



***Universidad Nacional Autónoma de México/  
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán***

***Departamento de Ingeniería  
Sección Electrónica***

***Manual de Práctica de Microondas y Control Satelital***



*Asignatura: Microondas y Control Satélites  
Carrera: ITSE  
Clave de la asignatura.1827  
Fecha de Revisión: Junio 2024*

*Ing. Juan González Vega  
Ing. Gilberto Chavarría Ortiz  
Ing. Jorge Ramírez Rodríguez  
Ing. Jorge Vázquez Maldonado  
Semestre 2025-2*



## Índice

<i>Contenido</i>	2
<i>Objetivos</i>	3
<i>Reglamento de los laboratorios de la sección electrónica</i>	4
<i>Formato de entrega de práctica y Criterio de Evaluación.</i>	6
<i>PRÁCTICA 1. Introducción al Equipo de Microondas</i>	7
<i>PRÁCTICA 2. El Atenuador Variable en la Guía de Onda</i>	11
<i>PRÁCTICA 3. El Atenuador fijo 6 dB</i>	16
<i>PRÁCTICA 4. El Acoplador Direccional</i>	20
<i>PRÁCTICA 5. El Demodulador de Microondas</i>	24
<i>PRÁCTICA 6. La Guía de Onda T-Híbrida</i>	27
<i>PRÁCTICA 7. El Medidor de Frecuencia</i>	32
<i>PRÁCTICA 8. El Selector de Onda Estacionaria</i>	35
<i>PRÁCTICA 9. El Sintonizador con Tornillo Deslizante</i>	38
<i>PRÁCTICA 10. El Patrón de Radiación en la Antena de Corneta</i>	41
<i>Bibliografía</i>	46
<i>Anexo</i>	47



## **INTRODUCCIÓN**

*Los enlaces de radiocomunicaciones mediante microondas terrestre, así como satelitales, tienen una gran importancia las guías de onda, por consiguiente en estas prácticas se realizan varias aplicaciones con el uso de guías de ondas, el alumno observará sus características y aplicaciones con diferentes guías de onda. La transmisión de datos, telefonía, video, radio, TV, por microondas estarán presentes las guías de onda ya sea a corta distancia o bien a largas distancia entre países o intercontinental usando microondas vía satelital.*

## **OBJETIVO TEÓRICO**

*Al finalizar el curso el alumno será capaz de comprender, los elementos básicos que conforman los enlaces de microondas, conocerá las características de los enlaces de microondas, así mismo aprenderá la forma de calcular un enlace microondas terrestre, como enlaces de tipo satelital.*

## **OBJETIVO PRÁCTICO**

*Los alumnos conocerán físicamente cada una de las guías de onda así mismo como están diseñadas, el material con que están construidas, sus características prácticas de funcionamiento, así mismo comprenderá la forma de propagación de las ondas electromagnéticas en su interior de la guía de onda. Además conocerá la aplicación de los instrumentos de medición usados en las guías de onda.*



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA SECCIÓN ELECTRÓNICA</b>
<b>REGLAMENTO INTERNO DE LABORATORIOS</b>	

El presente reglamento de la sección electrónica tiene por objetivo establecer los lineamientos para el uso y seguridad de laboratorios, condiciones de operación y evaluación, que deberán de conocer y aplicar, estudiantes y profesores en sus cuatro áreas: comunicaciones, control, sistemas analógicos y sistemas digitales.

1. Queda estrictamente prohibido, al interior de los laboratorios
  - a) Correr, jugar, gritar o hacer cualquier otra clase de desorden.
  - b) Dejar basura en las mesas de trabajo y/o pisos.
  - c) Fumar, consumir alimentos y/o bebidas.
  - d) Realizar o responder llamadas telefónicas y/o el envío de cualquier tipo de mensajería.
  - e) La presencia de personas ajenas en los horarios de laboratorio.
  - f) Dejar los bancos en desorden y/o sobre las mesas.
  - g) Mover equipos o quitar accesorios de una mesa de trabajo.
  - h) Usar o manipular el equipo sin la autorización del profesor.
  - i) Rayar y/o sentarse en las mesas del laboratorio.
  - j) Energizar algún circuito sin antes verificar que las conexiones sean las correctas (polaridad de las fuentes de voltaje, multímetros, etc.).
  - k) Hacer cambios en las conexiones o desconectar el equipo estando energizado.
  - l) Hacer trabajos pesados (taladrar, martillar, etc.) en las mesas de trabajo.
  - m) Instalar software y/o guardar información en los equipos de cómputo de los laboratorios.
  - n) El uso de cualquier aparato o dispositivo electrónico ajeno al propósito para la realización de la práctica.
  - o) Impartir clases teóricas, su uso es exclusivo para las sesiones de laboratorio.
2. Es responsabilidad del profesor y de los estudiantes revisar las condiciones del equipo e instalaciones del laboratorio al inicio de cada práctica (encendido, dañado, sin funcionar, maltratado, etc.). El profesor deberá generar el reporte de fallas de equipo o de cualquier anomalía y entregarlo al responsable de laboratorio o al jefe de sección.
3. Los profesores deberán de cumplir con las actividades y tiempos indicados en el “cronograma de actividades de laboratorio”.
4. Es requisito indispensable para la realización de las prácticas que el estudiante:
  - a) Descargue el manual completo y actualizado al semestre en curso, el cual podrá obtener en ([http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\\_ingenieria/](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/))
  - b) Presente su circuito armado en la tableta de conexiones para poder realizar la práctica (cuando aplique), de no ser así, tendrá una evaluación de cero en la sesión correspondiente.



