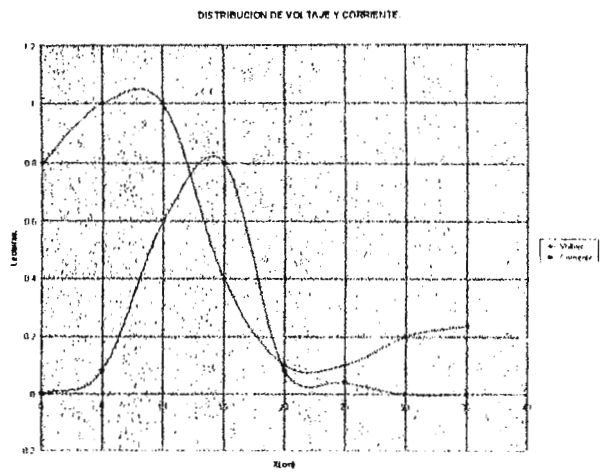
$$P_T = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = (0.5)(1 - 0) = 0.5 \text{ Watt.}$$

$$SWR = (1+T) / (1-T) = (1 + 0) / (1 - 0) = 1$$

$$SWR(\text{medido}) = 1$$

### 7.2 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE.

| X (cm) | Lectura de Voltaje | Lectura de Corriente |
|--------|--------------------|----------------------|
| 0      | 0.8                | 0                    |
| 5      | 1                  | 0.08                 |
| 10     | 1                  | 0.6                  |
| 15     | 0.4                | 0.8                  |
| 20     | 0.1                | 0.08                 |
| 25     | 0.1                | 0.04                 |
| 30     | 0.2                | 0                    |
| 35     | 0.24               | 0                    |



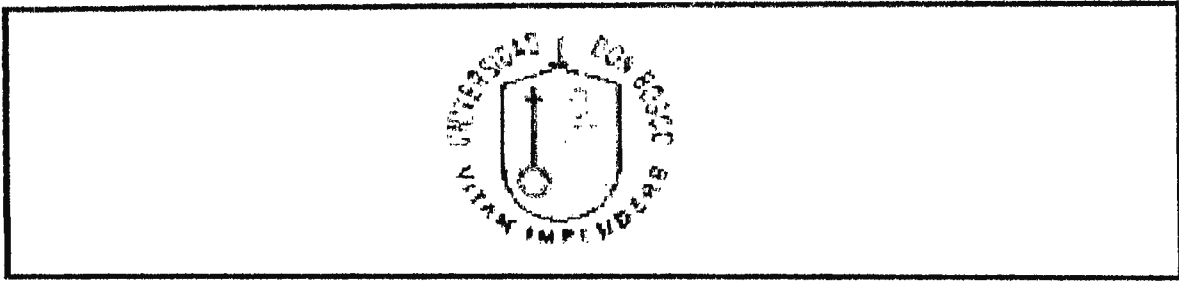
**7.2 CUESTIONARIO.**

1. ¿ Que es el dipolo?

R/ Es una varilla de material conductor de media longitud de onda que tiene una distribución de corriente uniforme en toda su longitud.

2.¿ Cuál es la impedancia característica de un dipolo simple?

R/ Es de  $75\Omega$ .



Guía No. : 3

Especialidad : **Electrónica** Facultad: **Estudios Tecnológicos.**

Materia : **Sistemas de Comunicaciones1.**

Título : **Antena Dipolo simple (parte 2).**

Lugar de ejecución : **Edif. Electrónica laboratorio de Telecomunicaciones.**

Tiempo de ejecución : **2 horas** Fecha: \_\_\_\_\_

**1.0 OBJETIVOS**

Para la antena dipolo simple:

- Graficar el lóbulo de radiación o patrón de radiación vertical.
- Graficar el lóbulo de radiación horizontal.



## 2.0 INTRODUCCIÓN.

El dipolo simple es el elemento comúnmente utilizado para la recepción de bandas comerciales ya que es bidireccional, así que recibirá señales procedentes de zonas situadas delante o detrás del dipolo.

Es por ello que la mayoría de los equipos receptores de audio y vídeo utilizan esta antena, además de su bajo costo comercial.

## 3.0 MATERIALES/EQUIPO.

| <i>Cantidad</i> | <i>Descripción.</i>                     |
|-----------------|---|
| 1               | Transmisor de UHF<br>(SO4100-1.A LN)    |
| 2               | Conector coaxial de 50Ω                 |
| 1               | Antena Dipolo simple<br>(SO4100-2.A LN) |
| 1               | Receptor de UHF<br>(SO4100-3.A LN)      |
| 1               | Antena Yagi (SO4100-2F LN)              |

## 4.0 PROCEDIMIENTO.

### 4.1 GRÁFICA DEL LÓBULO DE RADIACIÓN HORIZONTAL PARA LA ANTENA DIPOLO SIMPLE.

1. Conectar la antena Yagi (SO4100-2F) al transmisor de UHF (SO4100-1.A), y conectar la antena Dipolo simple (SO4100-2.A) al receptor de UHF (SO4100-3.A), colocar los equipos como se muestra en la figura 1.

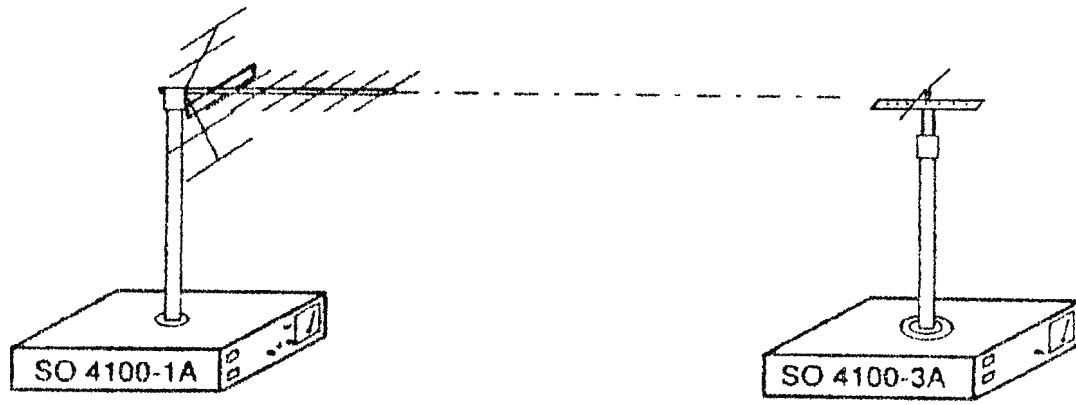


FIGURA 1.

2. Ajuste la potencia del transmisor a 0.5 W, colocando el receptor lo mas alineado posible con el transmisor, a una distancia de 3.3 m (el equivalente a 11 ladrillos de 30 cm cada uno) ajustando en los cero grados la máxima potencia (100%) con la perilla de SENS del receptor.
3. Rote la antena receptora (antena de dos elementos) de 0 a 350° , en pasos de 10°, en sentido de las agujas del reloj, anote los valores obtenidos en la tabla 1.(Se presenta en los anexos).
4. Con los datos de la tabla 1, se puede obtener la forma del lóbulo de radiación horizontal, graficándolo sobre una hoja de papel polar.(Se presenta en los anexos).



## 5.0 CUESTIONARIO.

1. ¿De qué depende el tamaño del dipolo?
2. ¿Para qué se utiliza el dipolo en las antenas?

## 6.0 BIBLIOGRAFIA.

- Belotserkovski, **FUNDAMENTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. Marcombo 1983.
- Lon Cantor, **COMO SELECCIONAR E INSTALAR ANTENAS.**  
Primera edición; México. CECSA, 1991.
- Noll E. M, **PROYECTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.
- García Domínguez Armando, **CALCULO DE ANTENAS.**  
Primera edición; México. Alfa - Omega, 1995.
- Mileaf Harry, **ELECTRONICA SIETE: CIRCUITOS AUXILIARES.**  
Primera edición; México. Limusa, 1990.
- Miller Chas E., **RADIOTRANCEPTORES.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1986.



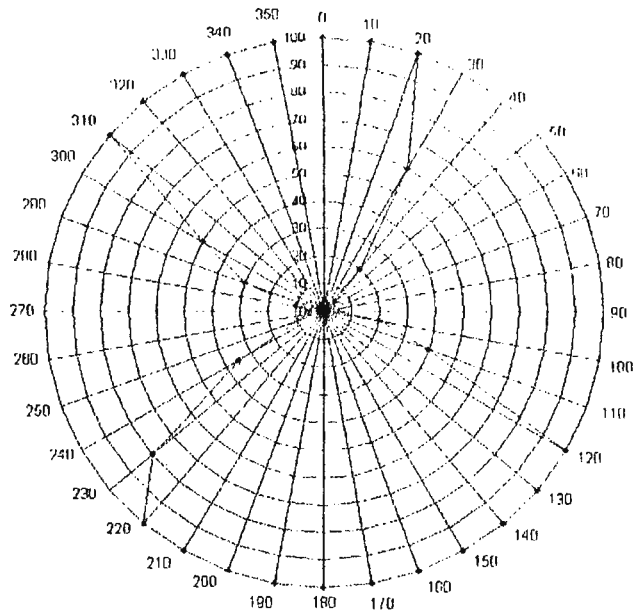
## 7.0 RESULTADOS.

**TABLA 1.**

| GRADOS | POTENCIA EN DIPOLO SIMPLE<br>HORIZONTAL (w) |
|--------|---|
| 0      | 100   |
| 10     | 100   |
| 20     | 100   |
| 30     | 60  |
| 40     | 20  |
| 50     | 5   |
| 60     | 0   |
| 70     | 0   |
| 80     | 0   |
| 90     | 5   |
| 100    | 20  |
| 110    | 40  |
| 120    | 100   |
| 130    | 100   |
| 140    | 100   |
| 150    | 100   |
| 160    | 100   |
| 170    | 100   |
| 180    | 100   |
| 190    | 100   |
| 200    | 100   |
| 210    | 100   |
| 220    | 100   |
| 230    | 80  |
| 240    | 35  |
| 250    | 10  |
| 260    | 5   |
| 270    | 5   |
| 280    | 10  |
| 290    | 30  |
| 300    | 50  |
| 310    | 100   |
| 320    | 100   |
| 330    | 100   |
| 340    | 100   |
| 350    | 100   |



LOBULO DE RADIACION HORIZONTAL.



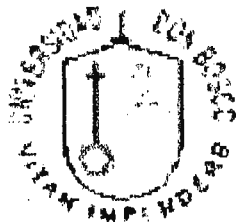
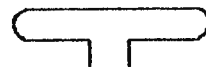
### 7.1 CUESTIONARIO.

1. ¿De qué depende el tamaño del dipolo?

R/ Depende de la frecuencia a la que se va a transmitir o recibir; mientras más alta es la frecuencia será menor la longitud y viceversa.

2. ¿Para qué se utiliza el dipolo en las antenas?

R/ Para recibir o irradiar ondas electromagnéticas.



Guía No. : 4

Especialidad : Electrónica Facultad: Estudios Tecnológicos

Materia : Sistemas de Comunicaciones 1.

Título : Antena dipolo plegado (parte 1).

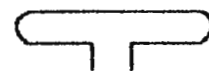
Lugar de ejecución : Edif. Electrónica laboratorio de telecomunicaciones.

Tiempo de ejecución : 2 horas Fecha: \_\_\_\_\_

### 1.0 OBJETIVOS

Para la antena dipolo plegado o doblado:

- Medir la distribución de voltaje y de corriente
- Describir el factor de reflexión.
- Calcular la potencia reflejada.
- Calcular la relación de onda estacionaria.
- Determinar la potencia de radiación.



## 2.0 INTRODUCCION.

La antena dipolo plegado es el tipo de antena mas conocida en radiodifusión de FM y TV, esta hecha por una varilla de cobre o aluminio en forma de bucle cerrado en cuyos extremos se conecta la línea de transmisión. En la figura 1. se muestra la forma física de la antena dipolo plegado.

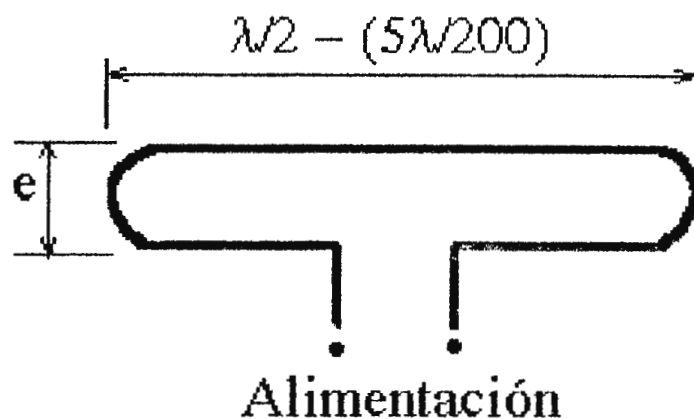
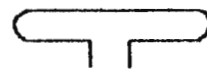


FIGURA 1.  
ANTENA DIPOLO PLEGADO.



La ventaja sobre el dipolo simple de no requerir un punto de fijación aislado, es decir que la unión entre la antena y el mástil de soporte no tienen que estar aislados eléctricamente, como se muestra en la figura 2.

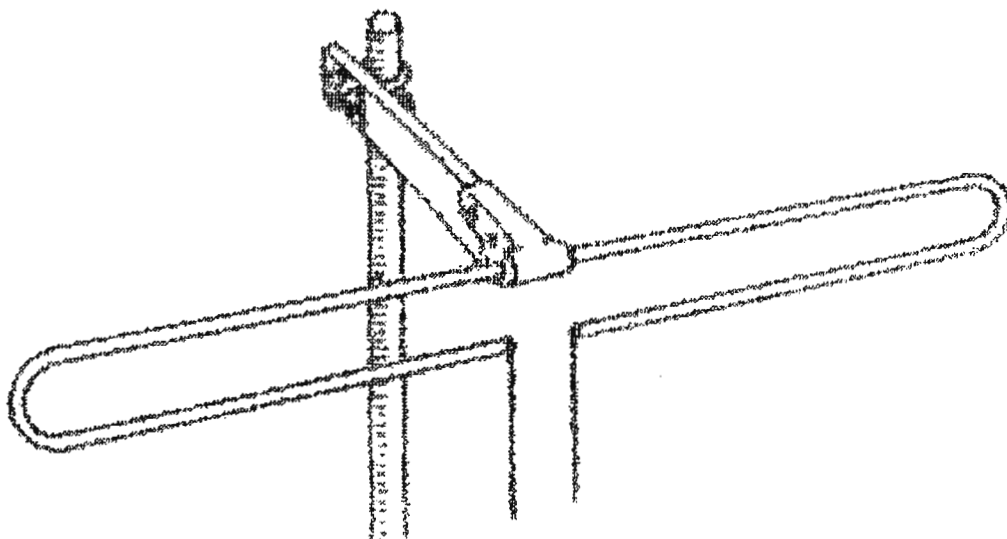


FIGURA 2.

La ganancia de esta antena es la misma que el dipolo simple; pero su principal ventaja sobre el dipolo simple es su mayor resistencia mecánica, ya que es 4 veces superior, es decir  $300 \Omega$ .

La impedancia del dipolo plegado viene dado por la fórmula:

$$Z = Z_0 2^n \quad (1)$$

En donde  $Z_0$  es la impedancia del dipolo simple ( $75 \Omega$ ), y  $n$  el número de hilos que contribuyen al dipolo plegado; Así en el caso de la figura 1. los dos dipolos plegados poseen una impedancia  $Z = 75 2^2 = 300$ .

En la figura 3. se muestra un dipolo plegado de 3 hilos, que alcanza una impedancia de  $Z = 75 2^3 = 600 \Omega$ .

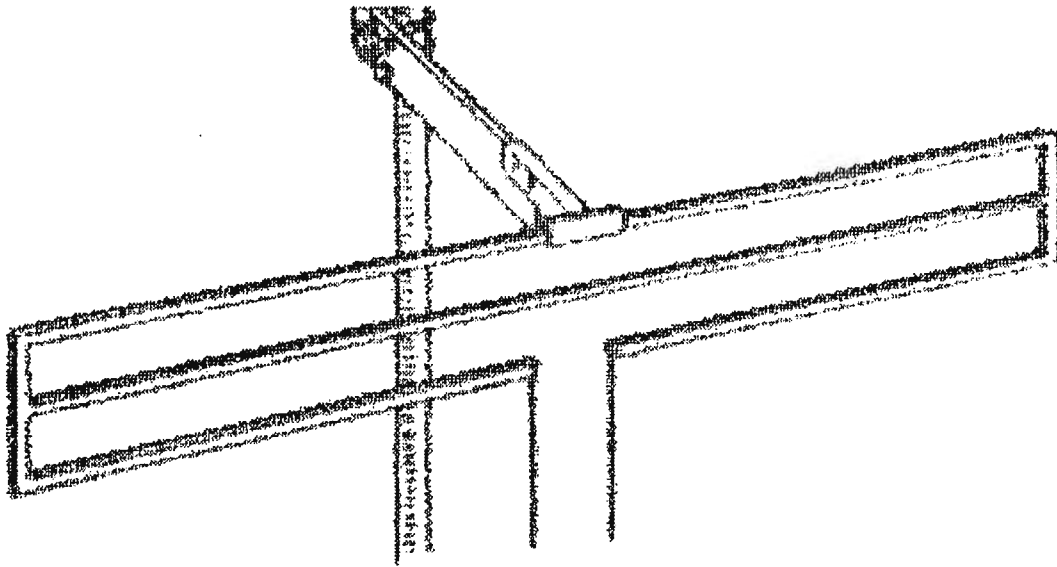
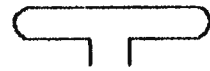


FIGURA 3.

En general podemos decir que por cada hilo que se añada al dipolo se estará duplicando la impedancia de éste.

La longitud total del dipolo plegado se calcula de forma similar a la del dipolo simple, es decir para la frecuencia media de la banda a recibir, por ejemplo con un rango de frecuencias de 430 a 432 MHz, se diseña la antena para la frecuencia central (431 MHz), siendo por tanto la longitud de onda de esta frecuencia:

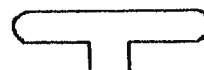
$$\lambda = 300,000 / 431 = 69.6 \text{ cm} \checkmark$$

La longitud eléctrica del dipolo doblado será:

$$L = \lambda / 2 = 69.6 / 2 \approx 35 \text{ cm} \checkmark$$

Y su longitud física será:

$$L_{\text{REAL}} = 0.95 L = 33 \text{ cm} \checkmark$$



La separación entre los dos elementos ha de ser la menor posible (figura 1.) sin dañar la curvatura de los extremos y ha de ser constante a todo lo largo de la antena.

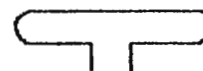
Para obtener un rendimiento satisfactorio se recomienda que la distancia "e" no sobrepase 1/32 del valor de la longitud de onda, por lo que en este caso sería:

$$e < \lambda / 32 = 69.6 / 32 \approx 2.175 \text{ cm } \checkmark$$

Al igual que la antena dipolo simple la radiación de esta antena es máxima en sentido perpendicular a ella. La toma de señal se dispondrá en el nudo de tensión cero. Lo que es lo mismo en el vientre de intensidad el cual se encuentra exactamente en el centro del dipolo, la sujeción del dipolo al mástil se efectuará en el centro de la parte superior, en donde esta el otro nudo de tensión con lo cual se evita tener que aislar este punto del mástil como en la figura 2.

### 3.0 MATERIALES/EQUIPO.

| <i>Cantidad</i> | <i>Descripción.</i>  |
|-----------------|--|
| 1               | Probador de mano para la medida de la distribución de voltaje (SO4100-3E LN)   |
| 1               | Probador de mano para la medida de la distribución de corriente (SO4100-3D LN) |
| 1               | Transmisor de UHF (SO4100-1.A LN)  |
| 1               | Dipolo plegado (SO4100-2F LN)  |
| 2               | Conector coaxial de 50Ω  |



## 4.0 PROCEDIMIENTO.

### 4.1 DETERMINACION DEL FACTOR DE REFLEXION, POTENCIA REFLEJADA Y RELACION DE ONDA ESTACIONARIA.

1. Conecte el dipolo plegado o doblado (SO4100-2F) al transmisor de UHF (SO4100-1A) por medio de un conector coaxial de  $50\Omega$ , la forma de realizar esta conexión se muestra en la figura 4.

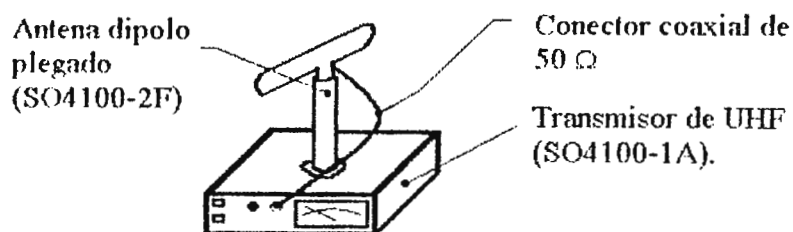


FIGURA 4.

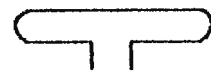
2. Fije la potencia del transmisor de UHF a 0.5 W.
3. Colocar el selector  $U_F / U_R$  en  $U_F$  y ajustar por medio de la perilla SENS al 100% , verificando esta lectura en la ultima escala del medidor (tercera escala  $U_F[\%]$ ). Colocar ahora el selector  $U_F / U_R$  en  $U_R$  y tomar la lectura del valor de  $U_R$  leyéndolo en la tercera escala ( $U_F[\%]$ ).

$$U_F = \text{_____} (\%) \quad U_R = \text{_____} (\%)$$

4. Determinar el factor de reflexión por medio de la siguiente fórmula matemática:

$$T = U_R / U_F$$

$$T(\text{calculado}) = U_R / U_F = \text{_____}$$



5. Calcular la potencia reflejada por medio de la siguiente fórmula:

$$P_R = T^2 \cdot P_{OUT} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Watt.}$$

6. Calcular la potencia radiada por la antena por medio de la fórmula:

$$P_T = P_{OUT} - P_R = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Watt.}$$

7. Calcular la razón de onda estacionaria por medio de la siguiente ecuación matemática:

$$SWR(\text{calculado}) = (1+T) / (1-T) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Tomar el SWR directamente del medidor, colocando los interruptores de la manera siguiente:

SWR/ $P_{OUT}$  : SWR

$U_F/U_R$  :  $U_R$

Tomando el valor de la segunda escala del medidor (SWR ( $U_F$ )).

$$SWR(\text{medido}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

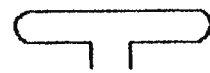
**4.2 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE.**

8. Fije la potencia de salida del transmisor a 0.5 W.

9. Mueva el probador de voltaje a lo largo de la antena a una distancia de aproximadamente 1cm como se muestra en la figura 5.