- c) Realizar las actividades previas y entregarlas antes del inicio de la sesión de práctica, de no ser así, tendrá una evaluación de cero en la sesión correspondiente.
5. Estudiante que no asista a la sesión de práctica de laboratorio será evaluado con cero.
6. La evaluación de cada sesión debe realizarse con base en los criterios de evaluación incluidos en los manuales de prácticas de laboratorio y no podrán ser modificados. En caso contrario, el estudiante deberá reportarlo al jefe de sección.
7. La evaluación final del estudiante en los laboratorios será con base en lo siguiente:
  - a) **(Aprobado) Cuando el promedio total de todas las prácticas de laboratorio sea mayor o igual a 6 siempre y cuando tengan el 90% de asistencia y el 80% de prácticas acreditadas con base en los criterios de evaluación.**
  - b) **(No Aprobado) No cumplió con los requisitos mínimos establecidos en el punto anterior.**
  - c) **(No Presentó) Cuando no asistió a ninguna sesión de laboratorio o que no haya entregado actividades previas o reporte alguno.**
8. Profesores que requieran hacer uso de las instalaciones de laboratorio para realizar trabajos o proyectos, es requisito indispensable que las soliciten por escrito al jefe de sección. Siempre y cuando no interfiera con los horarios de los laboratorios.
9. Estudiantes que requieran realizar trabajos o proyectos en las instalaciones de los laboratorios, es requisito indispensable que esté presente el profesor responsable del trabajo o proyecto. En caso contrario no podrán hacer uso de las instalaciones.
10. Correo electrónico del buzón para quejas y sugerencias para cualquier asunto relacionado con los laboratorios ([seccion\\_electronica@cuautitlan.unam.mx](mailto:seccion_electronica@cuautitlan.unam.mx)).
11. El incumplimiento a estas disposiciones faculta al profesor para que instruya la salida del infractor y en caso de resistencia, la suspensión de la práctica.
12. A los usuarios que, por su negligencia o descuido inexcusable, cause daños al laboratorio, materiales o equipo deberá cubrir los gastos que se generen con motivo de la reparación o reposición, indicándose en el reporte de fallas correspondiente.
13. Los usuarios de laboratorio que sean sorprendidos haciendo uso indebido de equipos, materiales, instalaciones y demás implementos, serán sancionados conforme a la legislación universitaria que le corresponda, según la gravedad de la falta cometida.
14. Los casos no previstos en el presente reglamento serán resueltos por el Jefe de Sección, de acuerdo con los lineamientos generales para el uso de los laboratorios en la Universidad Nacional Autónoma de México.

## SECCIÓN ELECTRÓNICA

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Estado de Méx. a 18 de junio de 2024



## *Instructivo para la Elaboración del Reporte*

- a. Los reportes deberán basarse en la metodología utilizada en los manuales de prácticas de laboratorio.
- b. Ejemplo de portada de prácticas (obligatoria)

**U.N.A.M.**  
**F.E.S.C.**

Laboratorio de : **Microondas y Control Satelital** Grupo: \_\_\_\_\_

Profesor: \_\_\_\_\_

Alumno: \_\_\_\_\_

Nombre de Práctica: \_\_\_\_\_ No. de Práctica: \_\_\_\_\_

Fecha de realización: \_\_\_\_\_ Fecha de entrega: \_\_\_\_\_

Semestre: **2025-1**

### **Criterio de Evaluación**

C1 Actividades previas indicadas en el manual de prácticas.	20%
C2 Habilidad en el armado y funcionalidad de los sistemas.	20%
C3 Toma de lecturas correctas.	10%
C4 Reporte entregado con todos los puntos indicados en el manual de prácticas.	50%



## ***PRÁCTICA 1. Introducción al Equipo de Microondas***

### ***Objetivos.***

- Familiarizar al alumno con el equipo y dispositivos de Microondas.
- Descripción de cada dispositivo su uso y aplicación en Microondas.