FIGURA 5.



10. Grafique en la figura 6. la distribución de voltaje desde 0 hasta media longitud de onda, es decir desplace el probador desde el comienzo de la antena hasta el final de la misma.

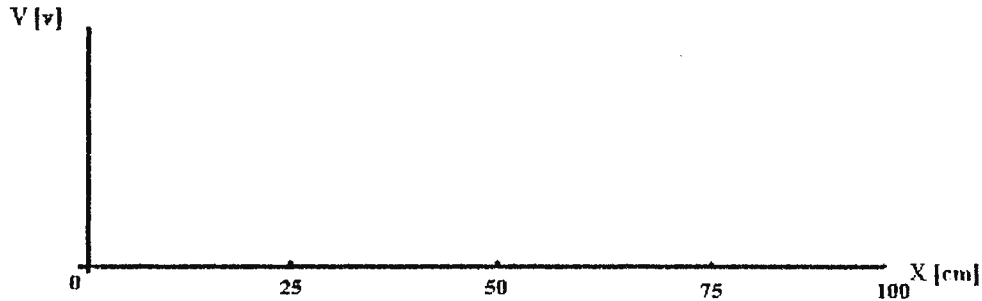


FIGURA 6.

11. Reduzca la potencia del transmisor a 0.1w, mueva el probador de mano para la distribución de corriente a lo largo de la antena, grafique la forma de onda obtenida en la figura 6. de manera que se observe la gráfica de voltaje y de corriente en forma simultánea. (ver figura 7.)

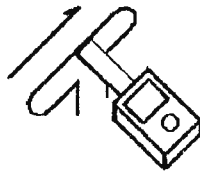
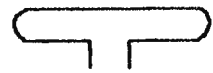


FIGURA 7.

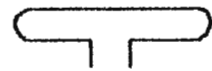


### 5.0 CUESTIONARIO.

1. ¿Cual es la impedancia de una antena dipolo plegado de 4 hilos?.
2. Si se tienen dos frecuencias de 490 y 494 MHz como se debe de calcular las dimensiones del dipolo plegado, realice el calculo.

### 6.0 BIBLIOGRAFIA.

- Belotserkovski, **FUNDAMENTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. Marcombo 1983.
- Lon Cantor, **COMO SELECCIONAR E INSTALAR ANTENAS.**  
Primera edición; México. CECSA, 1991.
- Noll E. M, **PROYECTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.
- García Domínguez Armando, **CALCULO DE ANTENAS.**  
Primera edición; México. Alfa - Omega, 1995.
- Mileaf Harry, **ELECTRONICA SIETE: CIRCUITOS AUXILIARES.**  
Primera edición; México. Limusa, 1990.
- Miller Chas E., **RADIOTRANCEPTORES.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.



## 7.0 RESULTADOS.

### 7.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REFLEXIÓN, POTENCIA REFLEJADA Y RELACÓN DE ONDA ESTACIONARIA.

$$U_F = \underline{100}(\%) \quad U_R = \underline{10}(\%)$$

$$T(\text{calculado}) = U_R / U_F = \underline{10 / 100} = 0.1$$

$$P_R = T^2 \cdot P_{OUT} = \underline{(0.1)^2 \times 0.5} = \underline{0.005} \text{ Watt.}$$

$$P_T = P_{OUT} - P_R = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{0.5 - 0.005} = \underline{0.495} \text{ Watt.}$$

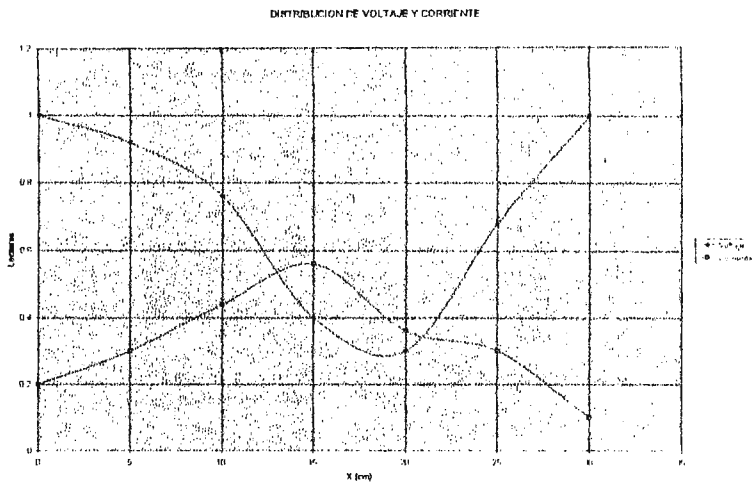
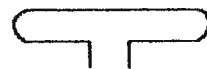
$$P_T = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{0.5 (1 - 0.01)} = \underline{0.495} \text{ Watt.}$$

$$SWR(\text{calculado}) = (1+T) / (1-T) = \underline{(1+0.1) / (1-0.1)} = \underline{1.22}$$

$$SWR(\text{medido}) = \underline{1.2}$$

### 7.2 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE.

| X (cm ) | Lectura de Voltaje | Lectura de Corriente |
|---------|--------------------|----------------------|
| 0       | 1                  | 0.2                  |
| 5       | 0.92               | 0.3                  |
| 10      | 0.76               | 0.44                 |
| 15      | 0.4                | 0.56                 |
| 20      | 0.3                | 0.36                 |
| 25      | 0.68               | 0.3                  |
| 30      | 1                  | 0.1                  |



### 7.3 CUESTIONARIO.

1. Cual es la impedancia de una antena dipolo plegado de 4 hilos.

R/

$$Z = Z_0 2^n \text{ (Impedancia dipolo simple } 75\Omega)$$

$$Z = 75 \times 2^4$$

$$Z = 1200 \Omega$$

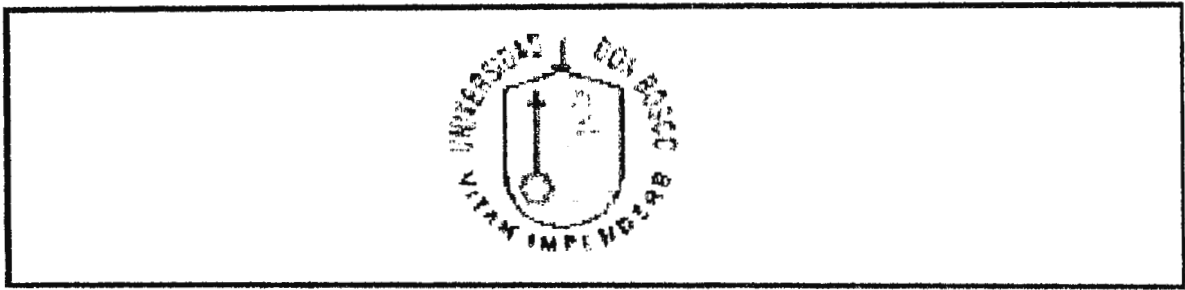
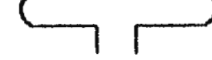
2. Si se tienen dos frecuencias de 490 y 494 MHz como se debe de calcular las dimensiones del dipolo plegado, realice el calculo.

R/

$$F_{\text{media}} = (490 + 494) / 2 = 492 \text{ MHz}$$

$$\lambda = 300,000 \text{ Km / seg} / F_{\text{media}}$$

$$\lambda = 300,000 \times 10^3 / 492 \times 10^6 = 60.97 \text{ cm}$$



Guía No. : 5

Especialidad : Electrónica Facultad: Estudios Tecnológicos.

Materia : Sistemas de Comunicaciones 1.

Título : Antena dipolo plegado (parte 2).

Lugar de ejecución : Edif. Electrónica laboratorio de telecomunicaciones.

Tiempo de ejecución : 2 horas Fecha: \_\_\_\_\_

**1.0 OBJETIVOS**

Para la antena dipolo plegado o doblado:

- Graficar el lóbulo de radiación horizontal.
- Graficar el lóbulo de radiación o patrón de radiación vertical.

**2.0 INTRODUCCIÓN.**

Como antena el dipolo plegado es uno de los dispositivos de los cuales dependerá en gran parte que tanto la transmisión como la recepción de la información sea satisfactoria.

Es por ello que se debe conocer la forma del lóbulo de radiación, el cual podrá ser modificado agregando elementos directores y reflectores, con los cuales se pretende dar directividad a esta antena (Antena Yagi).



### 3.0 MATERIALES/EQUIPO.

| <i>Cantidad</i> | <i>Descripción.</i>                               |
|-----------------|---|
| 1               | Transmisor de UHF<br>(SO4100-1.A LN)              |
| 2               | Conector coaxial de $50\Omega$                    |
| 1               | Receptor de UHF<br>(SO4100-3.A LN)                |
| 2               | Dipolo plegado para antena Yagi<br>(SO4100-2F LN) |
| 1               | Antena Yagi<br>(SO4100-2F LN)                     |

### 4.0 PROCEDIMIENTO.

#### 4.1 GRÁFICA DEL LÓBULO DE RADIACIÓN HORIZONTAL PARA LA ANTENA DIPOLO PLEGADO.

1. Conectar la antena Yagi (SO4100-2F) al transmisor de UHF (SO4100-1.A), y conectar la antena dipolo plegado(SO4100-2F) al receptor de UHF (SO4100-3.A), colocar los equipos como se muestra en la figura 1.

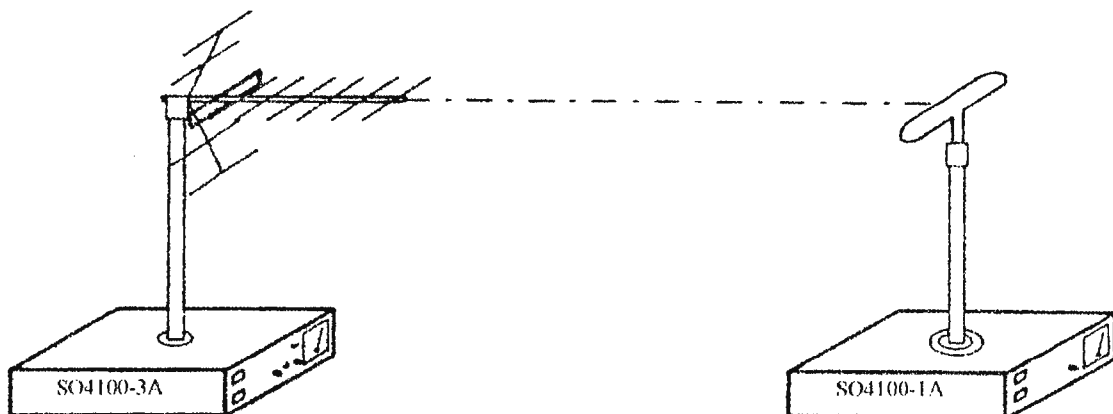
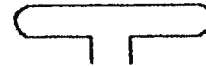


FIGURA 1.



2. Ajuste la potencia del transmisor a 0.5 W, colocando el receptor lo más alineado posible para obtener la máxima recepción; además colocarlos a una distancia de separación de 3.3 m (equivalente a 11 ladrillos de 30 cm).
3. Rote la antena receptora (antena de dos elementos) de 0 a 350° , en pasos de 10° , en el sentido de las agujas del reloj y anote los valores obtenidos en la tabla 1. (Se muestra en los anexos)
4. Con los datos de la tabla 1, se puede obtener la forma del lóbulo de radiación horizontal, graficándolo sobre una hoja de papel polar. (Se presenta en los anexos).

#### 4.2 GRÁFICA DEL LÓBULO DE RADIACIÓN VERTICAL PARA LA ANTENA DIPOLO PLEGADO.

1. Colocar en el transmisor la antena Yagi, y la antena dipolo plegado en el receptor, con la diferencia que serán colocadas en forma vertical, como se muestra en la figura 3.

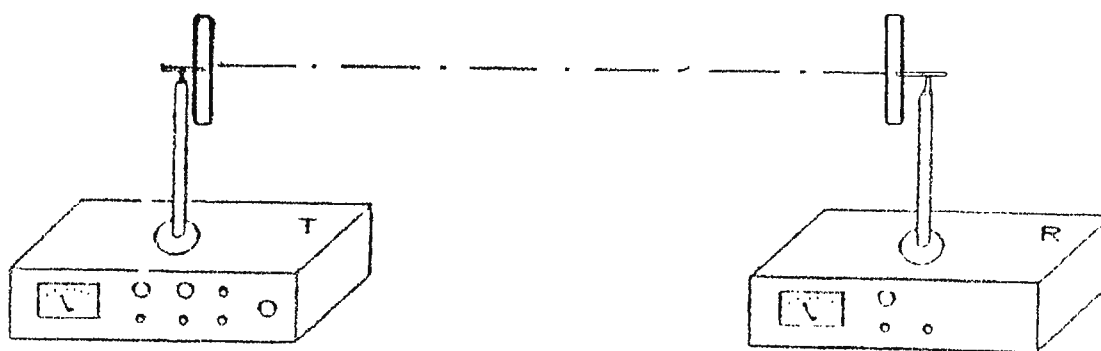
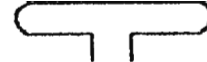


FIGURA 3.



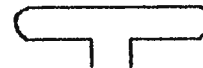
2. Realizar los pasos 2,3 y 4 del procedimiento anterior.

### 5.0 CUESTIONARIO.

1. Con una longitud de onda de 61cm calcular la longitud eléctrica del dipolo plegado.
2. Calcula la distancia "e" para una longitud de onda de 64 cm.
3. ¿ Porqué no es necesario aislar el mástil de sujeción al dipolo?

### 6.0 BIBLIOGRAFIA.

- Belotserkovski, **FUNDAMENTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. Marcombo 1983.
- Lon Cantor, **COMO SELECCIONAR E INSTALAR ANTENAS.**  
Primera edición; México. CECSA, 1991.
- Noll E. M, **PROYECTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.
- García Domínguez Armando, **CALCULO DE ANTENAS.**  
Primera edición; México. Alfa - Omega, 1995.
- Mileaf Harry, **ELECTRONICA SIETE: CIRCUITOS AUXILIARES.**  
Primera edición; México. Limusa, 1990.
- Miller Chas E., **RADIOTRANCEPTORES.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.



## 7.0 RESULTADOS.

### 7.1 GRÁFICA DEL LÓBULO DE RADIACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL.

**TABLA 1.**

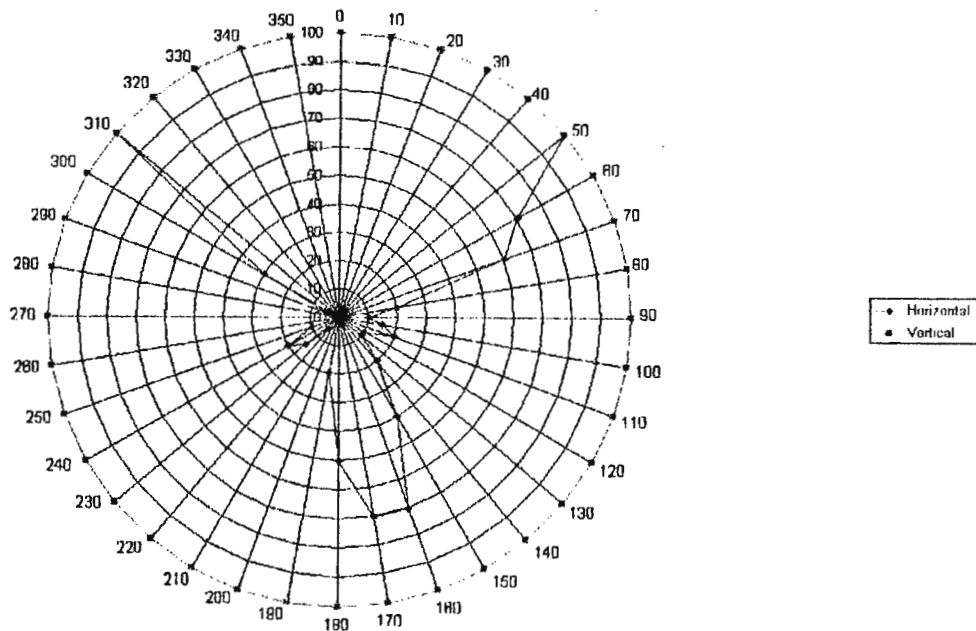
| ÁNGULO (grados) | Dipolo plegado horizontal<br>(W) | Dipolo plegado vertical<br>(W) |
|-----------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 0               | 100                              | 100                            |
| 10              | 100                              | 100                            |
| 20              | 100                              | 100                            |
| 30              | 100                              | 100                            |
| 40              | 100                              | 100                            |
| 50              | 100                              | 100                            |
| 60              | 70                               | 100                            |
| 70              | 60                               | 100                            |
| 80              | 20                               | 100                            |
| 90              | 10                               | 100                            |
| 100             | 15                               | 100                            |
| 110             | 20                               | 100                            |
| 120             | 10                               | 100                            |
| 130             | 10                               | 100                            |
| 140             | 20                               | 100                            |
| 150             | 40                               | 100                            |
| 160             | 70                               | 100                            |
| 170             | 70                               | 100                            |
| 180             | 50                               | 100                            |
| 190             | 20                               | 100                            |
| 200             | 0                                | 100                            |
| 210             | 0                                | 100                            |
| 220             | 5                                | 100                            |
| 230             | 15                               | 100                            |
| 240             | 20                               | 100                            |
| 250             | 10                               | 100                            |
| 260             | 0                                | 100                            |
| 270             | 0                                | 100                            |
| 280             | 0                                | 100                            |
| 290             | 5                                | 100                            |
| 300             | 30                               | 100                            |
| 310             | 100                              | 100                            |
| 320             | 100                              | 100                            |
| 330             | 100                              | 100                            |
| 340             | 100                              | 100                            |
| 350             | 100                              | 100                            |



Potencia del transmisor: 0.5 (W)

Distancia entre transmisor y receptor: 3.3 (m)

LOBULO DE RADIACION VERTICAL Y HORIZONTAL.



## 7.2 CUESTIONARIO.

1. Con una longitud de onda de 61cm calcular la longitud eléctrica del dipolo plegado.

R/

$$L = \lambda / 2$$

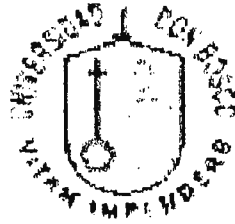
$$L = 61 / 2 = 30.5 \text{ cm.}$$

2. Calcula la distancia e para una longitud de onda de 64 cm.

R/

$$e < \lambda / 32$$

$$e = 64 / 32 = 2 \text{ cm}$$



Guía No. : 6

Especialidad : Electrónica Facultad: Estudios Tecnológicos.

Materia : Sistemas de Comunicaciones 1.

Título : Antena plano-tierra (parte 1).

Lugar de ejecución : Edif. Electrónica laboratorio de telecomunicaciones.

Tiempo de ejecución : 2 horas Fecha: \_\_\_\_\_

**1.0 OBJETIVOS**

Para la antena plano tierra:

- Medir la distribución de voltaje y de corriente
- Determinar el factor de reflexión.
- Calcular la potencia reflejada.
- Calcular la relación de onda estacionaria.
- Determinar la potencia de radiación.



## 2.0 INTRODUCCIÓN.

Las antenas verticales son igualmente dipolos poco polarizados verticalmente, es decir están formadas por dos hilos, uno vertical sobre el terreno y el otro lo constituye la imagen vertical en la propia tierra. Efectivamente al tratar el ángulo de radiación de un dipolo ya se dijo que la tierra reflejaba una onda, opuesta en fase, cuyo origen podía considerarse procedente de un punto bajo la superficie del terreno a una profundidad igual a la altura de la antena; es decir se genera una imagen virtual. Como consecuencia de este hecho, bastará con disponer una sola rama del dipolo en posición vertical para que la imagen virtual que proporciona la tierra nos dé el dipolo completo.

Lógicamente para que ello sea posible es necesario que la tierra sea buena conductora, pues en caso contrario la imagen virtual no será correcta. Así pues, si la tierra es húmeda y buena conductora no habrá problemas alguno con este tipo de antena, pero si ello no fuese así, es posible la realización de un plano de tierra artificial, el cual puede realizarse enterrando una serie de varillas radiales cuyo centro estará dispuesto justo debajo de la vertical de la antena, como se muestra en la figura 1.

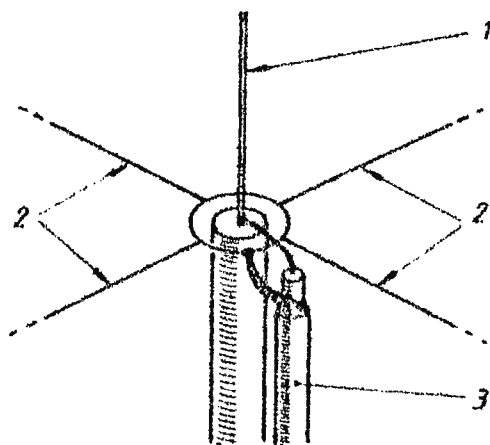


FIGURA 1.  
ANTENA PLANO TIERRA. (1) ELEMENTO RADIANTE.  
(2) RADIALES. (3) MASTIL.



Una particularidad de este tipo de antena es que no es necesario que los radiales queden enterrados en tierra, sino que pueden ser independientes del terreno, situados debajo de la antena a cualquier altura. Esta disposición recibe el nombre de Plano-tierra (Ground-plane).

Es de destacar que para que este tipo de antena sea efectivo deberá disponerse de un mínimo de tres radiales.

La longitud de una antena depende, a igual que en el caso de los dipolos, de la frecuencia de emisión, siendo su fórmula de cálculo:

$$L = 71.3 / f$$

En donde L viene dado en metros y f en MHz.

En lo que respecta a la longitud de los radiales, estos han de ser un 5% más largos que la del elemento radiante. Así, supongamos que se desea construir una antena Ground-plane para emitir en la frecuencia de 27 MHz. En este caso la longitud de elemento radiante será:

$$L = 71.3 / 27 \text{ MHz} = 2.64 \text{ m}$$

Y el de cada uno de los elementos radiales utilizados (mínimo tres):

$$2.64 + ((5 \times 2.64) / 100) = 2.77 \text{ m}$$

Las antenas verticales son autoportantes, es decir que la parte radiante se sujeta solo soportada por la base.

Se construyen normalmente con tubo de acero, de ser posible con dos o más trozos telescópicos para permitir el ajuste de su longitud.

En la base de la parte radiante se dispone una pieza de material aislante que la aísla del mástil que la soportará, y que se sujeta a este último mediante bridas.