### ***Introducción.***

El entrenador de microondas es un equipo para el desarrollo de prácticas del laboratorio y que consta de instrumentos de medición, así como diferentes tipos de guías de onda, tales como antenas de corneta, guías para medición de longitud de onda, medidor de frecuencia de cavidad, atenuadores, acopladores direccionales, sintonizador de tornillo, detectores de cristal, selectores para onda estacionaria, adaptadores para coaxial, cables con conectores. Este equipo, así como cada uno de los dispositivos que contiene son de tipo didáctico, por lo cual al alumno se le hará más fácil entender y comprender las características y propiedades relacionadas con las microondas, así mismo comprenderá el funcionamiento de propagación de onda electromagnéticas a través de las guías de onda, este equipo opera en las bandas X y Ku, en el rango frecuencias de 8.5 GHz a 12.4 GHz.

### ***Precaución.***



Se recomienda a los alumnos que cuando esté operando y encendido el equipo, no observar hacia el interior de las guías de onda, para evitar un posible daño a la vista.



### ***Recomendaciones.***

- Se recomienda que cuando arme los arreglos de guías de onda, lo haga sobre la mesa de trabajo, y posteriormente montarlos sobre las bases o soportes.
- Cuando realice modificaciones a los arreglos, mantenga el equipo apagado, para evitar algún daño a los instrumentos.



### ***Actividades Previas de la Práctica.***

1. El alumno deberá leer la práctica con anterioridad al día de laboratorio.
2. El alumno investigara el concepto de microondas, ventajas y desventajas dentro de las telecomunicaciones.

### ***Desarrollo de la Práctica.***

1. El Profesor mostrará y explicará la función y el uso de cada uno de los dispositivos con que cuenta el equipo de microondas, así mismo lo hará con los instrumentos de medición que lo integran.
2. El Profesor mostrará cada dispositivo del equipo para que el alumno se vaya relacionando con las guías de onda, observe físicamente como es su diseño, la forma que tiene y el tipo de material con que está construido.
3. El alumno observará y tomara evidencia de cada uno de los elementos mostrados por el profesor y anotando la función que realiza cada dispositivo.  
Nota: no incluir en el reporte las imágenes contenidas de este manual.

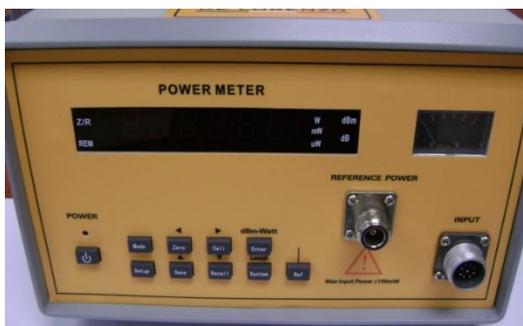
### ***Instrumentos y componentes:***



*Generador de Señal de Microonda*



*Medidor de Onda Estacionaria SWR*



*Medidor de Potencia*



*Sensor de Potencia*



**Componentes:**



*Atenuador Variable*



*Atenuador Fijo 6 dB*



*Medidor de Frecuencia*



*T-Híbrida*



*Guía de Onda Recta*



*Terminación de Guía de Onda*



*Adaptador Coaxial*



*Detector Cristal*



*Antena de Corneta*



*Acoplador Direccional*



*Sintonizador de Tornillo Deslizante*



*Selector de Onda Estacionaria SWR*

***Conclusiones.***

***Bibliografía.***



## ***PRÁCTICA 2. El Atenuador variable en Guías de Onda***

### ***Objetivo.***

- El alumno conocerá las características de Atenuador Variable y su aplicación en las guías de onda de tipo rectangular.

### ***Introducción.***

*El Atenuador Variable*, proporciona atenuación mediante la introducción de una tira resistiva en el interior de la guía de onda. Según la longitud introducida de esta tira en la guía de onda será el grado de atenuación del dispositivo. Este atenuador se utiliza para controlar los niveles de potencia en el sistema.

### ***Actividades previas de la práctica.***

1. Investigar lo que es una Guía de Onda.
2. Investigar la propagación electromagnética en una Guía de Onda TE, TM, TEM.
3. El tipo de fórmula que se aplica para Guías de Onda rectangulares de tipo TE<sub>10</sub>, las cuales son las que se utilizar en la realización de las prácticas.
4. Investigar la fórmula que conversión de potencia en Watt a dBm y dBm a Watt.

### ***Material y equipo.***

- Generador de Microonda
- Medidor y Sensor de Potencia
- 2 Adaptadores Coaxiales
- Atenuador Variable
- Guía de Onda Recta
- Cables con Conectores

### ***Desarrollo de la Práctica.***

1. Arme con los dispositivos de microondas tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 2.1.

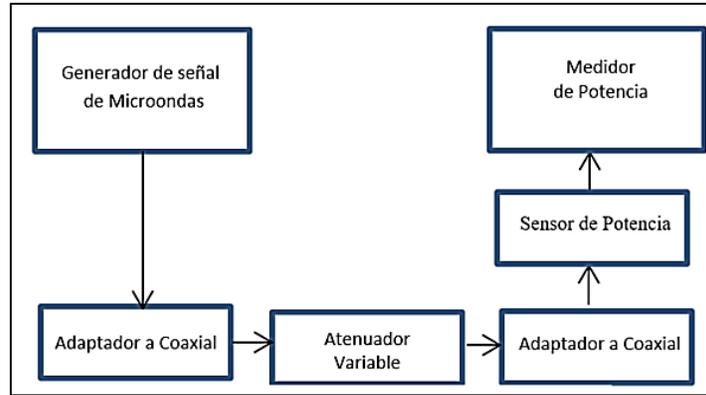


Figura 2.1 Aplicación del Atenuador Variable



Figura 2.2 Vista de la aplicación del atenuador variable

2. Encender los instrumentos, el Generador de Microondas y Medidor de Potencia.
3. Calibrar a cero el medidor de potencia. (ver anexo 1)
4. Seleccione los siguientes valores con el Generador de Microondas:  
Portadora: 10 GHz;  
Moduladora: 1 KHz  
Amplitud: 01 dBm
5. En el atenuador variable seleccione los valores que se muestran en la tabla 2.1 y anote los valores de potencia (mW) obtenidos con el medidor de potencia.
6. Posteriormente obtenga los valores en dBm, aplicando la fórmula que corresponde.

Atenuador Variable	0	1.0	5.0	10.0	15.0	20.0
Medición de Potencia (mW)						
Medición de potencia (dBm)						

Tabla 2.1



7. Seleccione los valores siguientes con el Generador de Microonda:  
Portadora: 10 GHz  
Moduladora: 1 KHz  
Amplitud: 03 dBm
8. En el atenuador variable, seleccione los valores que se muestran en la tabla 2.2 y anote los valores de potencia (mW) obtenidos en el medidor de potencia.
9. Posteriormente obtenga los valores en dBm aplicando la fórmula que corresponde.

Atenuador Variable	0	1.0	5.0	10.0	15.0	20.0
Medición de Potencia (mW)						
Medición de potencia (dBm)						

Tabla 2.2

10. Seleccione los siguientes valores con el Generador de Microonda:  
Portadora: 10GHz  
Moduladora: 1KHz  
Amplitud: 05dBm
11. En el atenuador variable, seleccione los valores que se muestran la tabla 2.3 y anote los valores de potencia (mW) obtenidos en el medidor de potencia.
12. Posteriormente obtenga los valores en dBm aplicando la fórmula que corresponde.

Atenuador Variable	0	1.0	5.0	10.0	15.0	20.0
Medición de Potencia (mW)						
Medición de potencia (dBm)						

Tabla 2.3

13. Escriba sus comentarios en base a los datos obtenidos de las tablas 2.1, 2.2 y 2.3.
14. Apague los instrumentos de medición y desconecte los cables que están conectados a las guías de onda.
15. Quite las bases del arreglo de guía de onda; una vez que se encuentra sobre la mesa el arreglo de guía de onda, agregue la guía de onda recta como se muestra en la figura 2.3.
16. Monte el equipo de microondas tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 2.3. conecte los cables con las guías de onda.
17. Encienda los instrumentos, el Generador de Microondas y Medidor de Potencia.

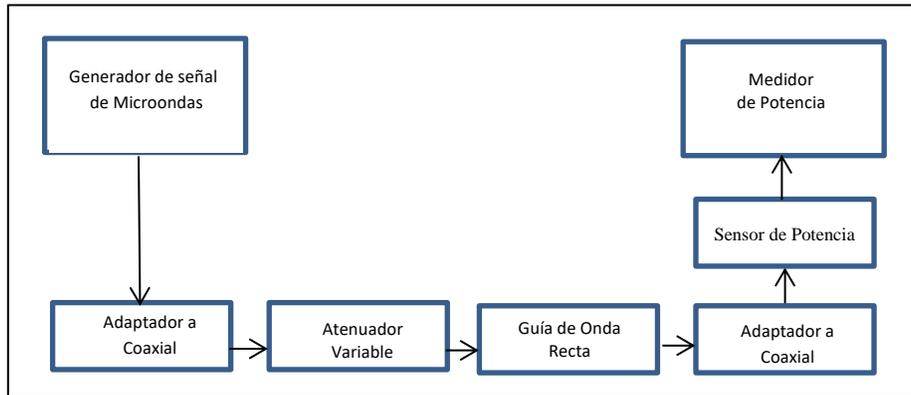


Figura 2.3 Aplicación del atenuador variable y guía de onda recta



Figura 2.4 Vista de la aplicación del atenuador variable en guías de onda.

18. Seleccione los valores siguientes en el Generador de Microonda.  
Portadora: 10 GHz  
Moduladora: 1 KHz  
Amplitud: 05 dBm).
19. Con el atenuador variable seleccione los valores siguientes que se muestra la tabla 2.4 y anote los valores de potencia (mW) obtenidos en medidor de potencia.
20. Posteriormente obtenga los valores en dBm aplicando la fórmula que corresponde.