Los radiales se conectarán a un anillo metálico que rodea al mástil. La línea de transmisión se conectará: por un lado al elemento radiante y por otro al anillo de conexión de los radiales. El montaje de una antena vertical con radiales, de acuerdo con lo expuesto anteriormente se muestra en la figura 2.



La impedancia de una antena vertical es la mitad de la de un dipolo simple, es decir  $36.5\Omega$ , ya que solo tiene una rama. Como consecuencia, y dado que no se fabrican cables de antena de esta impedancia, deberá adaptarse un acople de impedancia.

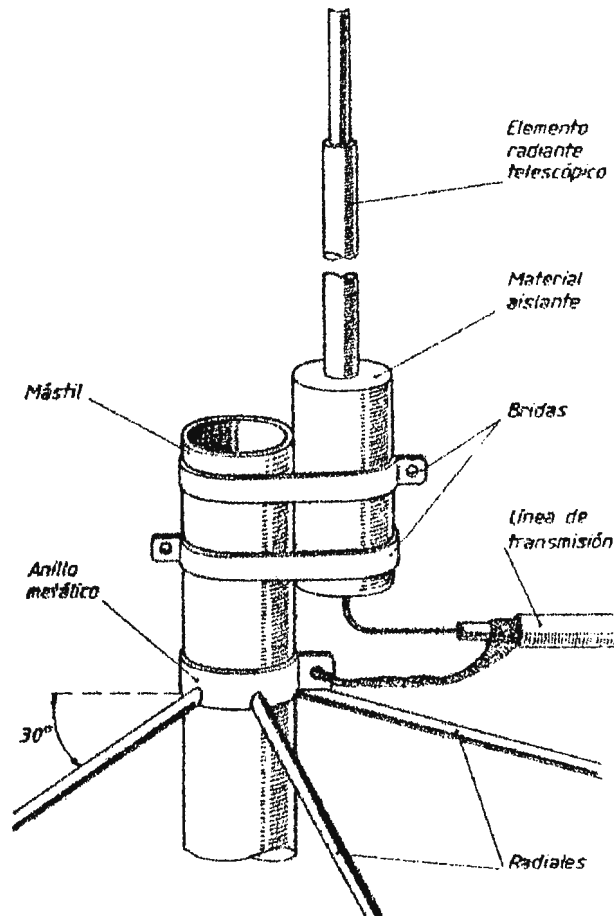


FIGURA 2.  
INCLINADO 30° LOS RADIALES DE UNA ANTENA VERTICAL , SU  
IMPEDANCIA AUMENTA A UNOS 50 $\Omega$ .



### 3.0 MATERIALES/EQUIPO.

| <i>Cantidad</i> | <i>Materiales o Equipos</i>  |
|-----------------|--|
| 1               | Probador de mano para la medida de la distribución de voltaje (SO4100-3E LN)   |
| 1               | Probador de mano para la medida de la distribución de corriente (SO4100-3D LN) |
| 1               | Transmisor de UHF (SO4100-1.A LN)  |
| 1               | Conector coaxial de 50Ω  |
| 1               | Antena plano tierra (SO4100-2C LN)   |

### 4.0 PROCEDIMIENTO.

#### 4.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REFLEXIÓN, POTENCIA REFLEJADA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA.

1. Conecte la antena plano tierra (SO4100-2C) al transmisor de UHF (SO4100-1.A) por medio de un conector coaxial de 50Ω, la forma de realizar esta conexión se muestra en la figura 3.

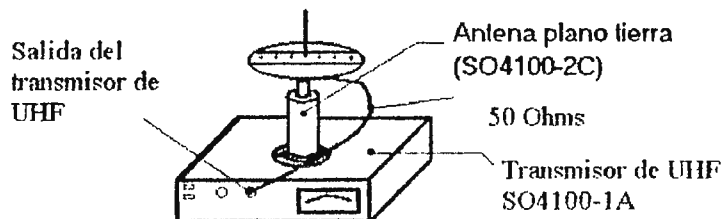


FIGURA 3.



2. Fije la potencia del transmisor de UHF a 0.5 W, por medio del control ( $P_{OUT}$ ).
3. Colocar el selector  $U_F/U_R$  en  $U_F$ , ajustar la sensibilidad para obtener un 100% en la tercera escala ( $U_F[\%]$ ). Colocar ahora el selector  $U_F/U_R$  en  $U_R$  y leer el porcentaje de voltaje reflejado directamente del medidor del transmisor, utilizando la tercera escala ( $U_F [\%]$ ).

$$U_F = \underline{\hspace{2cm}} (\%) \quad U_R = \underline{\hspace{2cm}} (\%)$$

4. Determinar el factor de reflexión por medio de la siguiente formula:

$$T = U_R / U_F$$

$$T(\text{calculado}) = U_R / U_F = \underline{\hspace{2cm}}$$

5. Calcular la potencia reflejada por medio de la siguiente formula:

$$P_R = T^2 \cdot P_{OUT} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Watt.}$$

6. Calcular la potencia radiada por la antena por medio de la formula:

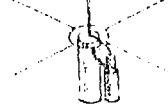
$$P_T = P_{OUT} - P_R = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Watt.}$$

7. Calcular la razón de onda estacionaria por medio de la siguiente ecuación matemática:

$$SWR(\text{calculado}) = (1+T) / (1-T) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Leer directamente del medidor el SWR , colocando el interruptor SWR/ $P_{OUT}$  en  $P_{OUT}$  , y tomando el valor de la segunda escala del medidor (SWR( $U_F$ )).

$$SWR(\text{medido}) = \underline{\hspace{2cm}}$$



## 4.2 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE.

8. Fije la potencia de salida del transmisor a 0.5 W.
9. Mueva el probador de voltaje a lo largo de la antena a una distancia de aproximadamente 1cm como se muestra en la figura 4.

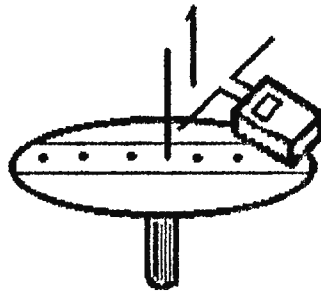


FIGURA 4.  
MEDIDA DE LA DISTRIBUCION DE VOLTAJE.

10. Grafique en la figura 5. la distribución de voltaje desde 0 hasta media longitud de onda, es decir desplace el probador desde el comienzo de la antena hasta el final de la misma.

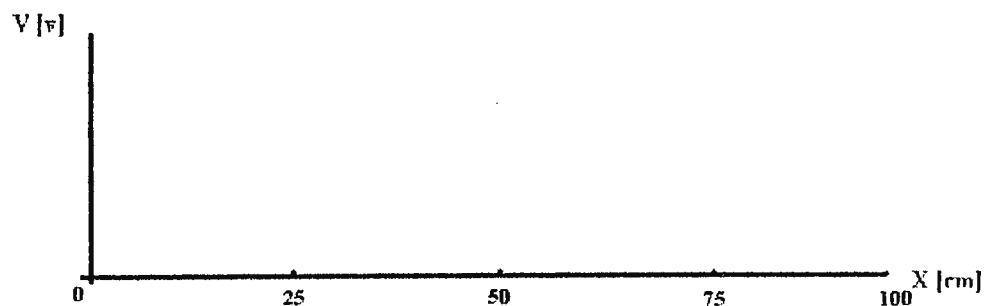
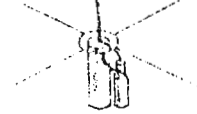


FIGURA 5.



11. Reduzca la potencia del transmisor a 0.1w, mueva el probador de mano para la distribución de corriente a lo largo de la antena, grafique la forma de onda obtenida en la figura 5., de manera que se observe la gráfica de voltaje y de corriente en forma simultánea. (ver figura 6.)

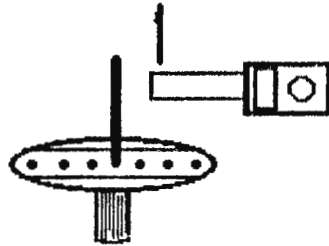


FIGURA 6.  
MEDIDA DE LA DISTRIBUCION DE  
CORRIENTE.

## 5.0 CUESTIONARIO.

1. ¿Cuál es la característica principal de una antena plano tierra?
2. ¿Dónde se encuentra el flujo máximo de corriente de la antena plano tierra?

## 6.0 BIBLIOGRAFIA.

- Belotserkovski, **FUNDAMENTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. Marcombo 1983.
- Lon Cantor, **COMO SELECCIONAR E INSTALAR ANTENAS.**  
Primera edición; México. CECSA, 1991.
- García Domínguez Armando, **CALCULO DE ANTENAS.**  
Primera edición; México. Alfa - Omega, 1995.



- 
- Mileaf Harry, **ELECTRONICA SIETE: CIRCUITOS AUXILIARES.**  
Primera edición; México. Limusa, 1990.
  - Miller Chas E., **RADIOTRANCEPTORES.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.



## 7.0 RESULTADOS.

### 7.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REFLEXIÓN, POTENCIA REFLEJADA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA.

$$U_F = \underline{100 \%} \quad U_R = \underline{55 \%}$$

$$T(\text{calculado}) = U_R / U_F = \underline{55 / 100 = 0.55}$$

$$P_R = T^2 \cdot P_{OUT} = \underline{(0.55)^2 \times (0.5) = 0.15125 \text{ mWatt.}}$$

$$P_T = P_{OUT} - P_R = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{0.5 - 0.15125 = 0.34875 \text{ Watt.}}$$

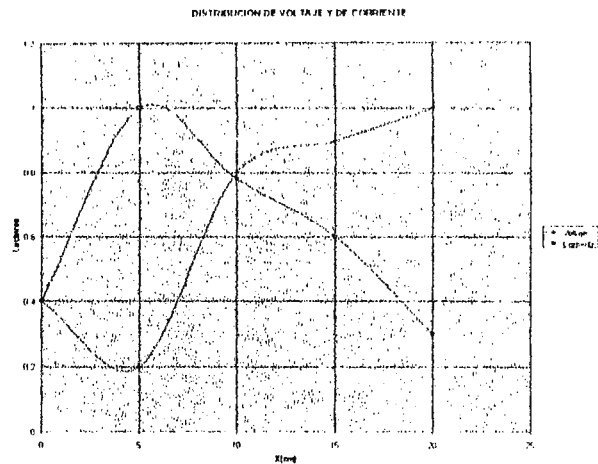
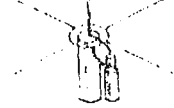
$$P_T = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{0.5 \times (1 - 0.55^2) = 0.34875 \text{ Watt.}}$$

$$SWR(\text{calculado}) = (1+T) / (1-T) = \underline{(1 + 0.55) / (1 - 0.55) = 3.44}$$

$$SWR(\text{medido}) = \underline{3.5}$$

### 7.2 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE.

| X (cm) | Lectura de Voltaje | Lectura de Corriente |
|--------|--------------------|----------------------|
| 0      | 0.4                | 0.4                  |
| 5      | 0.2                | 1                    |
| 10     | 0.8                | 0.78                 |
| 15     | 0.9                | 0.6                  |
| 20     | 1                  | 0.3                  |



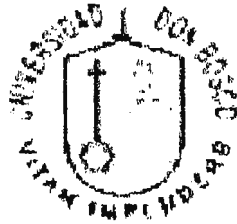
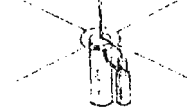
### 7.3 CUESTIONARIO.

1. ¿Cuales son las características principales de una antena plano tierra?

R/ La característica principal es que se encuentra montada verticalmente con el extremo inferior a tierra o un plano de tierra artificial y que su longitud es de un cuarto de la longitud de onda.

2. ¿Dónde se encuentra el flujo máximo de corriente de la antena plano tierra?

R/ La corriente máxima ocurre en los extremos aterrizados .



Guía No. : 7

Especialidad : Electrónica Facultad: Estudios Tecnológicos.

Materia : Sistemas de Comunicaciones 1.

Título : Antena Plano tierra (parte 2).

Lugar de ejecución : Edif. Electrónica laboratorio de telecomunicaciones.

Tiempo de ejecución : 2 horas Fecha: \_\_\_\_\_

## 1.0 OBJETIVOS

Para la antena plano tierra:

- Graficar el lóbulo de radiación o patrón de radiación vertical.
- Graficar el lóbulo de radiación horizontal.

## 2.0 INTRODUCCIÓN.

La antena plano tierra es de tipo omnidireccional es decir que captan emisiones procedentes de cualquier dirección del espacio que la rodea, sus elementos parásitos forman un plano tierra artificial. Es por ello que la longitud del elemento activo es de un cuarto de longitud de onda ya que el otro cuarto de la longitud (para completar media longitud de onda) se refleja en el plano artificial de tierra.



### 3.0 MATERIALES/EQUIPO.

| <i>Cantidad</i> | <i>Descripción.</i>                      |
|-----------------|--|
| 1               | Transmisor de UHF<br>(SO4100-1.A LN)     |
| 2               | Conector coaxial de 50Ω                  |
| 1               | Antena de Plano tierra<br>(SO4100-2C LN) |
| 1               | Receptor de UHF<br>(SO4100-3.A LN)       |
| 1               | Antena Yagi (SO4100-2F LN)               |

### 4.0 PROCEDIMIENTO.

#### 4.1 GRÁFICA DEL LÓBULO DE RADIACIÓN HORIZONTAL PARA LA ANTENA PLANO TIERRA.

1. Conectar la antena Yagi (SO4100-2F) al transmisor de UHF (SO4100-1.A), y conectar la antena Plano tierra (SO4100-2C) al receptor de UHF (SO4100-3.A), colocar los equipos como se muestra en la figura 1.

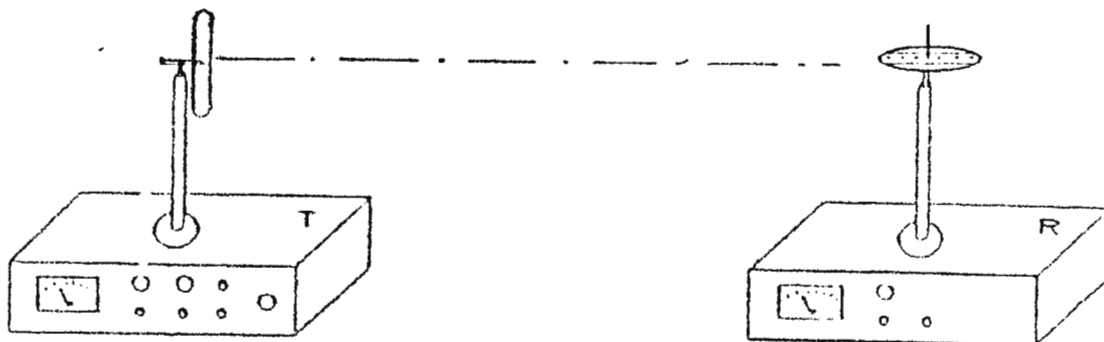


FIGURA 1.



2. Ajuste la potencia del transmisor a 0.5 W, colocando el receptor lo mas alineado posible con el transmisor, a una distancia de 3.3 m (el equivalente a 11 ladrillos de 30 cm cada uno) ajustando en los cero grados la máxima potencia (100%) con la perilla de SENS del receptor.
3. Rote la antena receptora (antena de dos elementos) de 0 a 350° , en pasos de 10°, en sentido de las agujas del reloj, anote los valores obtenidos en la tabla 1.(Se presenta en los anexos).
4. Con los datos de la tabla 1, se puede obtener la forma del lóbulo de radiación horizontal, graficándolo sobre una hoja de papel polar.(Se presenta en los anexos).

#### 5.0 CUESTIONARIO.

1. ¿Porqué la dimensión del elemento activo de la antena plano tierra es de un cuarto de la longitud de onda?
2. ¿Cuál es la diferencia entre la antena dipolo simple y plano tierra?

#### 6.0 BIBLIOGRAFIA.

- Belotserkovski, **FUNDAMENTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. Marcombo 1983.
- Lon Cantor, **COMO SELECCIONAR E INSTALAR ANTENAS.**  
Primera edición; México. CECSA, 1991.
- Noll E. M, **PROYECTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.
- García Domínguez Armando, **CALCULO DE ANTENAS.**  
Primera edición; México. Alfa - Omega, 1995.
- Mileaf Harry, **ELECTRONICA SIETE: CIRCUITOS AUXILIARES.**



---

Primera edición; México. Limusa, 1990.

- Miller Chas E., **RADIOTRANCEPTORES.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.



## 7.0 RESULTADOS.

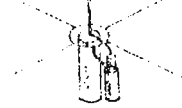
### 7.1 LÓBULO DE RADIACIÓN VERTICAL.

**TABLA 1.**

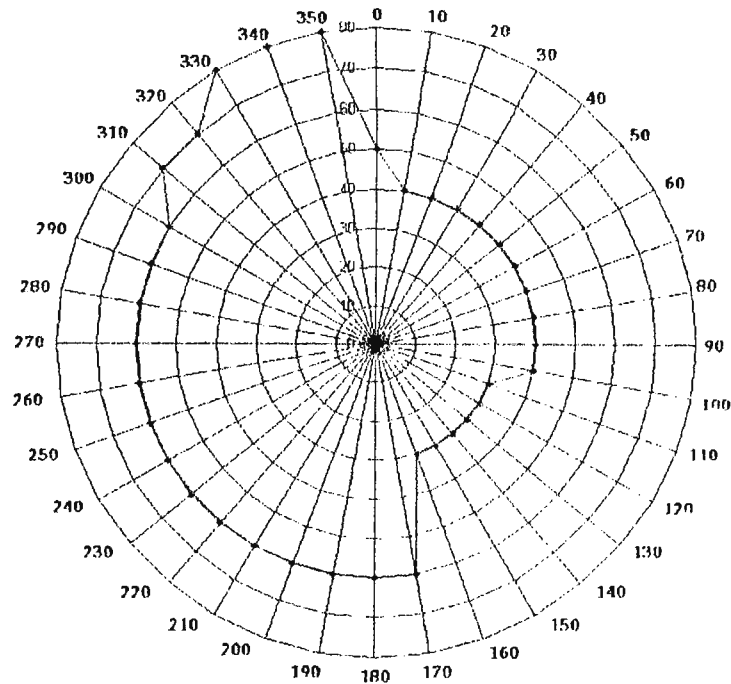
| GRADOS | POTENCIA EN PLANO TIERRA HORIZONTAL (w) |
|--------|---|
| 0      | 50                                      |
| 10     | 40                                      |
| 20     | 40                                      |
| 30     | 40                                      |
| 40     | 40                                      |
| 50     | 40                                      |
| 60     | 40                                      |
| 70     | 40                                      |
| 80     | 40                                      |
| 90     | 40                                      |
| 100    | 40                                      |
| 110    | 30                                      |
| 120    | 30                                      |
| 130    | 30                                      |
| 140    | 30                                      |
| 150    | 30                                      |
| 160    | 30                                      |
| 170    | 60                                      |
| 180    | 60                                      |
| 190    | 60                                      |
| 200    | 60                                      |
| 210    | 60                                      |
| 220    | 60                                      |
| 230    | 60                                      |
| 240    | 60                                      |
| 250    | 60                                      |
| 260    | 60                                      |
| 270    | 60                                      |
| 280    | 60                                      |
| 290    | 60                                      |
| 300    | 60                                      |
| 310    | 70                                      |
| 320    | 70                                      |
| 330    | 80                                      |
| 340    | 80                                      |
| 350    | 80                                      |

Potencia del transmisor: 0.5 (W)

Distancia entre transmisor y receptor: 3.3 (m)



LOBULO DE RADIACION VERTICAL.



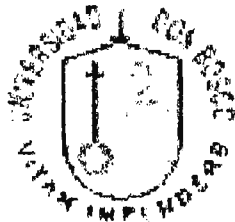
## 7.2 CUESTIONARIO.

1. ¿Porque la dimensión del elemento activo de la antena plano tierra es de un cuarto de la longitud de onda?

R/ La dimensión del elemento activo de la antena plano tierra es de un cuarto de la longitud de onda ya que el plano artificial refleja el otro cuarto de longitud formando así la antena de media longitud de onda.

2. ¿Cuál es la diferencia entre la antena dipolo simple y plano tierra?

R/ La diferencia entre la antena dipolo simple y la plano tierra es simplemente física, ya que la primera tiene dimensión de media longitud de onda y la segunda físicamente solo un cuarto de la longitud de onda, que por medio del plano artificial de tierra se completa a media longitud de onda.



Guía No. : 8

Especialidad : Electrónica Facultad: Estudios Tecnológicos.

Materia : Sistemas de Comunicaciones 1.

Título : Antena de dos elementos (parte 1).

Lugar de ejecución : Edif. Electrónica laboratorio de telecomunicaciones.

Tiempo de ejecución : 2 horas. Fecha: \_\_\_\_\_

**1.0 OBJETIVOS**

Para la antena dipolo doble o de dos elementos:

- Medir la distribución de voltaje y de corriente
- Determinar el factor de reflexión.
- Calcular la potencia reflejada.
- Calcular la relación de onda estacionaria.
- Determinar la potencia de radiación.



## 2.0 INTRODUCCIÓN.

La antena de dos elementos, también llamada antena doble, es una antena que está formada como su nombre lo indica por dos elementos; es decir está formada por dos dipolos simples rectos, los cuales tienen diferente longitud.

Esta antena tiene las características de poseer dos elementos activos, para diferentes frecuencias, es decir, cuando funciona el de alta frecuencia (el más pequeño) el otro dipolo sirve como elemento reflector, y cuando funciona el de menor frecuencia (el más grande) el otro sirve como elemento director.

La forma física de esta antena la podemos ver en la figura 1.

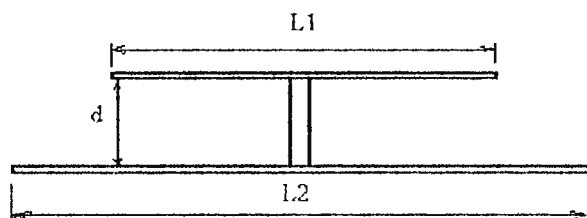


FIGURA 1.  
ANTENA DE DOS ELEMENTOS O DIPOLO DOBLE.

Para la antena de dos elementos o dipolo doble, se tratará de graficar su lóbulo de radiación o patrón de radiación; un patrón de radiación es un diagrama que representa las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena.

Si el patrón de radiación se traza en términos de la intensidad del campo eléctrico, o de la densidad de potencia, se llama patrón de radiación absoluto.

Si se traza la intensidad del campo o la densidad de potencia con relación al valor en un punto de referencia, se llama patrón de radiación relativo.



### 3.0 MATERIALES/EQUIPO.

| <i>Cantidad</i> | <i>Descripción.</i>  |
|-----------------|--|
| 1               | Probador de mano para la medida de la distribución de voltaje (SO4100-3E LN)   |
| 1               | Probador de mano para la medida de la distribución de corriente (SO4100-3D LN) |
| 1               | Transmisor de UHF (SO4100-1.A LN)  |
| 2               | Conector coaxial de $50\Omega$   |
| 1               | Antena de dos elementos (SO4100-2F LN)   |

### 4.0 PROCEDIMIENTO.

#### 4.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REFLEXIÓN, POTENCIA REFLEJADA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA.

1-Conecte el dipolo doble o antena de dos elementos (SO4100-2F) al transmisor de UHF (SO4100-1.A) por medio de un conector coaxial de  $50\Omega$ , la forma de realizar esta conexión se muestra en la figura 2.

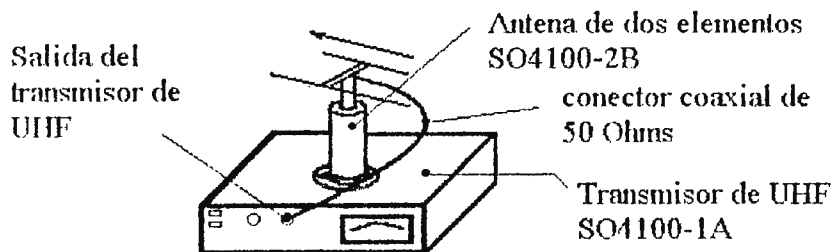


FIGURA 2.



2-Fije la potencia del transmisor de UHF a 0.5 W, por medio del control ( $P_{OUT}$ ). El medidor indica la potencia de salida cuando el selector SWR/ $P_{OUT}$  esta en  $P_{OUT}$ .

3-Colocar el selector  $U_F/U_R$  en  $U_F$ , ajustar la sensibilidad para obtener un 100% en la tercera escala ( $U_F$ [%]). Colocar ahora el selector  $U_F/U_R$  en  $U_R$  y leer el porcentaje de voltaje reflejado directamente del medidor del transmisor, utilizando la tercera escala ( $U_F$  [%]).

$$U_F = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (%) } U_R = \underline{\hspace{2cm}} \text{ (%)}$$

4-Determinar el factor de reflexión por medio de la siguiente fórmula:

$$T = U_R / U_F$$

$$T(\text{calculado}) = U_R / U_F = \underline{\hspace{2cm}}$$

5-Calcular la potencia reflejada por medio de la siguiente fórmula:

$$P_R = T^2 \cdot P_{OUT} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Watt.}$$

6-Calcular la potencia radiada por la antena por medio de la fórmula:

$$P_T = P_{OUT} - P_R = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Watt.}$$

7-Calcular la razón de onda estacionaria por medio de la siguiente ecuación matemática:

$$SWR(\text{calculado}) = (1+T) / (1-T) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Leer directamente del medidor el SWR , colocando el interruptor SWR/ $P_{OUT}$  en  $P_{OUT}$  , y tomando el valor de la segunda escala del medidor ( $SWR(U_F)$ ).



SWR(medido) = \_\_\_\_\_

**4.2 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE.**

8-Fije la potencia de salida del transmisor a 0.5 W.

9-Mueva el probador de voltaje a lo largo de la antena a una distancia de aproximadamente 1cm como se muestra en la figura 3.

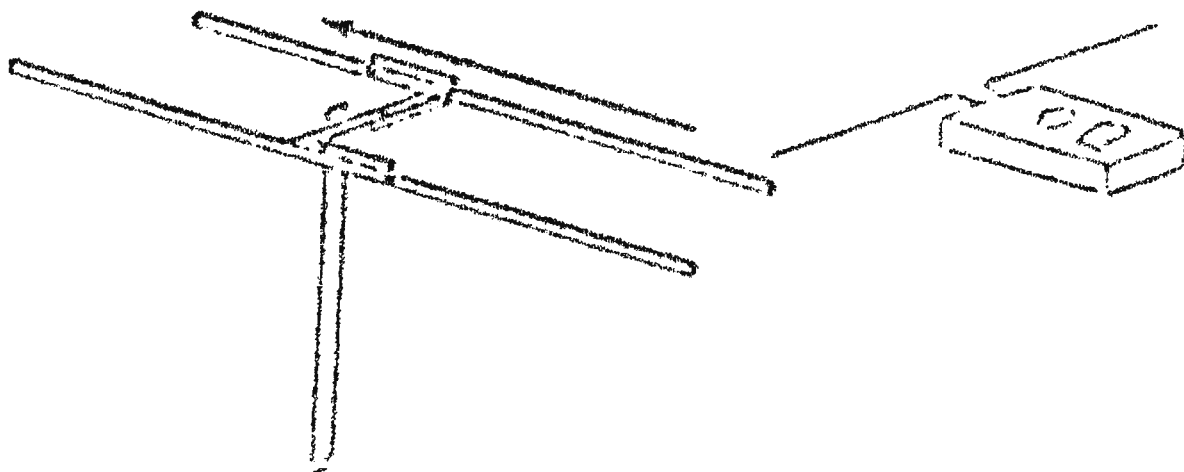


FIGURA 3.  
MEDICIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE.

10-Grafique en la figura 4. la distribución de voltaje desde 0 hasta media longitud de onda, es decir desplace el probador desde el comienzo de la antena hasta el final de la misma.

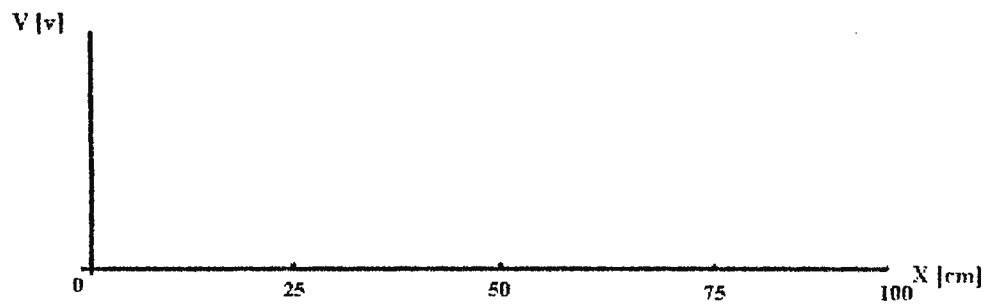


FIGURA 4.

11-Reduzca la potencia del transmisor a 0.1w, mueva el probador de mano para la distribución de corriente a lo largo de la antena, grafique la forma de onda obtenida en la figura 4. de manera que se observe la gráfica de voltaje y de corriente en forma simultánea. (ver figura 5.)

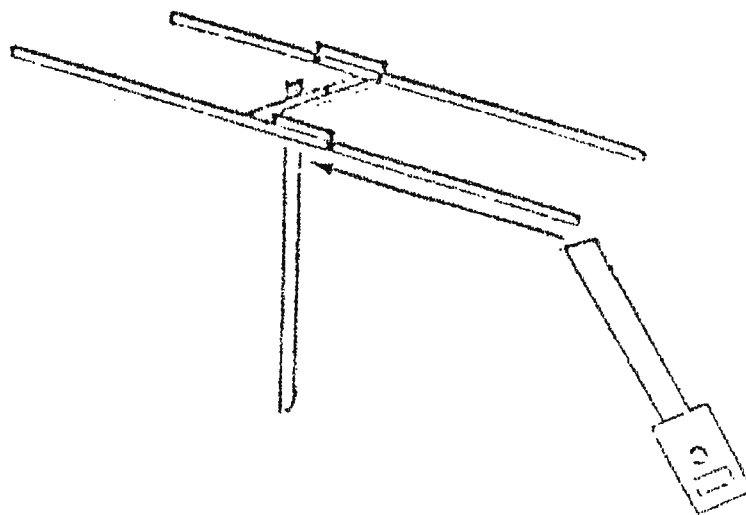


FIGURA 5.  
MEDIDA DE LA DISTRIBUCION DE CORRIENTE.



### 5.0 CUESTIONARIO.

1. Explique la diferencia entre polarización horizontal y la polarización vertical.
2. ¿Cuál es la diferencia entre potencia radiada y potencia reflejada?

### 6.0 BIBLIOGRAFIA.

- Belotserkovski, **FUNDAMENTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. Marcombo 1983.
- Lon Cantor, **COMO SELECCIONAR E INSTALAR ANTENAS.**  
Primera edición; México. CECSA, 1991.
- Noll E. M, **PROYECTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.
- García Domínguez Armando, **CALCULO DE ANTENAS.**  
Primera edición; México. Alfa - Omega, 1995.
- Mileaf Harry, **ELECTRONICA SIETE: CIRCUITOS AUXILIARES.**  
Primera edición; México. Limusa, 1990.
- Miller Chas E., **RADIOTRANCEPTORES.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.



## 7.0 RESULTADOS.

### 7.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REFLEXIÓN, POTENCIA REFLEJADA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA.

$$U_F = \underline{100 \%} \quad U_R = \underline{10 \%}$$

$$T(\text{calculado}) = U_R / U_F = \underline{10 / 100 = 0.1}$$

$$P_R = T^2 \cdot P_{OUT} = \underline{(0.1)^2 \times (0.5) = 5 \text{ mWatt.}}$$

$$P_T = P_{OUT} - P_R = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{0.5 - 0.005 = 0.495 \text{ Watt.}}$$

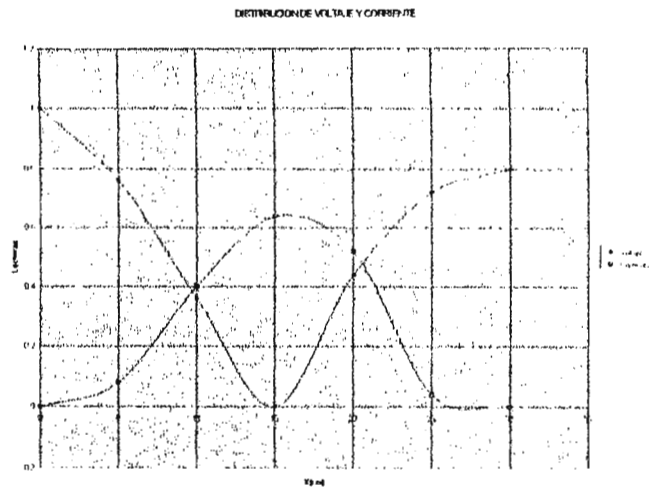
$$P_T = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{0.5 \times (1 - 0.1^2) = 0.495 \text{ Watt.}}$$

$$SWR(\text{calculado}) = (1+T) / (1-T) = \underline{(1 + 0.1) / (1 - 0.1) = 1.22}$$

$$SWR(\text{medido}) = \underline{1.22}$$

### 7.2 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCION DE VOLTAJE Y CORRIENTE.

| X (cm) | Lectura de Voltaje | Lectura de Corriente |
|--------|--------------------|----------------------|
| 0      | 1                  | 0                    |
| 5      | 0.76               | 0.08                 |
| 10     | 0.36               | 0.4                  |
| 15     | 0                  | 0.64                 |
| 20     | 0.44               | 0.52                 |
| 25     | 0.72               | 0.04                 |
| 30     | 0.8                | 0                    |



### 8.0 CUESTIONARIO.

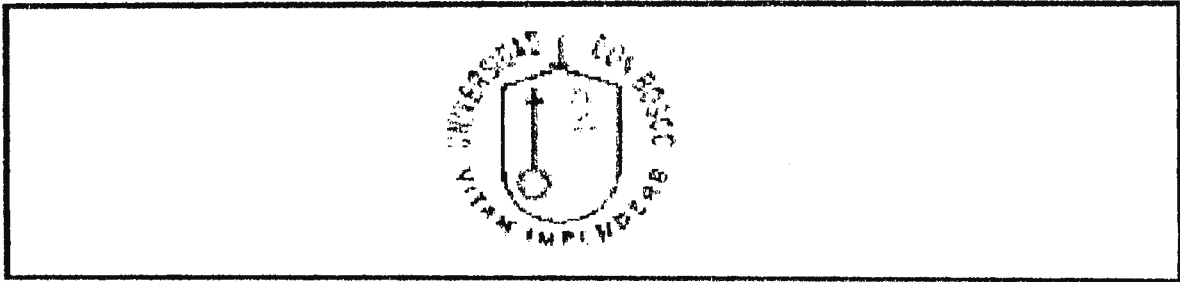
1. Explique la diferencia entre polarización horizontal y la polarización vertical.

R/ Si una antena irradia una onda electromagnética polarizada verticalmente, se dice que esta antena tiene polarización vertical.

Si la antena irradia una onda en forma horizontal se dice que tiene polarización horizontal.

2. ¿Cuál es la diferencia entre potencia radiada y potencia reflejada?

R/ La potencia radiada es la potencia neta del transmisor, es decir es la potencia que se transmite al espacio y la reflejada es aquella potencia que no puede ser radiada por la antena, por lo que se refleja formando ondas estacionarias.



Guía No. : 9

Especialidad : Electrónica Facultad: Estudios Tecnológicos.

Materia : Sistemas de Comunicaciones 1.

Título : Antena de dos elementos (parte 2).

Lugar de ejecución : Edif. Electrónica laboratorio de telecomunicaciones.

Tiempo de ejecución : 2 horas Fecha: \_\_\_\_\_

**1.0 OBJETIVOS**

Para la antena de dos elementos:

- Graficar el lóbulo de radiación o patrón de radiación vertical.
- Graficar el lóbulo de radiación horizontal.

**2.0 INTRODUCCIÓN.**

Una antena puede ser polarizada en forma lineal en forma elíptica o circular. Por lo regular su polarización es lineal esto puede ser horizontal o vertical suponiendo que los elementos se encuentran dentro de un plano horizontal o vertical. Como se muestra en la figura 1.

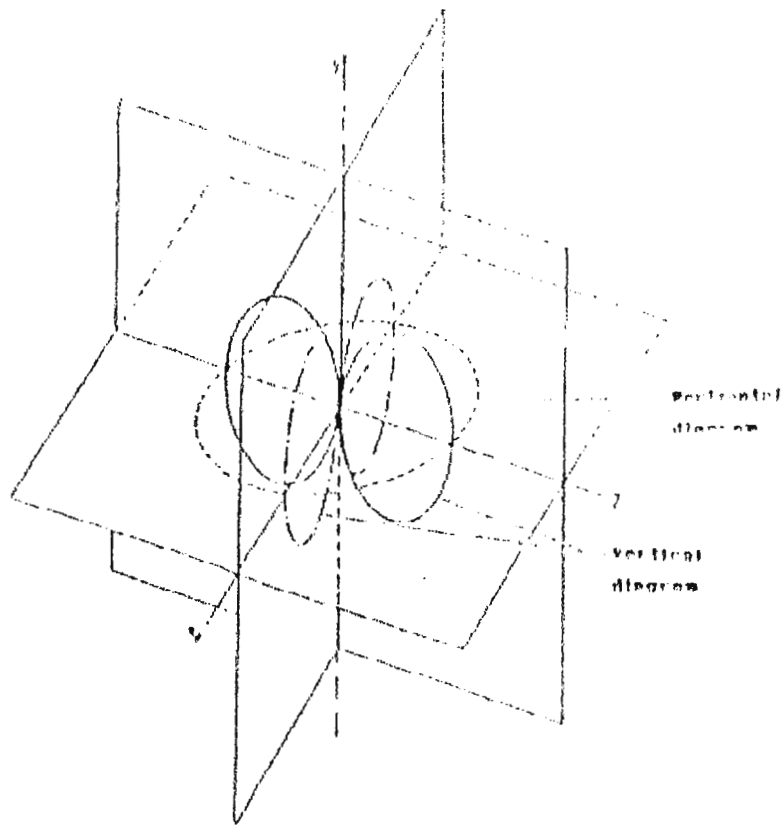


FIGURA 1.  
DIAGRAMA TRIDIMENSIONAL DE UN LOBULO DE RADIACION.

Un patrón de radiación es un diagrama polar o gráfico que representa las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con la antena. (Ver figura 2.)

La estructura física de la antena es de tomar en cuenta en el estudio del lóbulo de radiación en este caso de la antena de dos elementos, es importante la diferencia en dimensiones entre ambos elementos.

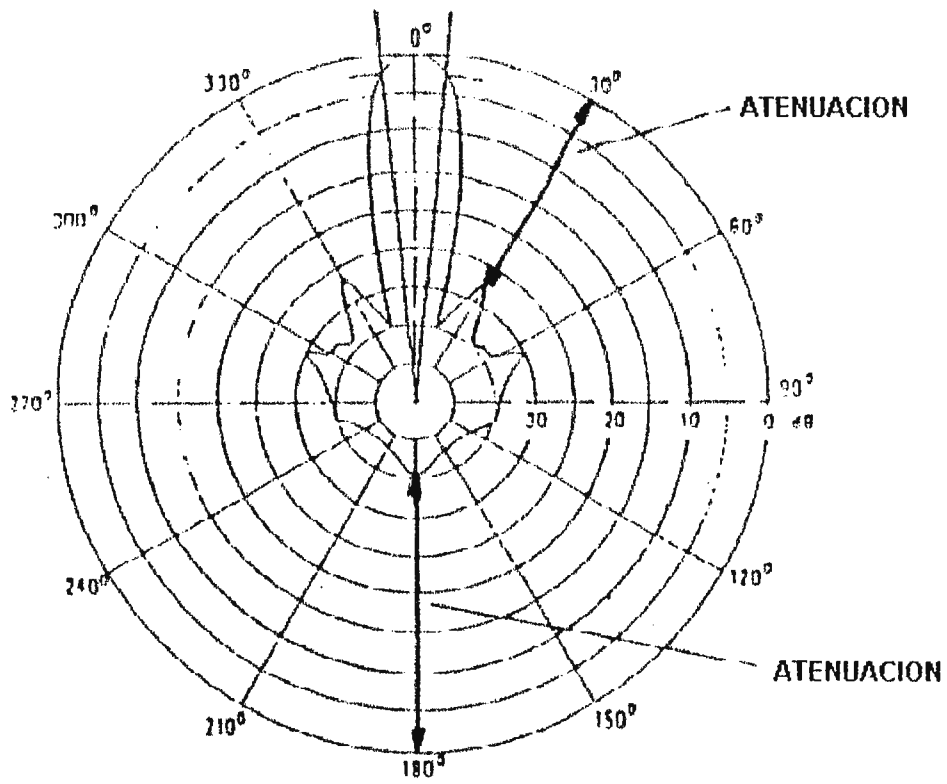


FIGURA 2.  
LOBULO DE RADIACIÓN.

**3.0 MATERIALES/EQUIPO.**

| <i>Cantidad</i> | <i>Descripción.</i>                       |
|-----------------|---|
| 1               | Transmisor de UHF<br>(SO4100-1.A LN)      |
| 2               | Conector coaxial de 50Ω                   |
| 1               | Antena de dos elementos<br>(SO4100-2F LN) |
| 1               | Receptor de UHF<br>(SO4100-3.A LN)        |
| 1               | Antena Yagi (SO4100-2F LN)                |



## 4.0 PROCEDIMIENTO.

### 4.1 GRÁFICA DEL LÓBULO DE RADIACIÓN HORIZONTAL PARA LA ANTENA DE DOS ELEMENTOS.

1. Conectar la antena Yagi (SO4100-2F) al transmisor de UHF (SO4100-1.A), y conectar la antena de dos elementos (SO4100-2B) al receptor de UHF (SO4100-3.A), colocar los equipos como se muestra en la figura 3.

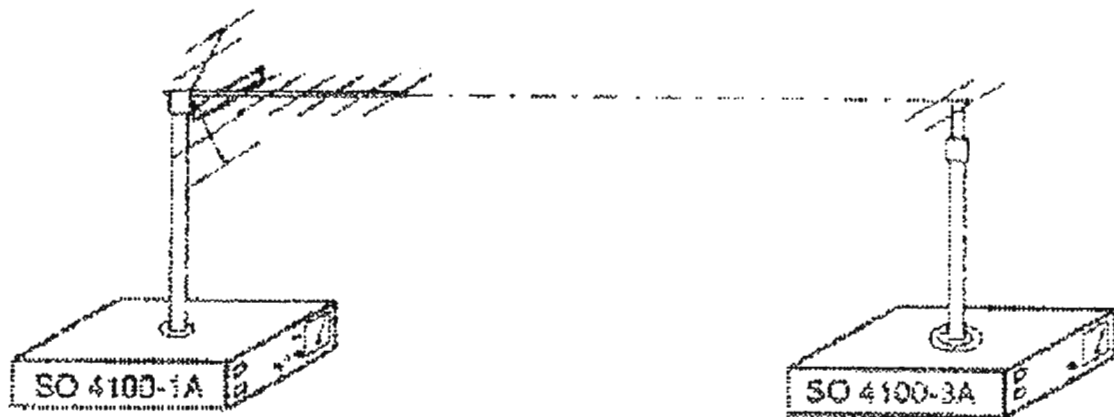


FIGURA 3.

2. Ajuste la potencia del transmisor a 0.5 W, colocando el receptor lo más alineado posible con el transmisor, a una distancia de 3.3 m (el equivalente a 11 ladrillos de 30 cm cada uno) ajustando en los cero grados la máxima potencia (100%) con la perilla de SENS del receptor.
3. Rote la antena receptora (antena de dos elementos) de 0 a 350° , en pasos de 10°, en sentido de las agujas del reloj, anote los valores obtenidos en la tabla 1.(Se muestra en los anexos).



4. Con los datos de la tabla 1, se puede obtener la forma del lóbulo de radiación horizontal, graficandolo sobre una hoja de papel polar. (Se presenta en los anexos).

#### 4.2 GRÁFICA DEL LÓBULO DE RADIACIÓN VERTICAL PARA LA ANTENA DE DOS ELEMENTOS.

1. Colocar en el transmisor la antena Yagi (SO4100-2F), y la antena de dos elementos en el receptor, con la diferencia que serán colocadas en forma vertical, como se muestra en la figura 4.