Atenuador Variable	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	15.0	20.0
Medición de Potencia (mW)								
Medición de potencia (dBm)								

Tabla 2.4

21. Escriba sus comentarios en base a los datos obtenidos de la tabla 2.4.
22. Apague los instrumentos de medición y desconecte los cables del equipo así como los cables que conectan a las guías de onda.



### ***Cuestionario.***

1. En las guías de ondas rectangulares tipo  $TE_{10}$ , en las ventanas de propagación en algunas son más grandes que en otras, de que depende esta particularidad.
2. Qué tipo de polarización usa las guías de ondas rectangulares.
3. Como se propaga la onda en el interior de las guías rectangulares.
4. Qué tipo de polarización se usó en las guías de onda de la práctica.

### ***Conclusiones.***

### ***Bibliografía.***



## ***PRÁCTICA 3. El Atenuador Fijo 6 dB***

### ***Objetivo.***

- El alumno conocerá las características de Atenuador fijo 6 dB y su aplicación en las guías de onda.

### ***Introducción.***

**El Atenuador Fijo** proporciona una atenuación constante. La atenuación en la guía de onda se obtiene mediante de un delgado material absorbente en el interior de la guía de onda, el atenuador fijo es utilizado para reducir los niveles de potencia en el sistema.

### ***Actividades previas de la práctica.***

1. Explicar la importancia de obtener los datos de una atenuación fija en los elementos que conforman un enlace por microondas y dar ejemplos de elementos que contengan un valor fijo de atenuación.
2. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.

### ***Material y equipo.***

- Generador de Microonda
- Medidor y Sensor de Potencia
- 2 Adaptadores Coaxiales
- Atenuador fijo de 6 dB
- Guía de Onda Recta
- Cables con Conectores.

### ***Desarrollo de la Práctica.***

1. Monte el equipo de microondas tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 3.1.
2. Encender los instrumentos, el Generador de Microondas y Medidor de Potencia.
3. Calibrar a cero el medidor de potencia.

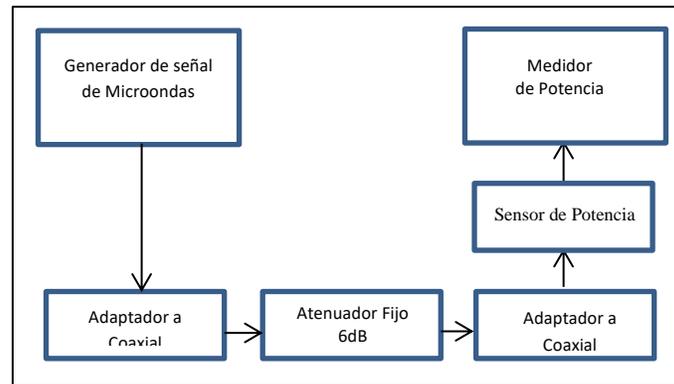


Figura 3.1 Aplicación del Atenuador Fijo 6 dB



Figura 3.2 Vista de la aplicación del atenuador 6 dB

4. Seleccione los valores en el Generador de Microonda:  
Portadora: 10 GHz  
Moduladora: 1 kHz  
Amplitud: 01 dBm
5. Anote el valor obtenido en el medidor de potencia en dBm y posteriormente obtenga el valor medido en mW.
6. Posteriormente varíe los valores del Generador de Microondas, tal y como se muestra en la tabla 3.1.
7. Anote los valores en mW obtenidos en el medidor de potencia en la tabla 3.1.
8. Posteriormente realice la conversión en dBm y anótelos en la tabla 3.1.

Generador Microondas	8GHz 1kHz 01dBm	8GHz 1kHz 02dBm	8GHz 1kHz 03dBm	8GHz 1kHz 04dBm	8GHz 1kHz 05dBm
Medición de Potencia (mW)					
Medición de potencia (dBm)					

Tabla 3.1

9. A continuación, varíe en el Generador Microondas la frecuencia de la portadora a 10 GHz con los respectivos valores, tal y como se muestra la tabla 3.2; anote los valores obtenidos.

Generador Microondas	10GHz 1kHz 01dBm	10GHz 1kHz 02dBm	10GHz 1kHz 03dBm	10GHz 1kHz 04dBm	10GHz 1kHz 05dBm
Medición de Potencia (mW)					
Medición de potencia (dBm)					

Tabla 3.2

10. Comente los resultados obtenidos de las tablas 3.1 y 3.2.
11. Apague los instrumentos de medición y desconecte los cables del equipo.
12. Monte el equipo de microondas tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 3.3.