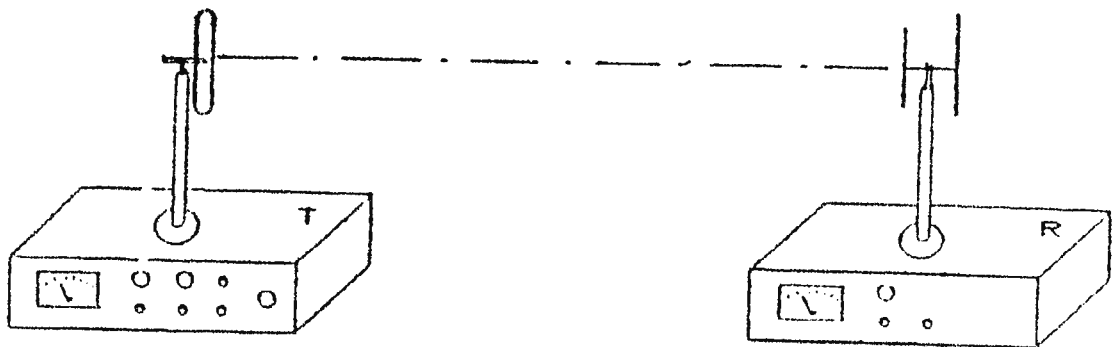


FIGURA 4.

2. Realizar los pasos 2,3 Y4 del procedimiento anterior.

### 5.0 CUESTIONARIO.

1. Investigue las características principales de las antenas.
2. ¿Que entiende por patrón de radiación vertical y por patrón de radiación horizontal?



4. Con los datos de la tabla 1, se puede obtener la forma del lóbulo de radiación horizontal, graficandolo sobre una hoja de papel polar. (Se presenta en los anexos).

#### 4.2 GRÁFICA DEL LÓBULO DE RADIACIÓN VERTICAL PARA LA ANTENA DE DOS ELEMENTOS.

1. Colocar en el transmisor la antena Yagi (SO4100-2F), y la antena de dos elementos en el receptor, con la diferencia que serán colocadas en forma vertical, como se muestra en la figura 4.

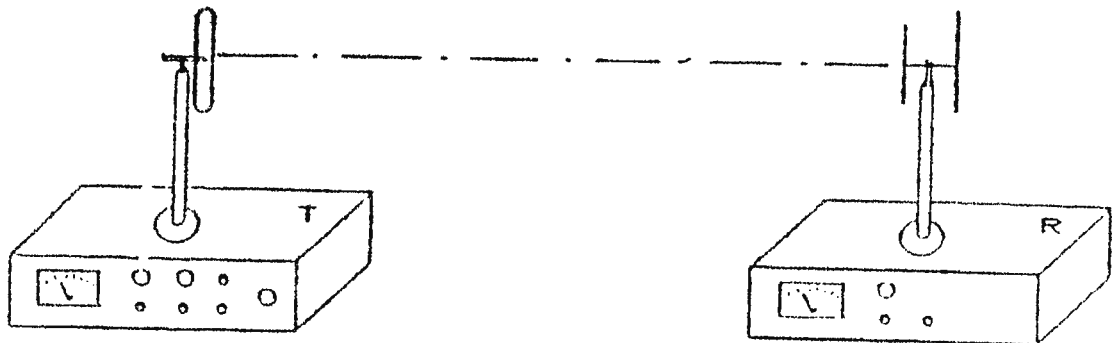


FIGURA 4.

2. Realizar los pasos 2,3 Y4 del procedimiento anterior.

### 5.0 CUESTIONARIO.

1. Investigue las características principales de las antenas.
2. ¿Que entiende por patrón de radiación vertical y por patrón de radiación horizontal?



## 6.0 BIBLIOGRAFIA.

- Belotserkovski, **FUNDAMENTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. Marcombo 1983.
- Lon Cantor, **COMO SELECCIONAR E INSTALAR ANTENAS.**  
Primera edición; México. CECSA, 1991.
- Noll E. M, **PROYECTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.
- García Domínguez Armando, **CALCULO DE ANTENAS.**  
Primera edición; México. Alfa - Omega, 1995.
- Mileaf Harry, **ELECTRONICA SIETE: CIRCUITOS AUXILIARES.**  
Primera edición; México. Limusa, 1990.
- Miller Chas E., **RADIOTRANCEPTORES.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.



## 7.0 RESULTADOS.

### 7.1 DIAGRAMA DE RADIACION VERTICAL Y HORIZONTAL.

**TABLA 1.**

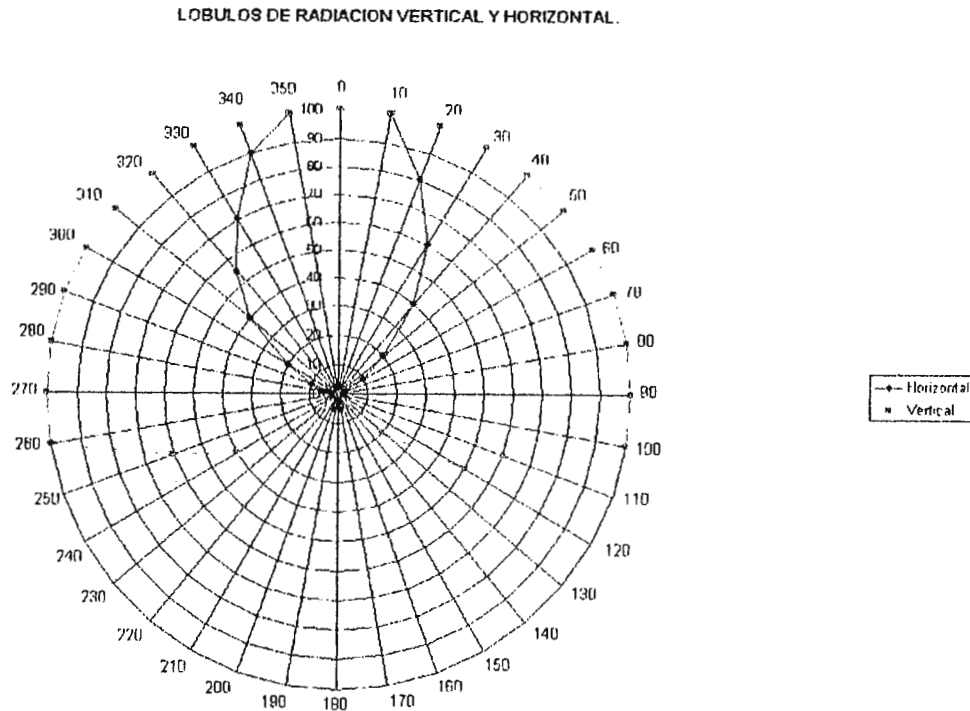
| ANGULO (grados) | 2 Elementos Horizontal(W) | 2 Elementos Vertical (W) |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| 0               | 100                       | 100                      |
| 10              | 100                       | 100                      |
| 20              | 80                        | 100                      |
| 30              | 60                        | 100                      |
| 40              | 40                        | 100                      |
| 50              | 20                        | 100                      |
| 60              | 10                        | 100                      |
| 70              | 0                         | 100                      |
| 80              | 0                         | 100                      |
| 90              | 0                         | 100                      |
| 100             | 0                         | 100                      |
| 110             | 0                         | 60                       |
| 120             | 0                         | 50                       |
| 130             | 0                         | 20                       |
| 140             | 0                         | 5                        |
| 150             | 0                         | 0                        |
| 160             | 0                         | 0                        |
| 170             | 5                         | 0                        |
| 180             | 5                         | 0                        |
| 190             | 5                         | 0                        |
| 200             | 5                         | 0                        |
| 210             | 0                         | 0                        |
| 220             | 0                         | 5                        |
| 230             | 0                         | 20                       |
| 240             | 0                         | 40                       |
| 250             | 0                         | 60                       |
| 260             | 0                         | 100                      |
| 270             | 0                         | 100                      |
| 280             | 5                         | 100                      |
| 290             | 10                        | 100                      |
| 300             | 20                        | 100                      |
| 310             | 40                        | 100                      |
| 320             | 55                        | 100                      |
| 330             | 70                        | 100                      |
| 340             | 90                        | 100                      |
| 350             | 100                       | 100                      |



Potencia del transmisor: 0.5 (W)

Distancia entre transmisor y receptor: 3.3 (m)

El lóbulo de radiación se muestra en la siguiente figura:



**7.2 CUESTIONARIO.**

1. Investigue las características principales de las antenas.

R/

- Ganancia directiva.
- Ganancia de potencia.
- Polarización.
- Ancho del Haz.
- Ancho de Banda.



Guía No. : 10

Especialidad : **Electrónica** Facultad: **Estudios Tecnológicos.**

Materia : **Sistemas de Comunicaciones 1.**

Título : Antena Yagi (parte 1).

Lugar de ejecución : Edif. Electrónica laboratorio de telecomunicaciones.

Tiempo de ejecución : 2 horas Fecha: \_\_\_\_\_

### 1.0 OBJETIVOS

Para la antena Yagi determinar:

- Medir la distribución de voltaje y de corriente
- Determinar el factor de reflexión.
- Calcular la potencia reflejada.
- Calcular la relación de onda estacionaria.
- Determinar la potencia de radiación.



## 2.0 INTRODUCCION.

La antena Yagi es como una antena dipolo simple con la diferencia que contiene elementos parásitos denominados Directores y Reflectores los cuales hacen que aumente la ganancia de la antena en la dirección a la que esta orientada, haciendo a la vez prácticamente nula la recepción de señales fuera de este estrecho ángulo.

Los elementos reflectores remiten la energía que llega a ellos ya que no se encuentran conectados eléctricamente, reforzando así al dipolo. El elemento reflector es algo más largo que el dipolo, esto se hace así con el fin de que la tensión y la corriente tengan la misma fase.

El elemento director es un poco más corto que la longitud del dipolo. Estos elementos parásitos se colocan con el fin de hacer mas directiva la antena en uno de los sentidos y aumentar su ganancia.

En la figura 1. se muestra una antena Yagi con 6 directores y 4 reflectores.

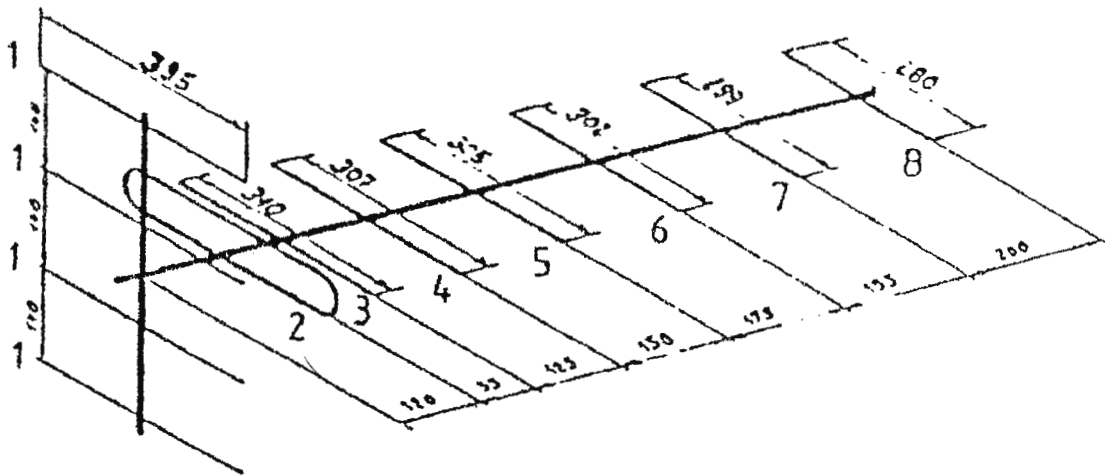


FIGURA 1.



La longitud del reflector será de un 5% mayor que la longitud del dipolo.

Para que en uno de los sentidos se reproduzca la suma de las señales es preciso que las dos señales estén en fase. Lo cual se consigue situando al reflector a una distancia entre  $0.10\lambda$  y  $0.25\lambda$  del dipolo, así en un momento dado poseerá una fase  $\alpha$ , esta onda recorrerá la distancia dipolo -reflector- dipolo y volverá a estar en el punto de situación del dipolo en un tiempo comprendido entre 0.2 y 0.5 longitudes de onda. Es decir con casi la misma fase con respecto a la señal que en ese momento se este radiando por el dipolo.

Al ser de la misma fase, ambas señales se suman incrementando así la intensidad de radiación.

El elemento director ha de poseer una longitud inferior a la del dipolo y su distancia de separación con respecto a este será de  $\lambda/4$  si se desea influir lo menos posible sobre la impedancia de la antena.

La introducción de un elemento parásito modifica la impedancia de la antena, así como la distancia a la que se sitúe de esta. En la figura 2. y 3. se observan las curvas de ganancia y resistencia de radiación de un dipolo dotado de reflectores o directores en función de la separación de estos elementos con respecto al dipolo.

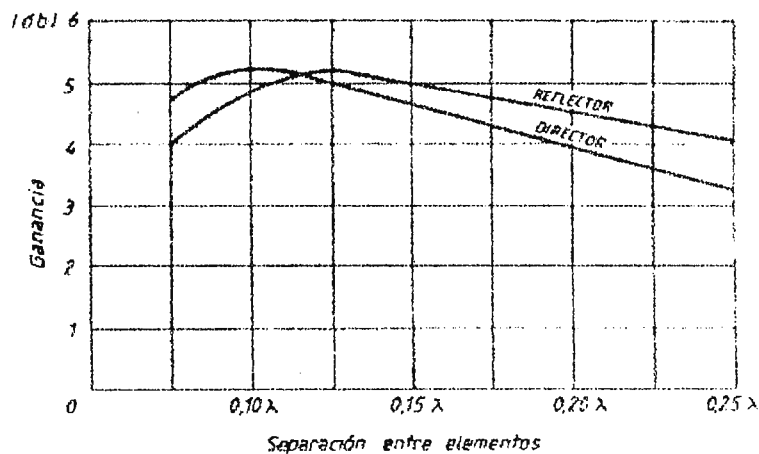


FIGURA 2.

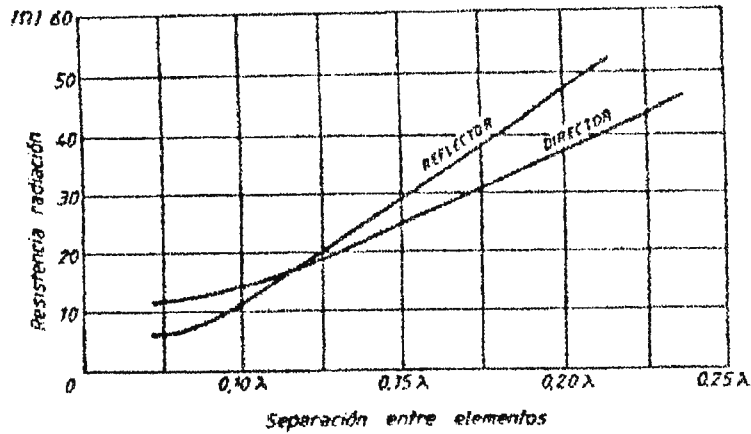
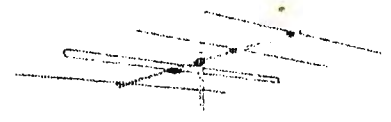


FIGURA 3.

Por ejemplo si se dispone un director a  $0.2\lambda$  del dipolo, la ganancia aumenta a un 4.5 dB pero la resistencia de radiación baja de  $73\Omega$  a unos  $38\Omega$ , lo cual obliga a una adaptación, a una distancia de  $0.1\lambda$ . Se obtiene la máxima ganancia pero a la vez la resistencia de radiación desciende considerablemente a tan solo  $15\Omega$ .

Todo lo expuesto se complica mas si la antena se construye con dos o más elementos parásitos como lo muestra la figura 4.

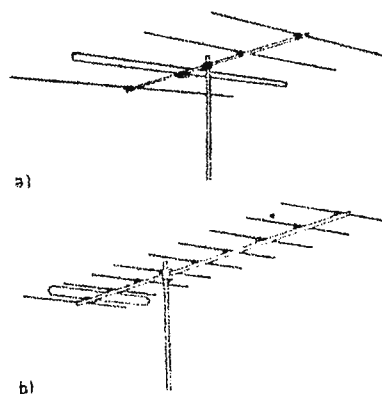


FIGURA 4.



La introducción de mas de un elemento parásito aumenta la ganancia de la antena y su relación antero-posterior, es decir se hace mas directiva en uno de los dos sentidos pero a la vez la impedancia disminuye, la cual se hace difícil de calcular debido a que varia con la distancia de separación y número de elementos utilizados. La tabla 1 muestra las características técnicas de 2 a 6 elementos.

| Tipo de antena                               | Ganancia | Relación antero-posterior | Angulo de abertura |          |
|--|----------|---------------------------|--------------------|----------|
|  |          |                           | horizontal         | vertical |
| Dipolo + reflector                           | 3 dB     | 10 dB                     | 75°                | 140°     |
| Dipolo + reflector +<br>+ 1 director. . . .  | 5,5 dB   | 10 dB                     | 15°                | 140°     |
| Dipolo + reflector +<br>+ 2 directores . . . | 6 dB     | 18 dB                     | 60°                | 95°      |
| Dipolo + reflector +<br>+ 4 directores . . . | 8,5 dB   | 20 dB                     | 50°                | 70°      |

TABLA 1.  
CARACTERISTICAS DE ALGUNAS ANTENAS YAGI.

Como se observa en la tabla cuanto más elementos disponga la antena, mayor es la ganancia y la relación antero-posterior pero a la vez se da una disminución de la resistencia de radiación, que puede llegar a tomar valores por debajo de los 15  $\Omega$ .

Si en lugar de un dipolo simple de 75 $\Omega$  se dispone de un dipolo doblado de 300 $\Omega$  , entonces la resistencia de radiación de la antena Yagi, aunque también desciende del valor, no llega a alcanzar valores tan bajos.

Así como las antenas de la figura 4. tienen un numero de elementos muy distintos se han separado entre sí una distancia tal que permite la obtención de una impedancia de 75 $\Omega$  , valor muy corriente en cables coaxiales.



### 3.0 MATERIALES/EQUIPO.

| <i>Cantidad</i> | <i>Descripción</i>   |
|-----------------|--|
| 1               | Probador de mano para la medida de la distribución de voltaje (SO4100-3E LN)   |
| 1               | Probador de mano para la medida de la distribución de corriente (SO4100-3D LN) |
| 1               | Transmisor de UHF (SO4100-1.A LN)  |
| 2               | Conector coaxial de 50Ω  |
| 1               | Antena Yagi (SO4100-2F LN)   |

### 4.0 PROCEDIMIENTO.

#### 4.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REFLEXIÓN, POTENCIA REFLEJADA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA.

1. Conecte la antena Yagi (SO4100-2F) al transmisor de UHF (SO4100-1.A) por medio de un conector coaxial de 50Ω, la forma de realizar esta conexión se muestra en la figura 5.

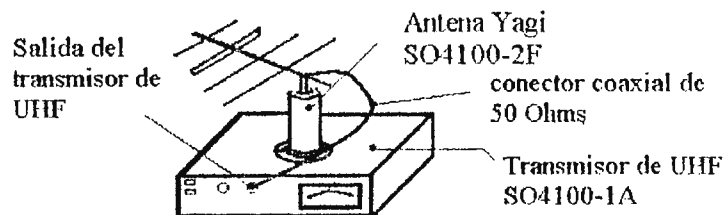


FIGURA 5.

2. Fije la potencia del transmisor de UHF a 0.5 W, por medio del control ( $P_{OUT}$ ).
3. Colocar el selector  $U_F/U_R$  en  $U_F$ , ajustar la sensibilidad al 100% por medio de la perilla SENS ; este valor se leerá en la tercera escala ( $U_F[\%]$ ). Colocar el selector  $U_F/U_R$  en  $U_R$  y leer este dato de la tercera escala del medidor ( $U_F[\%]$ ).



---


$$U_F = \underline{\hspace{2cm}} (\%) \quad U_R = \underline{\hspace{2cm}} (\%)$$

4. Determinar el factor de reflexión dado por la siguiente ecuación matemática:

$$T = U_R / U_F$$

$$T(\text{calculado}) = U_R / U_F = \underline{\hspace{2cm}}$$

5. Calcular la potencia reflejada por medio de la siguiente fórmula:

$$P_R = T^2 \cdot P_{OUT} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Watt.}$$

6. Calcular la potencia radiada por la antena por medio de la fórmula:

$$P_T = P_{OUT} - P_R = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Watt.}$$

7. Calcular la razón de onda estacionaria por medio de la siguiente ecuación matemática:

$$SWR = (1+T) / (1-T) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Tomar el SWR directamente del medidor, colocando los interruptores de la manera siguiente:

SWR/ $P_{OUT}$  : SWR

$U_F/U_R$  :  $U_R$

Tomando el valor de la segunda escala del medidor (SWR ( $U_F$ )).

$$SWR(\text{medido}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

#### **4.2 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE.**

8. Fije la potencia de salida del transmisor a 0.5 W.
9. Mueva el probador de voltaje a lo largo de la antena a una distancia de aproximadamente 1cm como se muestra en la figura 6.



FIGURA 6.

10. Grafique en la figura 7. la distribución de voltaje desde 0 hasta media longitud de onda, es decir desplace el probador desde el comienzo de la antena hasta el final de la misma.

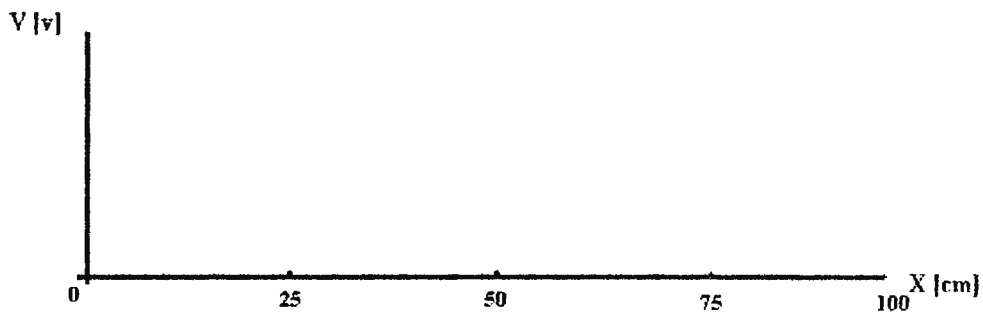


FIGURA 7.



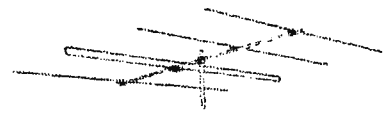
- 
- Impedancia.
  - Carga

2. ¿Que entiende por patrón de radiación vertical y por patrón de radiación horizontal?

R/ El lóbulo o patrón de radiación vertical es el gráfico polar de la distribución de potencia de una antena cuando esta polarizada verticalmente; el lóbulo de radiación horizontal es el gráfico polar de la distribución de potencia de una antena cuando esta polarizada en forma horizontal.



- 
- Mileaf Harry, **ELECTRÓNICA SIETE: CIRCUITOS AUXILIARES.**  
Primera edición; México. Limusa, 1990.
  - Miller Chas E., **RADIOTRANCEPTORES.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.



## 7.0 RESULTADOS.

### 7.1 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE REFLEXIÓN, POTENCIA REFLEJADA Y RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA.

$$U_F = \underline{100} (\%) \quad U_R = \underline{10} (\%)$$

$$T(\text{calculado}) = U_R / U_F = \underline{10 / 100 = 0.1}$$

$$P_R = T^2 \cdot P_{OUT} = \underline{(0.1)^2 \cdot 0.5 = 0.005 \text{ Watt.}}$$

$$P_T = P_{OUT} - P_R = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{0.5 - 0.005 = 0.495 \text{ Watt.}}$$

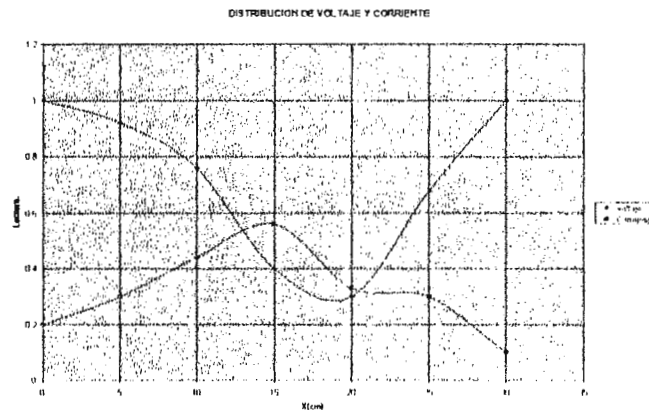
$$P_T = P_{OUT} \cdot (1 - T^2) = \underline{(0.5)(1 - 0.01) = 0.495 \text{ Watt.}}$$

$$SWR = (1+T) / (1-T) = \underline{(1+0.1) / (1-0.1) = 1.22}$$

$$SWR(\text{medido}) = \underline{1.2}$$

### 7.2 DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VOLTAJE Y CORRIENTE.

| X (cm) | Lectura de Voltaje | Lectura de Corriente |
|--------|--------------------|----------------------|
| 0      | 1                  | 0.2                  |
| 5      | 0.92               | 0.3                  |
| 10     | 0.76               | 0.44                 |
| 15     | 0.4                | 0.56                 |
| 20     | 0.3                | 0.36                 |
| 25     | 0.68               | 0.3                  |
| 30     | 1                  | 0.1                  |



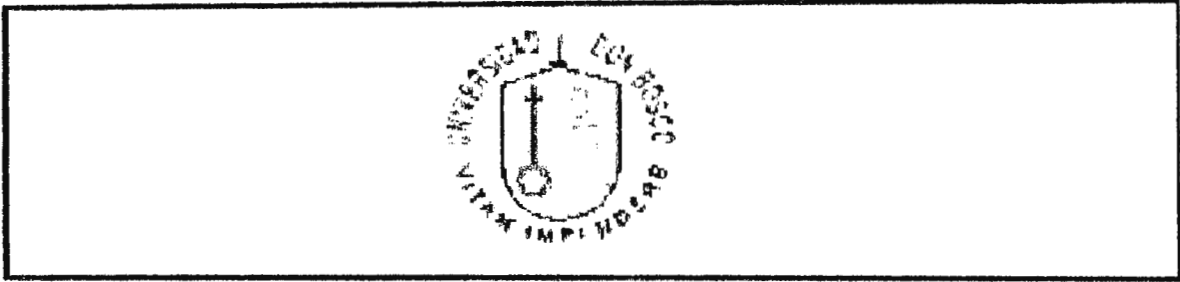
### 7.3 CUESTIONARIO.

1. ¿Cuál es la función de los elementos parásitos directores?

R/ Su función es direccionar las ondas electromagnéticas ya que son un 5% más pequeños que el dipolo , por lo cual hacen que las ondas se direccionen.

2. ¿Cuál es la función de los elementos parásitos reflectores?

R/ Su función es de retener o reflejar las ondas recibidas y enviarlas en dirección opuesta. Por lo general estos son de 5% más grandes que el dipolo.



Guía No. : 11

Especialidad : Electrónica Facultad: Estudios Tecnológicos.

Materia : Sistemas de Comunicaciones 1.

Título : Antena Yagi (parte 2).

Lugar de ejecución : Edif. Electrónica laboratorio de telecomunicaciones.

Tiempo de ejecución : 2 horas Fecha: \_\_\_\_\_

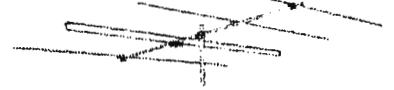
**1.0 OBJETIVOS**

Para la antena Yagi determinar:

- Graficar el lóbulo de radiación o patrón de radiación horizontal.
- Graficar el lóbulo de radiación vertical.

**2.0 INTRODUCCIÓN.**

Los elementos parásitos son complemento para el dipolo en la transmisión, estos elementos son llamados directores y se utilizan para la orientación de la señal a transmitir. En la recepción estos mismos directores forman un ángulo con cierto rango de captación que es llamado estrecho



angular, además el dipolo consta de otros elementos posteriores a este, los cuales son llamados reflectores que forman un bloqueo a la señal la cual es reflejada hacia el dipolo. Es importante tomar en cuenta la longitud física de todos estos elementos parásitos con respecto al dipolo, ya que los directores son de menor longitud que el dipolo y los reflectores tienen mayor longitud que el dipolo.

### 3.0 MATERIALES/EQUIPO.

| <i>Cantidad</i> | <i>Descripción</i>                                |
|-----------------|---|
| 1               | Transmisor de UHF<br>(SO4100-1.A LN)              |
| 2               | Conector coaxial de 50Ω                           |
| 1               | Receptor de UHF<br>(SO4100-3.A LN)                |
| 1               | Dipolo plegado para antena Yagi<br>(SO4100-2F LN) |
| 1               | Antena Yagi<br>(SO4100-2F LN)                     |

### 4.0 PROCEDIMIENTO.

#### 4.1 GRAFICA DEL LOBULO DE RADIACION HORIZONTAL PARA LA ANTENA YAGI.

1. Conectar la antena dipolo plegado (SO4100-2F) al transmisor de UHF (SO4100-1.A), y conectar la antena Yagi (SO4100-2F) al receptor de UHF (SO4100-3.A), colocar los equipos como se muestra en la figura 1.

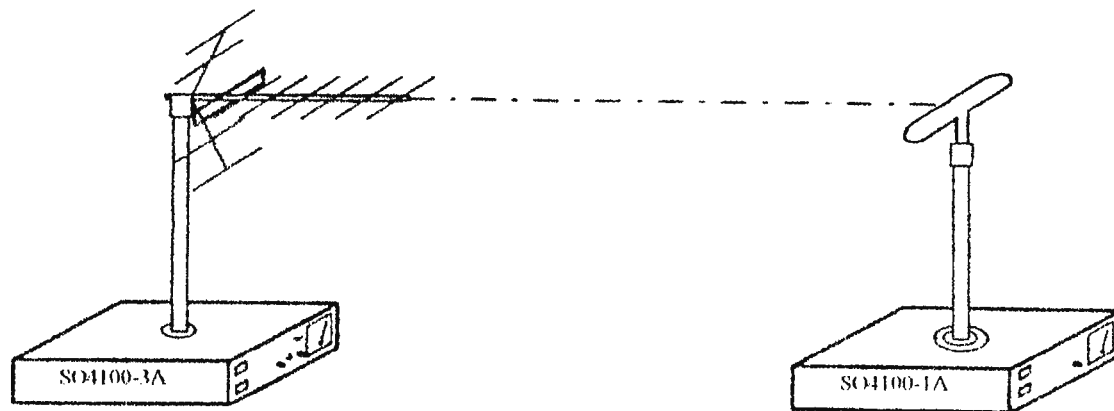


FIGURA I.

2. Ajuste la potencia del transmisor a 0.5 W, colocando el receptor lo mas alineado posible para obtener la máxima recepción; colocarlos además a una distancia de 3.3 m (equivalente a 11 ladrillos de 30 cm cada uno).
3. Rote la antena receptora (antena Yagi) de 0 a 350°, en pasos de 10°, en sentido de las agujas del reloj, anote los valores obtenidos en la tabla 2. (Se muestra en los anexos).
4. Con los datos de la tabla 2, se puede obtener la forma del lóbulo de radiación horizontal, graficándolo sobre una hoja de papel polar. (Se presenta en los anexos).



#### 4.2 GRÁFICA DEL LÓBULO DE RADIACIÓN VERTICAL PARA LA ANTENA YAGI.

1. Colocar en el transmisor una antena Yagi, y otra antena Yagi en el receptor, con la diferencia que será colocada en forma vertical, como se muestra en la figura 3.

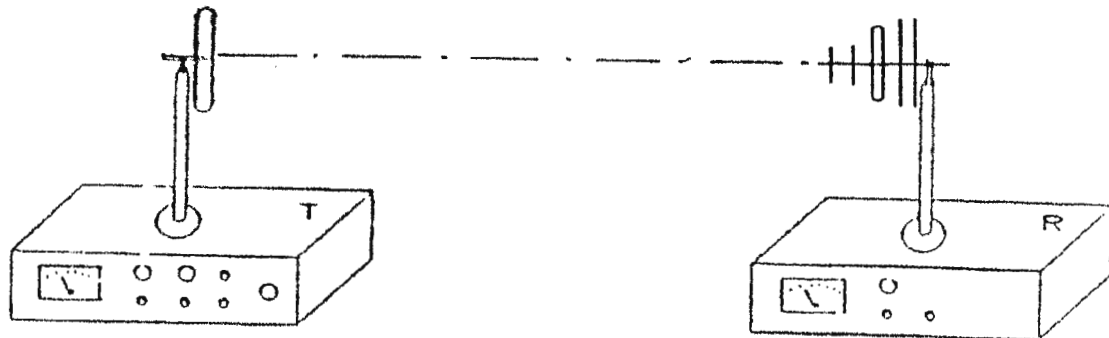


FIGURA 3.

2. Realizar los pasos 2,3 y 4 del procedimiento anterior.

#### 5.0 CUESTIONARIO.

1. ¿Cuál es la diferencia entre la antena dipolo plegado y la antena Yagi?
2. ¿Cuál es la diferencia entre el lóbulo de radiación de la antena Yagi y la antena dipolo plegado?

#### 6.0 BIBLIOGRAFIA.

- Belotserkovski, **FUNDAMENTOS DE ANTENAS.** Primera edición; Barcelona. Marcombo 1983.



- 
- Lon Cantor, **COMO SELECCIONAR E INSTALAR ANTENAS.**  
Primera edición; México. CECSA, 1991.
  - Noll E. M, **PROYECTOS DE ANTENAS.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.
  - García Domínguez Armando, **CALCULO DE ANTENAS.**  
Primera edición; México. Alfa - Omega, 1995.
  - Mileaf Harry, **ELECTRONICA SIETE: CIRCUITOS AUXILIARES.**  
Primera edición; México. Limusa, 1990.
  - Miller Chas E., **RADIOTRANCEPTORES.**  
Primera edición; Barcelona. CEAC, 1988.

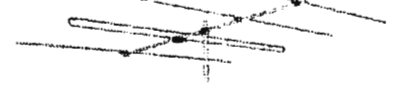


## 7.0 RESULTADOS.

### 7.1 GRÁFICA DEL LÓBULO DE RADIACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA LA ANTENA YAGI.

**TABLA 2.**

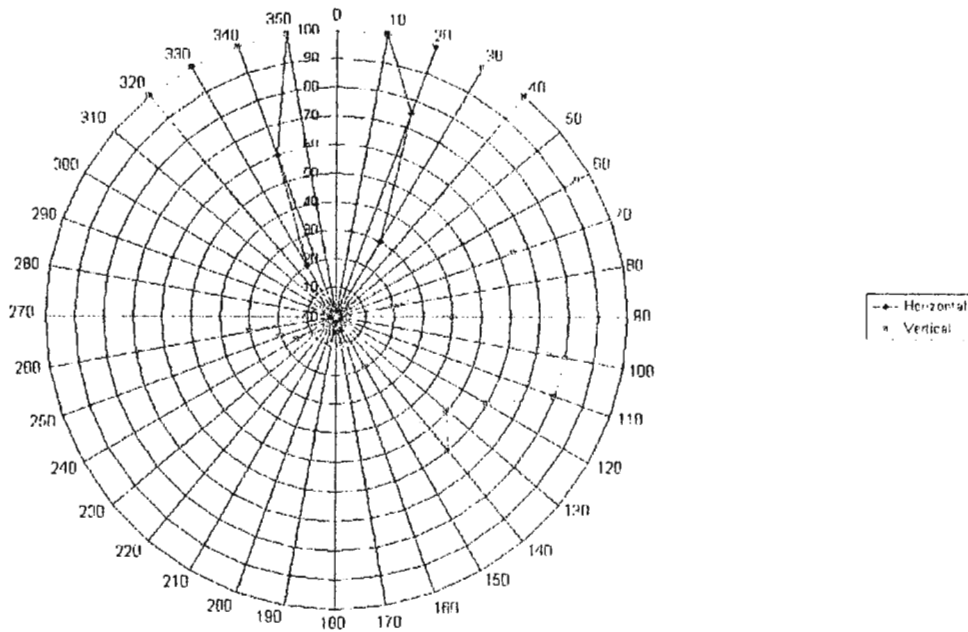
| ANGULO (grados) | Antena Yagi horizontal(W) | Antena Yagi vertical (W) |
|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| 0               | 100                       | 100                      |
| 10              | 100                       | 100                      |
| 20              | 75                        | 100                      |
| 30              | 30                        | 100                      |
| 40              | 0                         | 100                      |
| 50              | 0                         | 95                       |
| 60              | 0                         | 95                       |
| 70              | 0                         | 65                       |
| 80              | 0                         | 20                       |
| 90              | 0                         | 40                       |
| 100             | 0                         | 80                       |
| 110             | 0                         | 80                       |
| 120             | 0                         | 60                       |
| 130             | 0                         | 50                       |
| 140             | 0                         | 60                       |
| 150             | 0                         | 20                       |
| 160             | 5                         | 10                       |
| 170             | 5                         | 10                       |
| 180             | 5                         | 10                       |
| 190             | 5                         | 10                       |
| 200             | 0                         | 5                        |
| 210             | 0                         | 5                        |
| 220             | 0                         | 5                        |
| 230             | 0                         | 10                       |
| 240             | 0                         | 15                       |
| 250             | 0                         | 20                       |
| 260             | 0                         | 30                       |
| 270             | 0                         | 10                       |
| 280             | 0                         | 0                        |
| 290             | 0                         | 0                        |
| 300             | 0                         | 5                        |
| 310             | 0                         | 5                        |
| 320             | 0                         | 100                      |
| 330             | 20                        | 100                      |
| 340             | 60                        | 100                      |
| 350             | 100                       | 100                      |



Potencia del transmisor: 0.5 (W)

Distancia entre transmisor y receptor: 3.3 (m)

LOBULO DE RADIACION VERTICAL Y HORIZONTAL



## 7.2 CUESTIONARIO.

1. ¿Cuál es la diferencia entre la antena dipolo plegado y la antena Yagi?

R/ La diferencia que existe es que la antena Yagi posee elementos parásitos reflectores y directores, no así la antena dipolo plegado. Por lo demás el elemento activo es el mismo.



---

2. ¿Cuál es la diferencia entre el lóbulo de radiación de la antena Yagi y la antena dipolo plegado?

R/ La antena dipolo plegado irradia o recibe señales electromagnéticas de cualquier punto, es decir no tiene que estar en una dirección específica; Por el contrario la antena Yagi es una antena direccional completamente por poseer elementos parásitos, su lóbulo de radiación es completamente direccional.

### **CAPITULO III.**

#### **ANTENA LOGOPERIODICA.**

##### **3.0 INTRODUCCION.**

Una clase de las antenas independiente de las antenas llamadas logarítmicas Periódicas evolucionaron del trabajo inicial de VH RUMSEY, JDYSN, RHDUHAMEL, y DEISBELL en la Universidad de Illinois en 1957, las ventajas principales de las antenas logo-periódicas es la independiente de la impedancia de radiación y de su patrón de radiación a la frecuencia. Las antenas logo-periódicas tienen relaciones de ancho de banda de 10:1 ó más. La relación de ancho de banda es la de la frecuencia más alta con la frecuencia más baja con la cual puede operar satisfactoriamente una antena. La relación de ancho de banda se suele utilizar, en lugar de solo indicar el porcentaje del ancho de banda a la frecuencia central.

Las antenas logo-periódicas, pueden ser Unidireccionales o bidireccionales y pueden tener una gana directiva de bajo a moderado.

Pueden obtenerse también ganancias mayores utilizándolas como elemento en un arreglo más complicado.

La estructura física de una antena logo-periódica es repetitiva, que resulta en un comportamiento repetitivo de sus características eléctricas.

En otras palabras el diseño de una antena logarítmicapariódica consiste de un patrón de diferente tamaño, lo más cercano que llega la logarítmica periódica de una antena convencional, es probablemente a un arreglo básico de dipolo logarítmico periódico y es mostrado en la figura 1 consiste de varios dipolos de diferente longitud y espacios que son alimentados de una sola fuente en el extremo pequeño.

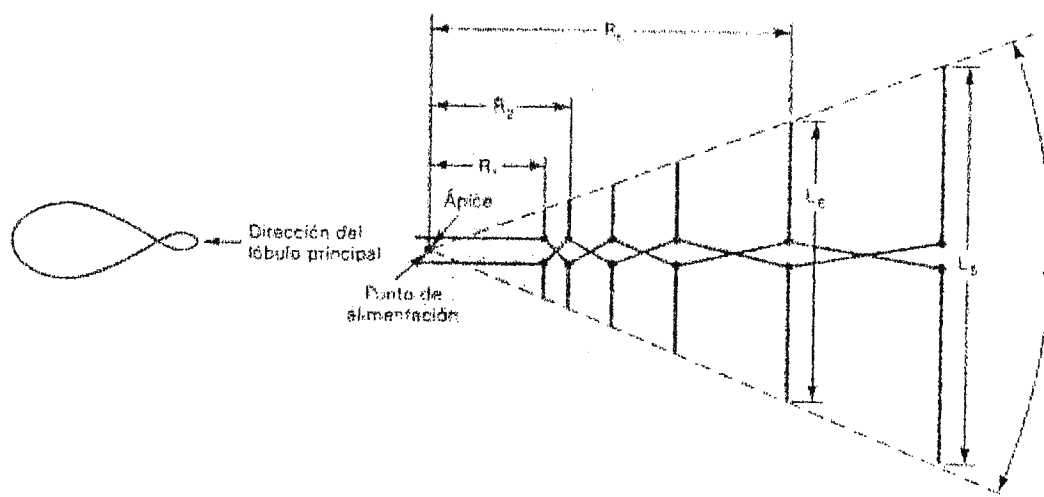


FIGURA 1.

La línea de transmisión se cruza entre los puntos de alimentación de pares adyacentes de dipolos. El patrón de radiación para una antena Logo Periódica básica tiene radiación máxima hacia fuera del extremo pequeño. La longitud de los dipolos y su espaciado están relacionados de tal forma que los elementos adyacentes tienen una relación constante entre sí.

Las longitudes y los espaciados del dipolo, están relaciones por la fórmula:

$$R_2 / R_1 = R_3 / R_2 = R_4 / R_3 = 1 / \tau = L_2 / L_1 = L_3 / L_2 = L_4 / L_3 \quad (1)$$

0

$$1 / \tau = R_n / R_{n-1} = L_n / L_{n+1} \quad (2)$$

Donde  $R$  = espaciado del dipolo

$L$  = longitud del dipolo

$\tau$  = relación de diseño (número < 1)

Los extremos de los dipolos se encuentra a lo largo de una línea recta, y el ángulo donde se encuentran esta designado con  $\alpha$ . Para un diseño típico:

$$\tau = 0.7 \text{ y } \alpha = 30^\circ$$

Con las estipulaciones estructurales anteriores, la impedancia de entrada de la antena varía respectivamente, cuando se traza como función de frecuencia, y cuando se traza contra el logaritmo de la frecuencia varía periódicamente (de allí el nombre).

Un trazo típico de la impedancia de entrada se muestra en la figura 2.

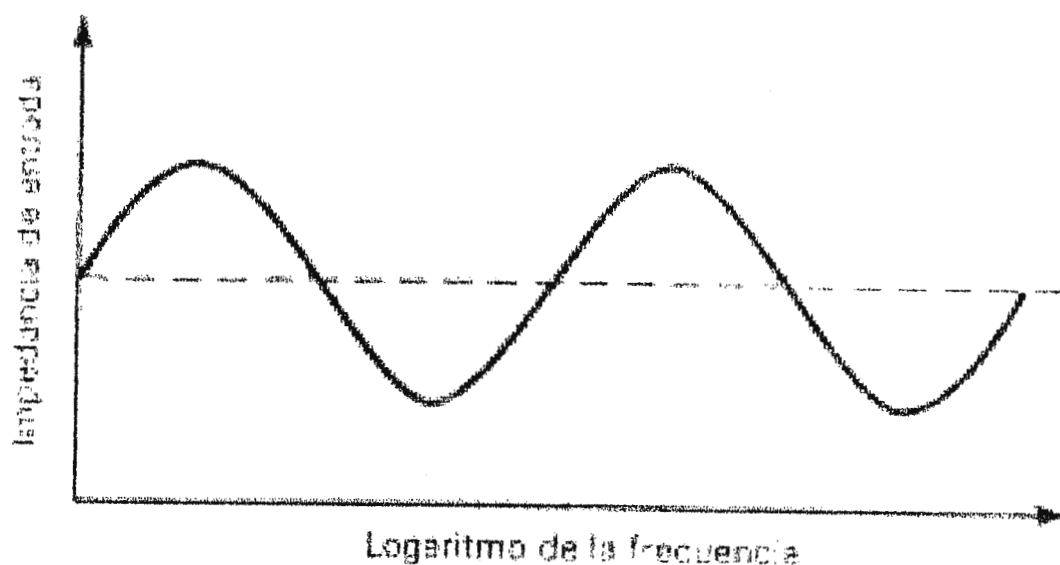


FIGURA 2.

Aunque la impedancia de entrada varía periódicamente, las variaciones no son necesariamente sinusoidales.

Además el patrón de radiación, la directividad, ganancia de potencia y el ancho del haz experimentan una variación similar en la frecuencia.