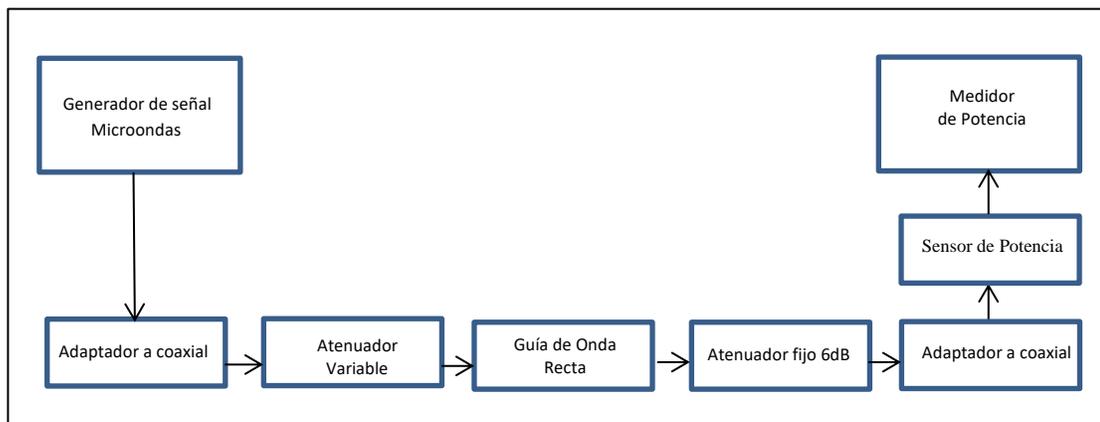


Figura 3.3 Aplicación del atenuador fijo 6 dB



Figura 3.4 Vista de la aplicación del atenuador fijo 6 dB

13. Una vez que armo las guías de onda sobre la mesa, monte el arreglo sobre sus bases, conecte los cables de los instrumentos y encienda el equipo.
14. Seleccione los valores siguientes en el Generador de Microonda:  
Portadora: 10 GHz  
Moduladora: 1 KHz  
Amplitud: 05 dBm
15. Efectúe las siguientes mediciones de potencia (mW) haciendo variar el atenuador y anote los valores en la tabla 3.3.
16. Posteriormente obtenga los valores en dBm aplicando la fórmula que corresponda.

Atenuador Variable	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	15.0	20.0
Medición de Potencia (mW)								
Medición de Potencia (dBm)								

Tabla 3.3

17. Escriba sus comentarios en base a los datos obtenidos en la tabla 3.3.
18. Apagar los instrumentos de medición y desconectar los cables del equipo.
19. Desmonte el arreglo, desarmar y guardar los dispositivos en su maleta.

### ***Conclusiones.***

### ***Bibliografía.***

## PRÁCTICA 4. EL Acoplador Direccional

### Objetivo.

- Comprender las propiedades básicas del acoplador direccional en las guías de onda.

### Introducción.

El acoplador direccional básicamente es un dispositivo que se usa para tomar una muestra de la señal de microondas. La estructura física de este acoplador se considera como la de una línea de transmisión con un puerto de entrada por dos puertos de salida, el puerto que se encuentra en la parte superior del dispositivo es la abocada para la toma de muestras. La directividad de este dispositivo permite que la energía no solo sea acoplada al extremo superior, sino que también transferida en una sola dirección.

Existe dos formas de poder configurarlo, tal y como lo muestra en la figura 4.1; la configuración más adecuada para la toma de muestras será la de onda directa.

Sin embargo, en la práctica también se realizará la conexión en onda reflejada, tal y como se muestra en la figura 4.1.



Figura 4.1 Muestra las direcciones de conducción del acoplador direccional.

### Actividades previas de la práctica.

1. Investigue los tipos de modulación que existen en la transmisión de microondas, dar ejemplos de aplicación.
2. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.

### Material y equipo.

- Generador de Microonda
- Medidor y Sensor de Potencia
- Osciloscopio
- 2 Adaptadores Coaxiales

- Guía de Onda Recta
- Guía de Onda direccional
- Cables y Conectores.

### *Desarrollo de la Práctica.*

8. Monte el equipo de microondas tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 4.2; en este arreglo se usará el acoplador direccional en la configuración de onda directa.

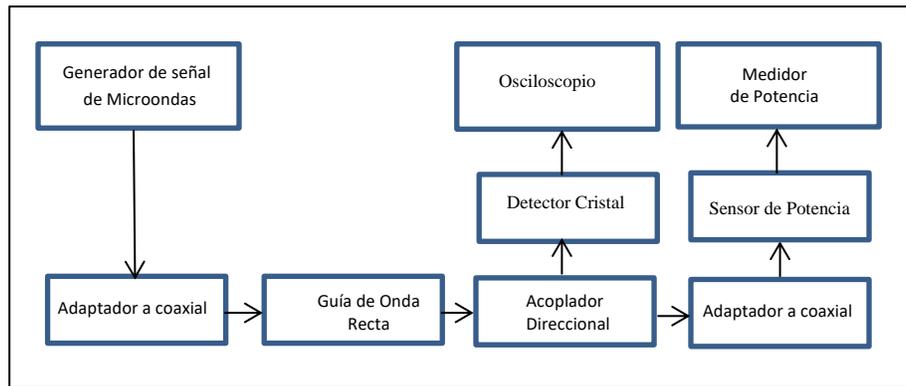


Figura 4.2 Aplicación del Acoplador direccional en guías de onda



Figura 4.3 Vista de acoplador direccional en onda directa

1. Una vez armado el arreglo de las guías de onda, encender los instrumentos el Generador de Microondas, Osciloscopio y el Medidor de Potencia.
2. Deberá seleccionar en el Generador de Microonda, los valores que se indican:  
Portadora: 10 GHz  
Moduladora: 3 KHz  
Amplitud: 05 dBm
3. Dibuje señal del osciloscopio y anote el voltaje pico y su tiempo.
4. Anote el valor en dB que se registra el medidor de potencia.

5. Apagar los instrumentos de medición y desconectar los cables que unen al arreglo de guía de onda.
6. Quite las bases del arreglo de guía de onda, una vez que se encuentra sobre la mesa el arreglo de guía de onda, desmonte el detector de cristal y el adaptador a coaxial con el sensor de potencia y cámbielos como se muestra en la figura 4.4.

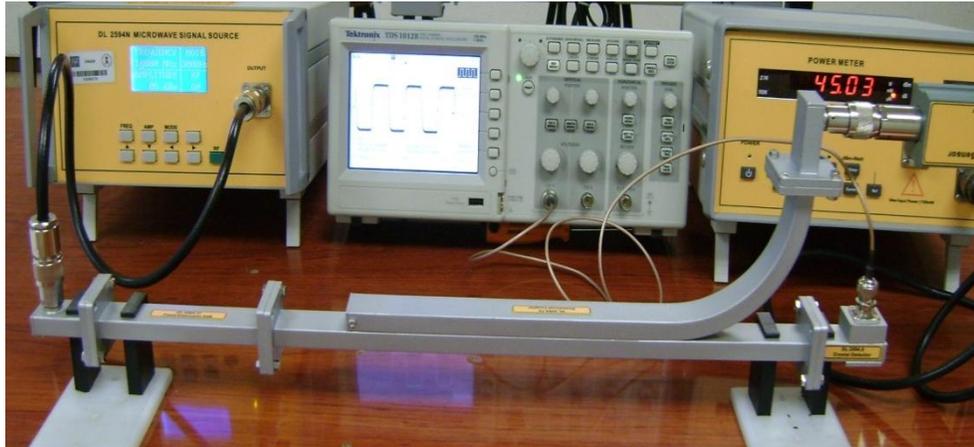


Figura 4.4 Vista del acoplador direccional con cambio en la medición.

7. Dibuje la señal del osciloscopio y anote el voltaje pico a pico y su tiempo.
8. Anote el valor en dB que se registra el medidor de potencia.
9. Anotar sus comentarios referidos al arreglo que realizo referente a la figura 4.4.
10. Apagar los instrumentos de medición y desconectar los cables que unen al arreglo de guía de onda.
11. Quite las bases del arreglo de guía de onda, una vez que se encuentra el arreglo sobre la mesa, remover la guía de acoplamiento direccional e inviértala como muestra en la figura 4.5.

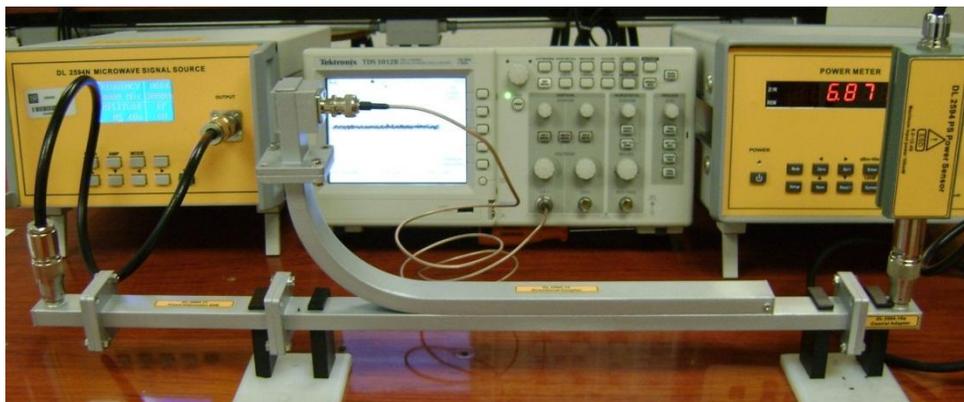


Figura 4.5 Vista del acoplador direccional invertido.

12. Dibuje señal del osciloscopio y anote el voltaje pico a pico y su tiempo.

13. Anotar el valor en dB que se registra en el medidor de potencia.
14. Anote sus comentarios referidos a la figura 4.5.
15. Apagar los instrumentos de medición y desconecte los cables que unen al arreglo de guía de onda.
16. Quite las bases del arreglo de guía de onda, una vez que se encuentra sobre la mesa el arreglo de guía de onda desmonte el detector de cristal y el adaptador de coaxial con el sensor de potencia, cámbielos de posición como muestra la figura 4.6.