La magnitud de un período de frecuencia-logarítmica depende de la relación de diseño  $\tau$ , si suceden dos máximos consecutivos en las frecuencias  $F_1$  y  $F_2$ , están relacionadas por la fórmula:

$$\text{Log } F_2 - \text{log } F_1 = \log F_2 / F_1 = \log 1 / \tau \quad (3)$$

Por tanto las propiedades medidas de la antena logarítmica periódica en la frecuencia  $f$  tendrán propiedades idénticas en las frecuencias  $\tau f$ ,  $\tau^2 f$ ,  $\tau^3 f$ , etc.

Las antenas logarítmicas periódicas al igual que las antenas rómbicas, se utilizan principalmente para las comunicaciones de HF y de VHF, sin embargo, las antenas logarítmicas periódicas no tienen una impedancia final y por consiguiente son más eficientes. Con frecuencia las antenas de TV anunciadas como de "ALTA GANANCIA" o "ALTO RENDIMIENTO" son antenas logarítmicas periódicas

### 3.1 CONSTRUCCION.

La antena posee una estructura de dos barras paralelas, en las cuales se encuentra repartida la longitud de frecuencia de cada dipolo; los dipolos se encuentran alternados uno tras otro aumentando (según los cálculos), en longitud y en separación entre ellos. Como se muestra en la figura 1.

La distancia en separación entre dipolos podría reducirse si cambiaran las dimensiones de diámetros de los dipolos a medida que aumentan de longitud, de modo que la antena sería más pequeña.

Los dipolos que se encuentran conectados en la barra superior van conectados al conductor central del cable coaxial.

De igual manera los complementos de los dipolos que se encuentran en la barra inferior son conectados a la pantalla de cobre de manera que la antena posee referencia de polarización por lo que se establece que es una antena balanceada.

La antena se encuentra aislada del mástil que soporta la misma antena.

### 3.2 DISEÑO MATEMATICO.

La antena esta diseñada asumiendo un ancho de banda de  $B=0.8$  GHZ en donde las frecuencias superior e inferior son respectivamente.

$$F_{\max} = 1 \text{ GHZ} \quad F_{\min} = 200 \text{ MHZ}$$

Si se considera el valor de las dimensiones de los dipolos 1 y 2 igual a:

$$L1 = 7.5 \text{ cm} \quad y \quad L2 = 8.7 \text{ cm.}$$

La relación de diseño T será de :

$$1 / \tau = L_n / L_{n-1} = L2 / L1 = 8.7 / 7.5$$

$$1 / \tau = 1.16$$

$$\tau = 0.8621$$

Las dimensiones de los dipolos son respectivamente:

| DIPOLO | LONGITUD (cm) |
|--------|---------------|
| L1     | 7.5           |
| L2     | 8.7           |
| L3     | 10.3          |
| L4     | 12.1          |
| L5     | 13.7          |
| L6     | 16.3          |
| L7     | 18.9          |
| L8     | 22.1          |
| L9     | 25.84         |
| L10    | 30            |
| L11    | 34.9          |
| L12    | 40.6          |
| L13    | 47.3          |
| L14    | 55            |
| L15    | 64            |
| L16    | 74.5          |

Tomando un factor de diseño del 5%, es decir todas las dimensiones están afectadas dicho porcentaje del valor real de cada dipolo.

Partiendo de la ecuación :

$$1/\tau = R_n / R_{n-1}$$

Se calculan las diferentes separaciones del punto de alimentación a los dipolos, dando como resultado :

| DISTANCIA DIPOLO-DIPOLO | LONGITUD (cm) |
|-------------------------|---------------|
| R1-2                    | 0.13          |
| R2-3                    | 0.48          |
| R3-4                    | 0.75          |
| R4-5                    | 1             |
| R5-6                    | 1.3           |
| R6-7                    | 1.7           |
| R7-8                    | 2.01          |
| R8-9                    | 2.6           |
| R9-10                   | 3             |
| R10-11                  | 3.9           |
| R11-12                  | 4.4           |
| R12-13                  | 5.3           |
| R13-14                  | 6.4           |
| R14-15                  | 7.42          |
| R15-16                  | 9.1           |

Estas dimensiones están calculadas para un diámetro de dipolo de :

$$D = 0.9 \text{ cm}$$

### 3.3 PROCEDIMIENTOS DE PRUEBAS.

#### 3.3.1 PUEBRA DE ESPECTRO.

Se tomó una muestra de frecuencias de 500 MHz a 510 MHz para observar su espectro y su comportamiento en ganancia con relación a la frecuencia. Ver Figura 3. En donde se muestran los diferentes espectros de cada frecuencia en análisis.

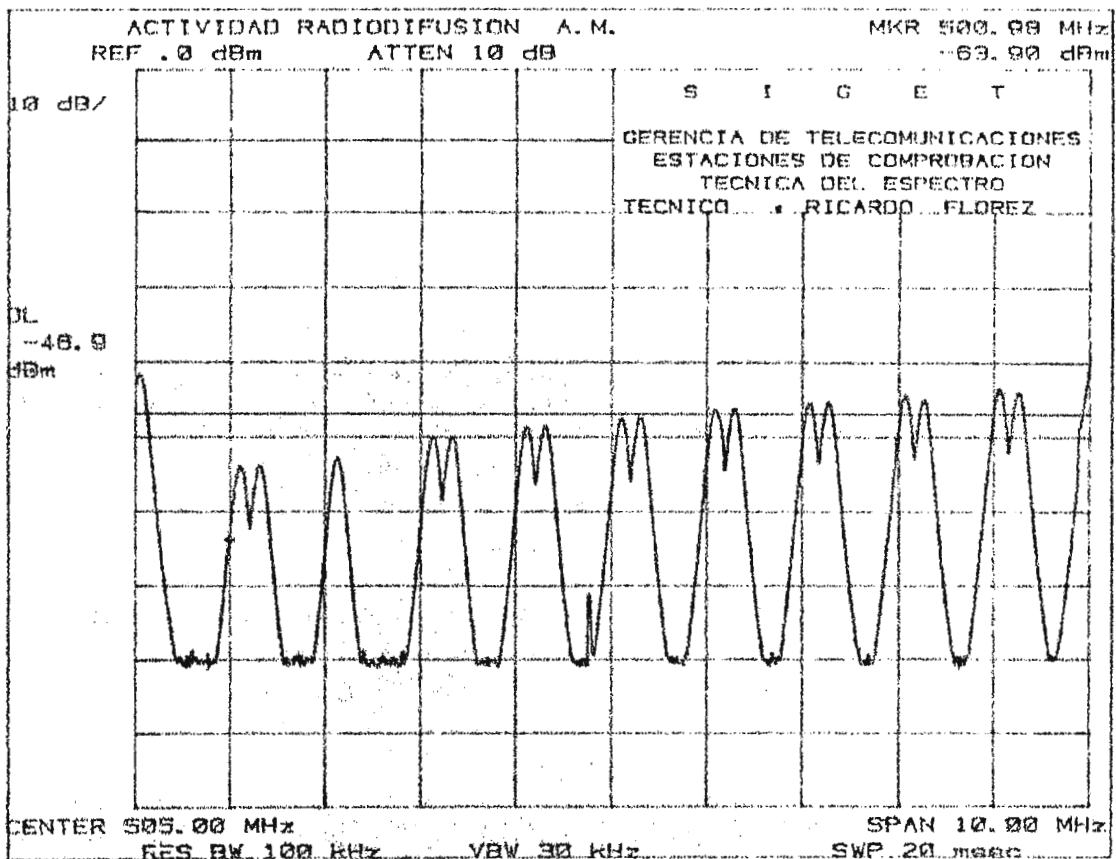


FIGURA 3.

### 3.3.2 PRUEBA DE TRANSMISION.

Esta prueba se realizó colocando la antena logo-periódica en transmisión, probada con frecuencias de 100 MHz hasta 900 MHz con un generador de frecuencias. La recepción se hizo con una antena de latiguillo conectada a un generador de espectro en el cual se gráfica la ganancia de la antena con respecto a la frecuencia. La gráfica se muestra en la Figura 4.

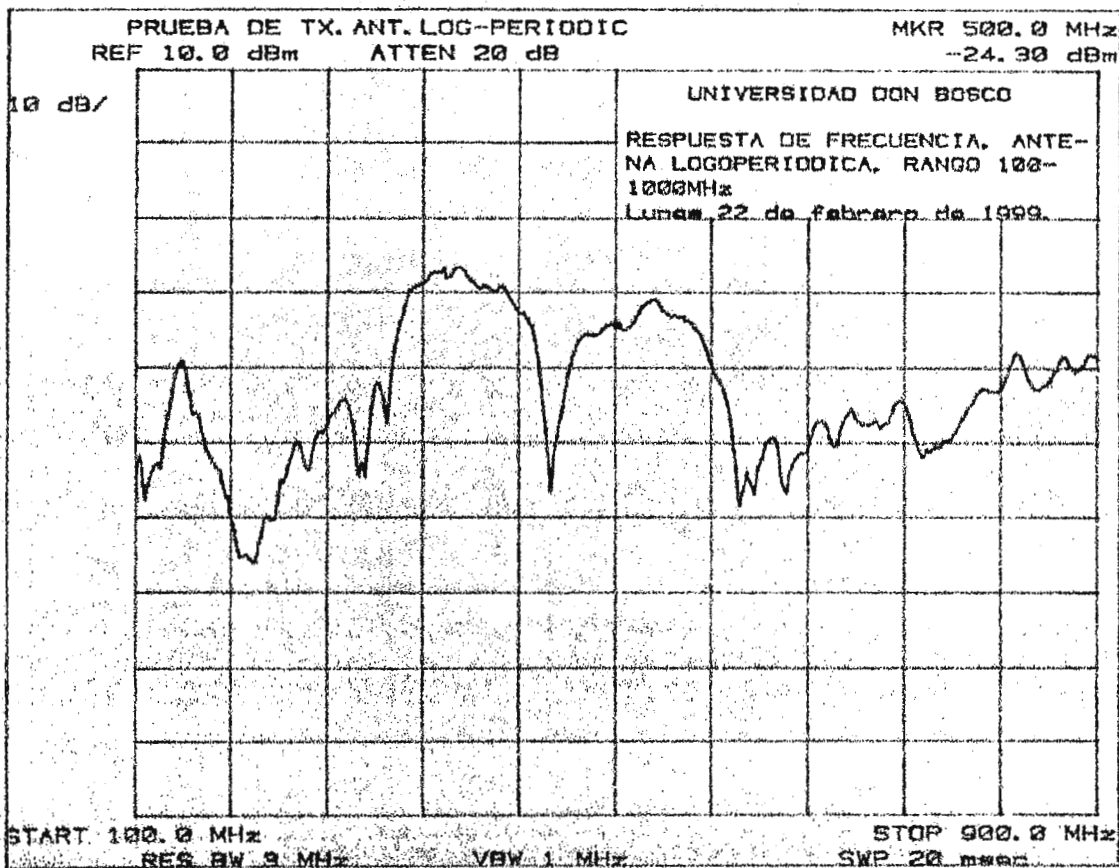


FIGURA 4.

### 3.3.3 PRUEBA DE TRANSMISION CONTRA OTRA ANTENA LOGOPERIODICA.

La Figura 5 muestra una prueba de transmisión de una antena logoperódica la cual es utilizada por técnicos de la SIGET para las comprobaciones técnicas del espectro la cual se encuentra diseñada para obtener una máxima ganancia a cualquier frecuencia. Ahora compare la figura 4 con la figura 5 y verá que la respuesta en ganancia con respecto a la frecuencia no están muy bajos e incluso se observa que en algunas frecuencias se supera la ganancia mostrada por la antena de prueba de la SIGET. Ambas antenas fueron probadas con los mismos patrones: generador de frecuencias de 100 a 900 MHz un analizador espectral conectado a una antena de latiguillo para la recepción.

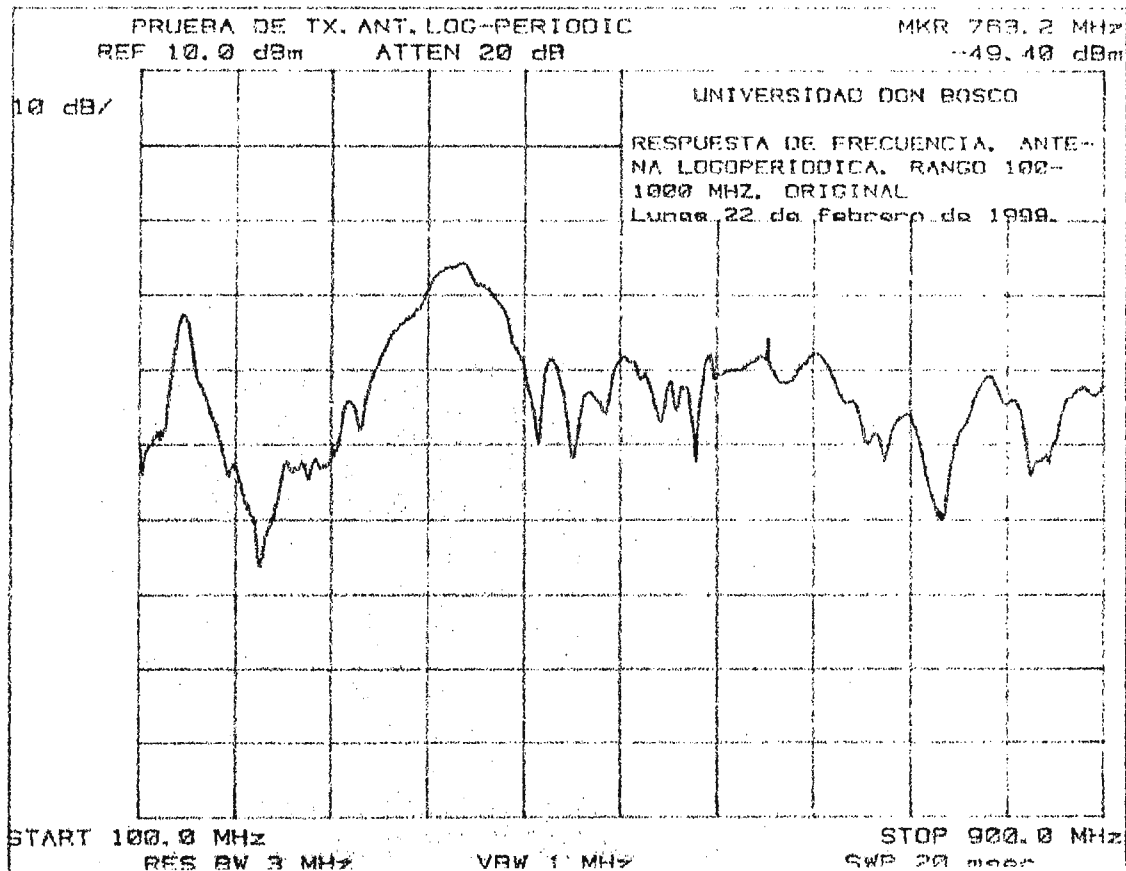


FIGURA 5.

### 3.3.4 PRUEBA DE RECEPCION.

Esta prueba se realizó colocando nuestra antena logoperódica en recepción conectada a un analizador de espectro para graficar frecuencias desde 100 MHz hasta 900 MHz.

La Figura 6 muestra la respuesta de la ganancia de la antena con respecto a la frecuencia.

Puede observarse el aumento de la ganancia a partir de los 200 MHz y mantiene una gráfica bastante continua en ganancia.

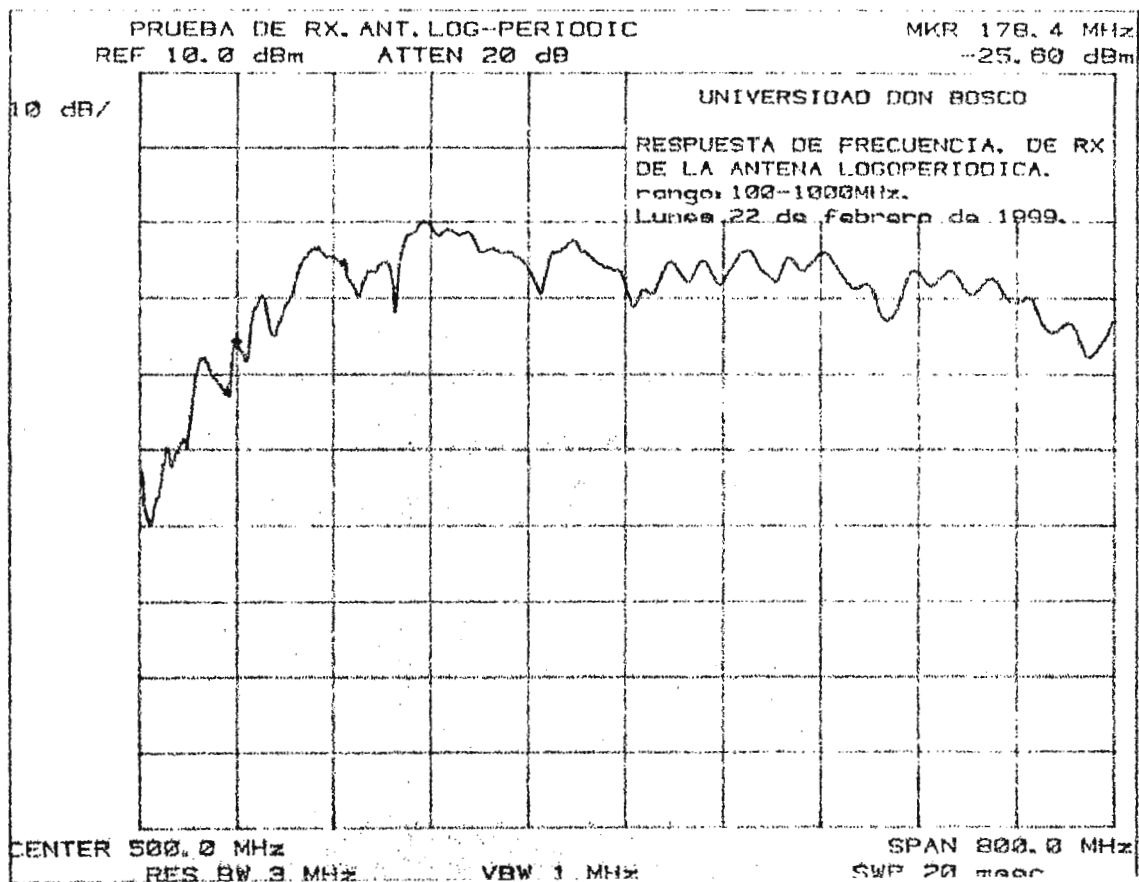


FIGURA 6.

### 3.3.5 PRUEBA DE RECEPCION DE OTRA ANTENA LOGOPERIODICA.

La Figura 7 muestra la respuesta en ganancia de la antena utilizada por los técnicos de la SIGET la cual muestra también una gráfica continua en ganancia. Puede compararse la figura 6 y 7 las cuales son las gráficas de nuestra antena y la antena de los técnicos de la SIGET las cuales tienen comportamiento similar.

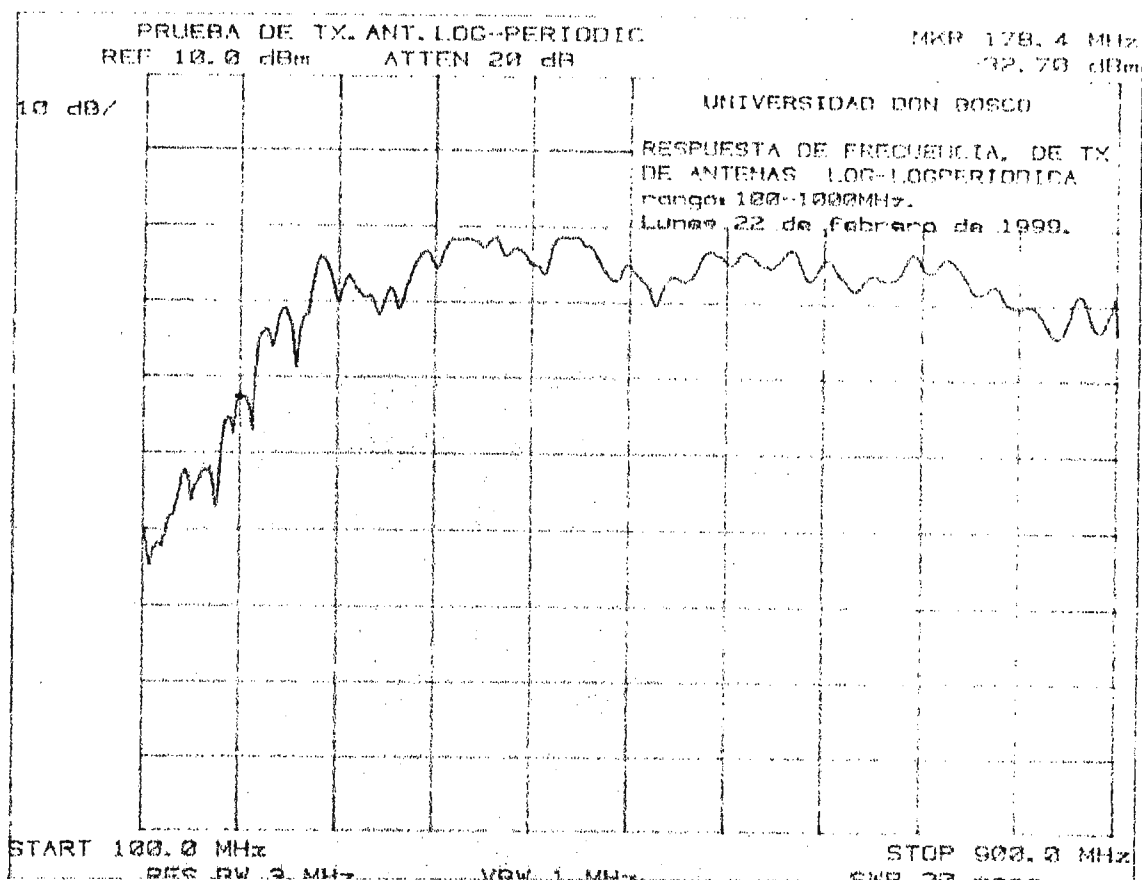


FIGURA 7

## CAPITULO IV.

### SISTEMA DE ROTACION.

#### 4.0 INTRODUCCION.

Para mayor recepción una antena de este tipo debe poseer un sistema de rotación con el objetivo de hacer mas versátil este dispositivo.

El objetivo de implementar un sistema de rotación para la antena diseñada es lograr direccionar dicha antena para una mejor recepción.

#### 4.1 DISEÑO ELECTRONICO.

El diagrama de bloques del circuito electrónico se presenta en la figura 8, en el se describe gráficamente el funcionamiento del circuito.

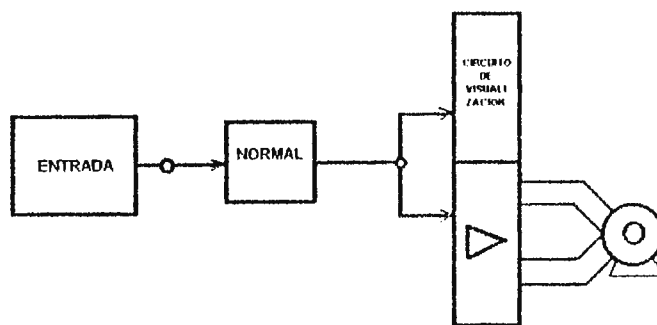


FIGURA 8.

La etapa de entrada , esta compuesta por un interruptor seguido por un registro básico con compuertas NAND con el cual se pretende desaparecer el rebote producido por los contactos del interruptor.

El bloque equivalente al circuito de control esta formado por un contador en MOD4 es decir con conteo ascendente desde 0 hasta 3, la segunda parte de este circuito lo forma un decodificador de 3 a 8 líneas que luego son negadas por medio de una compuerta NOT y estas son llevadas después a la etapa de potencia.

El circuito visualizador esta formado por contadores y visualizadores en donde se presentaran los grados que el sistema se mueve.

El circuito amplificador esta formado por transistores de potencia los cuales manejan una corriente de 1.8 A y que se conectan directamente a los devanados del motor de paso.

## 4.1.1 CIRCUITOS DE CONTROL.

### 4.1.1.1 CIRCUITO DE CONTROL DE ROTACION.

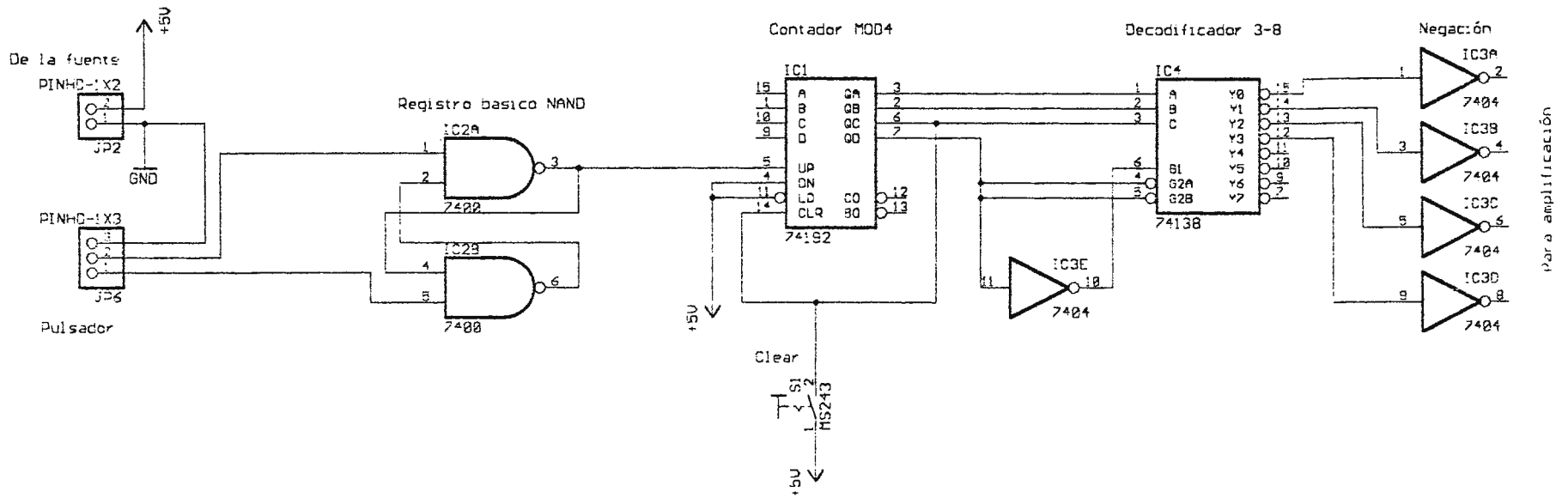
Este circuito se muestra en la figura 9 , y esta formado por un contador de MOD4 (74192), es decir con conteo 0-1-2-3-0 , el cual a la vez se conecta a un decodificador de 3-8 (74138) de salidas negadas el cual se encargara de la rotación del bit que luego influirá en la polarización de los transistores de potencia (2N3055) los cuales funcionan como interruptores.

### 4.1.1.2 CIRCUITO DE VISUALIZACION.

Este circuito esta formado por contadores decimales 74192 los cuales se conectan a manejadores BCD a 7 segmentos con el objetivo de visualizar un conteo de 0 a 350 grados.

El pulso que sirve como pulso de reloj para estos contadores es el que proviene del registro básico NAND antes mencionado, con lo que se logra correspondencia entre el movimiento del motor y la visualización de la posición del motor. Este circuito se muestra en la figura 10.

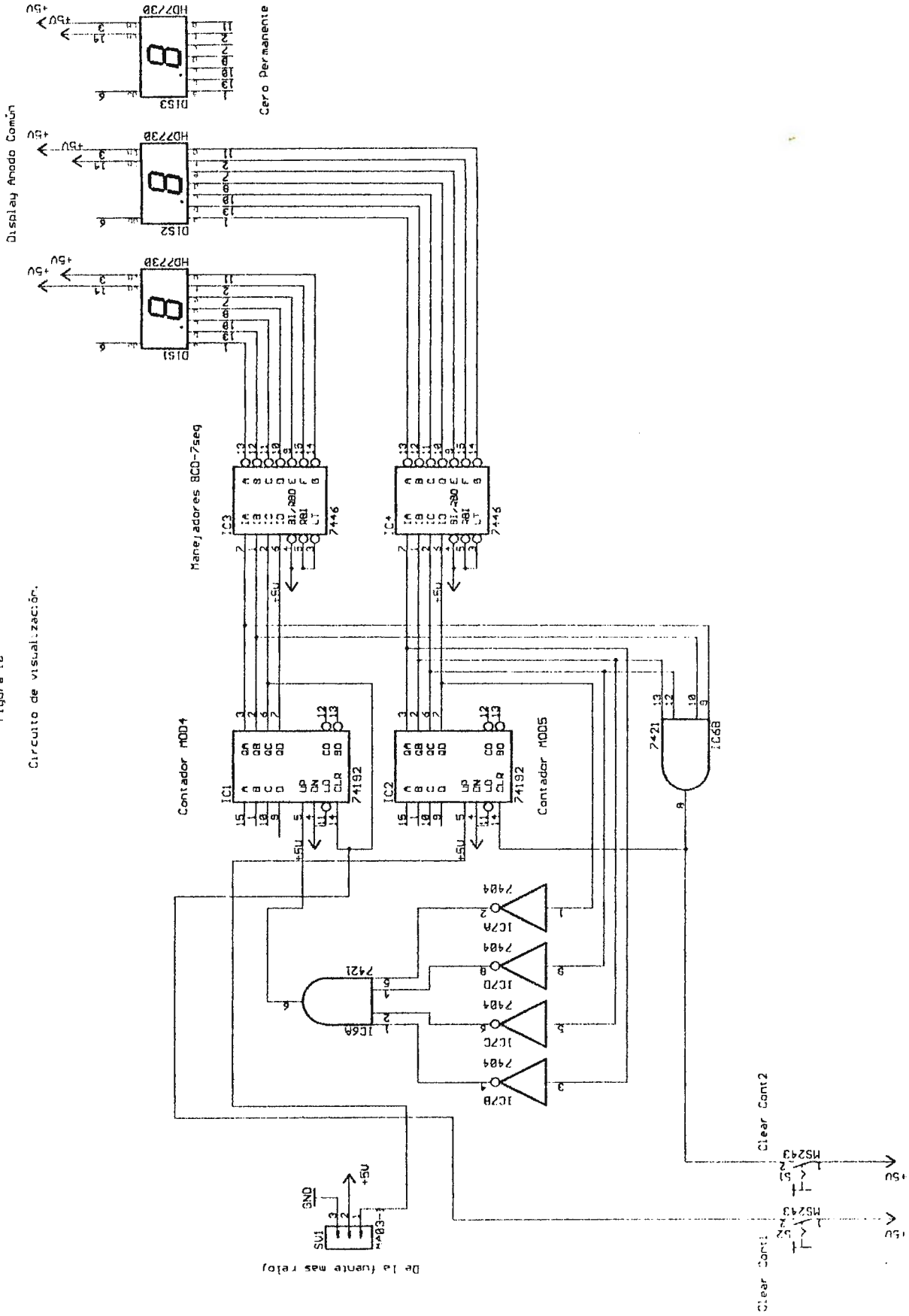
Figura 9  
Circuito de Control de Rotación.



Para amplificación

Figura 12

Circuito de visualización.



## **4.2 MODOS DE OPERACION.**

### **4.2.1 MODO DE OPERACION NORMAL.**

Al configurar el sistema en modo normal o individual el sistema no requerirá de otro dispositivo externo para rotar el motor , es decir trabajara independientemente sin necesidad de conectar el microcontrolador Motorola o la calculadora HP48XX.

Para fijar este modo de operación es necesario colocar los Jumpers de la siguiente manera:

JP3 y JP14 colocados , no así los demás.

### 4.3 GLOSARIO TÉCNICO.

#### 1. Antena:

Es un componente de un sistema de radio que acopla la energía electromagnética ya sea de 0 al espacio vacío, para la transmisión o recepción, la antena se clasifica normalmente por el uso, pero puede clasificarse también por la frecuencia de operación. Una antena, puede ser simplemente un conductor o un arreglo de conductores que radian o interceptan en forma de ondas electromagnéticas.

#### 2. Ancho de Banda:

Es un término que se usa para definir la frecuencia ocupada por una señal y la que se requiere para una transferencia efectiva de la información que va a portar la señal.

#### 3. Antena Isotópica:

Es aquella que irradia energía electromagnética, en forma buena e igual, en todas direcciones. Su existencia es teórica ya que no existe una de estas antenas en la actualidad. Sin embargo, se utiliza, en ocasiones, el concepto de antena Isotópica para comparaciones de ganancia de antenas. Su ganancia es de alrededor 2.15 dB con respecto a un dipolo de media onda en espacio libre.

#### 4. Campo magnético:

Es una región en la que pueden ocurrir fuerzas magnéticas y tienen su origen en el dipolo magnético o en el movimiento de partículas cargadas eléctricamente. Aunque las líneas de flujo magnético no existen físicamente, si tienen una dirección que puede determinarse en cualquier punto del espacio. Para los físicos los campos magnéticos están formados por líneas de flujo y su densidad la determina el número de líneas de flujo por unidad de área.

#### 5. Campo eléctrico:

En todo cuerpo eléctricamente cargado, se establece un campo eléctrico, en su alrededor que produce efectos demostrables en otros objetos cargados. La intensidad de un campo eléctrico en el espacio se mide en voltios por metro.

#### 6. Corriente alterna:

Corriente eléctrica que fluctúa entre valores analógicos en función senoidal, como ejemplo una función voltaje alterno estará dada por la siguiente fórmula:

$$V = V_M \text{ SEN } (\omega t + \varphi)$$

donde :

$V_M$  = Voltaje máximo de la señal (voltaje de pico)

$\omega$  = frecuencia angular ( $\omega = 2 * \pi * f$ )

$\varphi$  = ángulo de desfase.

#### 7. Decibel:

Es un medio para medir niveles relativos de corriente, voltaje o potencia. Se debe establecer primero una corriente  $I_0$  o un voltaje  $E_0$  inicial, o una potencia  $P_0$  de referencia. Las cifras en decibeles, tienen mucho uso en electrónica para indicar ganancia de circuitos, pérdidas de atenuación y cifras de ganancia de potencia en antenas.

#### 8. Dieléctrico:

Es un aislante eléctrico que se emplea en la manufactura de cables, capacitores y formas para bobinas. El aire puro, seco es un ejemplo de un dieléctrico excelente así como la madera el papel y el vidrio. Los materiales dieléctricos se clasifican también atendiendo a sus características de pérdida. En general los materiales dieléctricos tienen mayor posibilidad de pérdida y son menos capaces de soportar esfuerzo eléctrico cuando se incrementa la frecuencia de operación.

#### 9. Frecuencia:

Para cualquier perturbación periódica, la frecuencia es la rapidez con que se repite el ciclo. Se mide por lo general en ciclo por segundo o en hertz (Hz). El espectro de radiofrecuencia de energía electromagnética alcanza hasta a centenares de miles de giga Hertz.

#### 10. Impedancia:

Es la resistencia al flujo de corriente alterna. Los circuitos tienen diferentes características de impedancias. Las antenas, los circuitos sintonizadores y las líneas de transmisión exhiben impedancias a radiofrecuencias.

### 11. Línea de transmisión:

Es un conductor para la transmisión de potencia a cargas distantes, permiten disponer de potencia en puntos distantes por medio de la propagación de campos electromagnéticos. Por lo general las líneas de transmisión están formadas por uno o dos conductores en configuración balanceada o desbalanceadas.

### 12. Lóbulo:

Es el patrón de radiación de una antena, un lóbulo es un máximo angular local. Un patrón de antena puede tener solo uno o

varios lóbulos. Estos lóbulos pueden tener magnitudes diferentes. Los lóbulos ocurren en las respuestas direccionales de transductores tales como micrófonos y altavoces.

### 13. Ondas Electromagnética:

Es cualquier forma de perturbación electromagnética que muestre un patrón periódico, como por ejemplo campos electromagnéticos, ondas de radios, espectros luminosos, entre otros.

### 14. Radiofrecuencia (RF):

Una perturbación electromagnética se denomina ondas de radiofrecuencia. Las radiofrecuencias representan una parte apreciable del espectro electromagnético. Las longitudes de onda más cortas de 1 mm son infrarrojas, la luz visible, ultravioleta, rayos X o rayos gamma. Las ondas de radiofrecuencia se propagan de diferentes maneras, dependiendo de la longitud de onda. Algunas son afectadas por la ionosfera la troposfera u otros factores ambientales.

### 15. Vector de Poynting:

Es significativo ya que su dirección indica la dirección de propagación del campo y su longitud indica la intensidad del mismo, en términos de potencia por unidad de área en la superficie que contiene a los vectores eléctricos y magnéticos:

$E$  = Vector eléctrico.

$H$  = Vector magnético.

$U$  = vector Poynting.

### 16. UHF (ultra high frequency):

Espectro de frecuencias comprendido entre 470 a los 890 MHz.

#### 4.4 BIBLIOGRAFIA

1. BELOTSERKOVKI. **Fundamentos de antenas.**  
Barcelona - España. Editorial Marcombo. , 1983.
2. CANTOR, Lon. **Como seleccionar e instalar antenas.**  
México. Editorial CECSA. , 1991.
3. NOLL. **Proyectos de antenas.**  
Barcelona - España. Editorial CEAC. , 1988.
4. JONK. **Ingeniería electromagnética campos y ondas.**  
México. Editorial Limusa, Noriega editores. , 1993.
5. VASALLO, Francisco. **Enciclopedia de la radio y televisión Hi-a.** Barcelona - España. Editorial CEAC. , 1988.
6. CABEZAS, Horacio. **Metodología de la investigación.**  
Guatemala. Editorial Piedra Santa. , 1994.
7. CANALES, FH, EL. de ALVARADO y PINEDA.  
**Metodología de la investigación, manual para el personal de salud.**  
Colombia. Editorial Carvajal, 1989.
8. GARCIA DOMINGUEZ, A. **Calculo de antenas .**  
México, Editorial Alfa- Omega, Marcombo, 1995.

# ANEXO 1

TABLA PARA GRAFICA DE LOBULO DE  
RADIACION

**TABLA 1**

| <b>Angulo (grados)</b> | <b>Porcentaje de Potencia polarización horizontal</b> | <b>Porcentaje de Potencia polarización vertical</b> |
|------------------------|---|---|
| 0                      |   |   |
| 10                     |   |   |
| 20                     |   |   |
| 30                     |   |   |
| 40                     |   |   |
| 50                     |   |   |
| 60                     |   |   |
| 70                     |   |   |
| 80                     |   |   |
| 90                     |   |   |
| 100                    |   |   |
| 110                    |   |   |
| 120                    |   |   |
| 130                    |   |   |
| 140                    |   |   |
| 150                    |   |   |
| 160                    |   |   |
| 170                    |   |   |
| 180                    |   |   |
| 190                    |   |   |
| 200                    |   |   |
| 210                    |   |   |
| 220                    |   |   |
| 230                    |   |   |
| 240                    |   |   |
| 250                    |   |   |
| 260                    |   |   |
| 270                    |   |   |
| 280                    |   |   |
| 290                    |   |   |
| 300                    |   |   |
| 310                    |   |   |
| 320                    |   |   |
| 330                    |   |   |
| 340                    |   |   |
| 350                    |   |   |

Antena: \_\_\_\_\_

Potencia del transmisor: \_\_\_\_\_ (W)

Distancia entre transmisor y receptor: \_\_\_\_\_ (m)

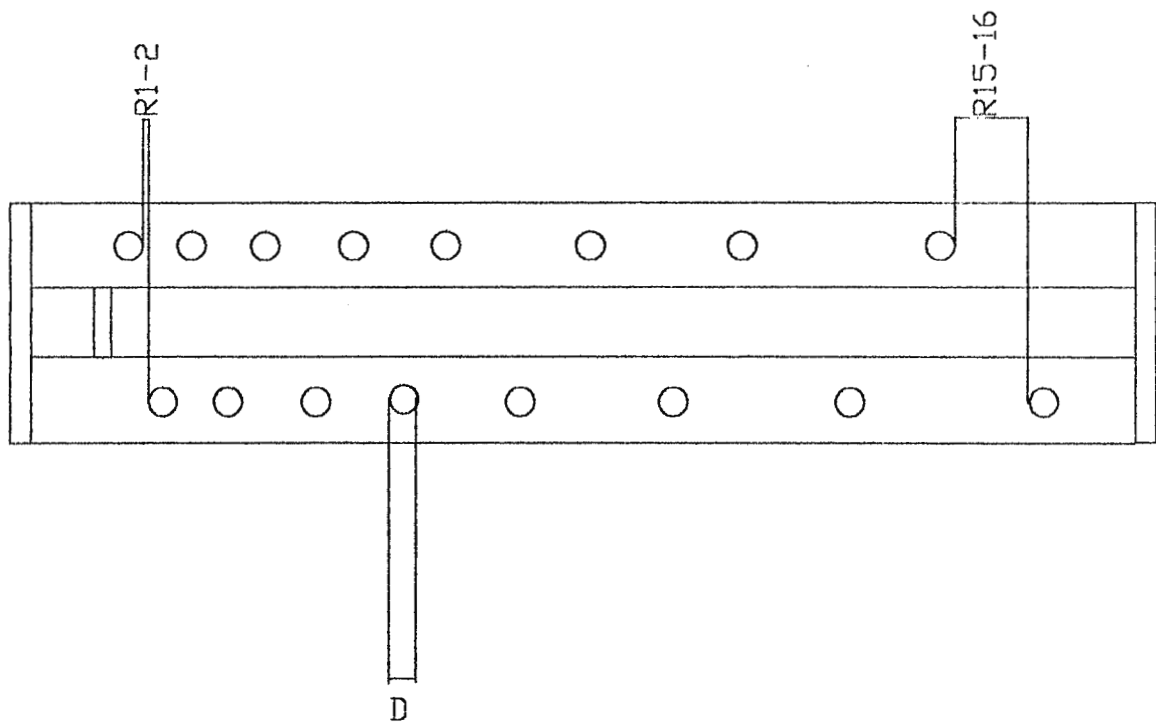
# ANEXO 2

PAPEL POLAR



# ANEXO 3

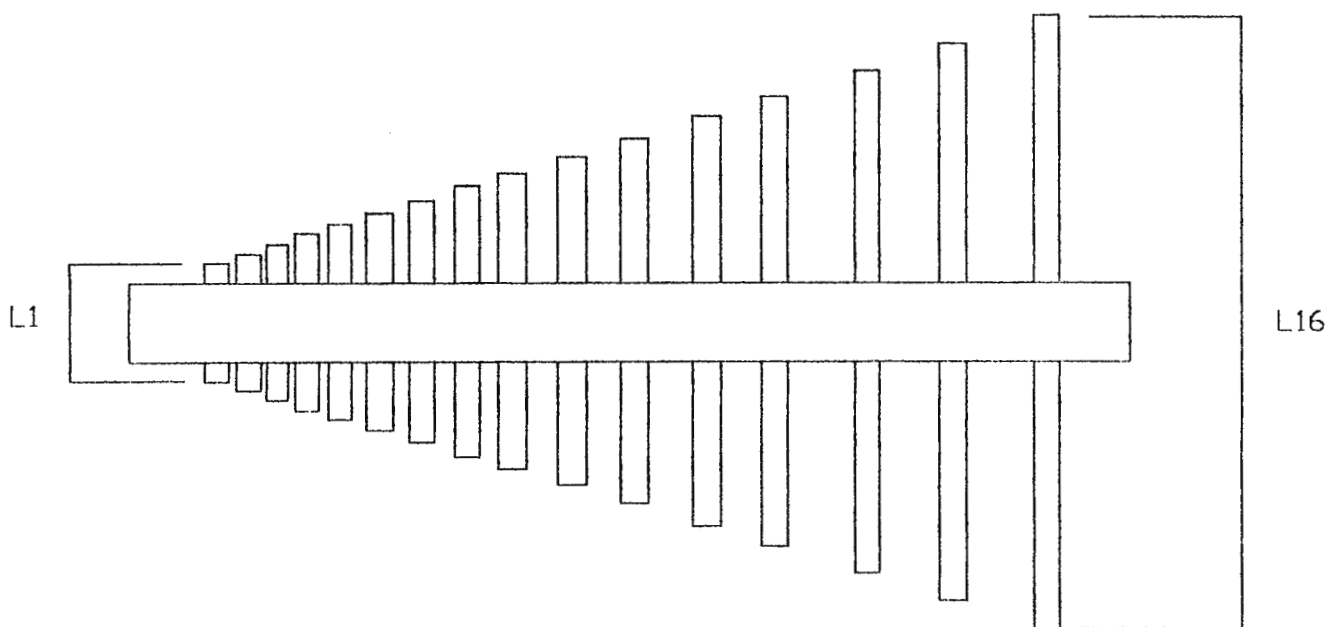
VISTA DE PERFIL DE LA ANTENA  
LOGOPERIODICA



Vista de perfil Izquierdo  
Antena logo-periodica

# ANEXO 4

VISTA AEREA DE LA ANTENA LOGOPERIODICA



Vista aerea  
Antena Logo-Periodica