Figura 4.6 Vista del acoplador direccional en arreglo de onda reflejada

17. Dibuje la señal del osciloscopio y anote el voltaje pico a pico y su tiempo.
18. Anotar el valor en dB que se registra el medidor de potencia.
19. Anote sus comentarios referidos a la figura 4.6.
20. Apagar los instrumentos de medición y desconectar los cables del equipo.
21. Desmontar el arreglo, desarmarlo y guardar los dispositivos en su maleta.

### ***Conclusiones.***

### ***Bibliografía.***

## PRÁCTICA 5. El Demodulador de Microonda

### Objetivo.

- Conocer el funcionamiento y la aplicación del Demodulador en Microondas.

### Introducción.

El Generador de Microonda suministra una señal modulada por amplitud en microondas, el cual genera ondas electromagnéticas con una portadora en el rango de 8.5 GHz a 12.4 GHz y una señal moduladora de tipo cuadrada con una amplitud que puede ser variable y opera en el rango de 1 kHz a 5 kHz.

El Detector de Cristal y cuya función es la realización de la demodulación de la señal, que proviene del generador de microondas. La figura 5.1 muestra la señal modulada por amplitud, así como el detector cristal, el cual detecta la señal la moduladora o señal de información.

Para la realización de esta práctica se hará uso del acoplador direccional, en el puerto de salida de la parte superior del acoplador direccional se instalará el detector cristal para obtener la señal moduladora o de información. Mientras que por el otro puerto de salida se obtendrá la señal modulada por amplitud.

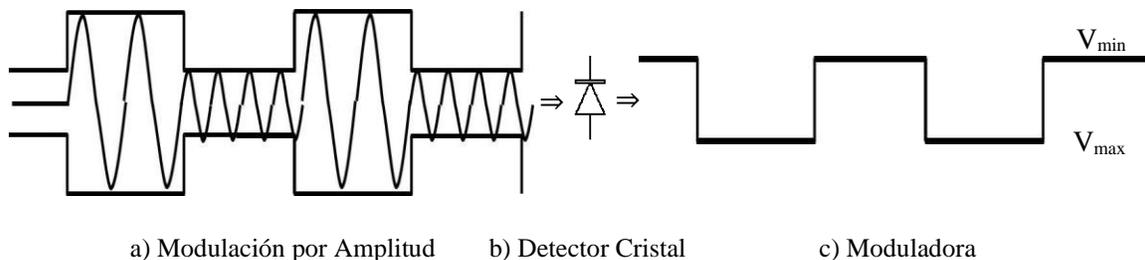


Figura 5.1 Muestra la señal modulada, el detector cristal y la señal demodulada

### Actividades previas de la práctica.

1. Investigue la definición de modulación, los tipos de modulación analógica y digital.
2. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.

## Material y equipo.

- Generador de Microonda
- Medidor y Sensor de Potencia
- 2 Adaptadores Coaxiales
- Atenuador fijo 6 dB
- Guía de Onda acoplamiento direccional
- Detector Cristal.
- Cables conectores.

## Desarrollo de la Práctica.

1. Monte el equipo de microondas tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 5.2.

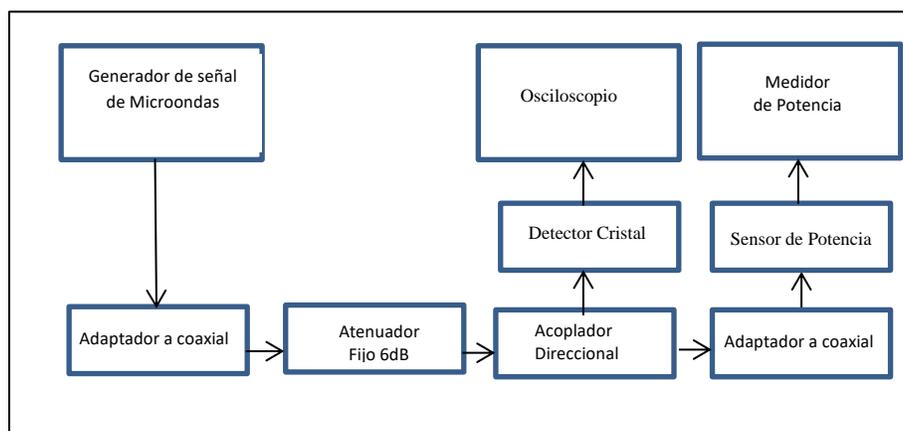


Figura 5.2 Aplicación del Demodulador en Guía de onda



Figura 5.3 Vista del Demodulador

2. Una vez armado el arreglo de guía de onda, encender los instrumentos: el Generador de Microondas, Osciloscopio y Medidor de Potencia.



3. En el Generador de Microonda se seleccionarán los siguientes valores:  
Portadora: 10 GHz  
Moduladora: 3 KHz  
Amplitud: 05 dBm
4. Dibuje señal del osciloscopio y anote el voltaje pico a pico y su tiempo.
5. Anotar el valor en dB que se registra en el medidor de potencia.
6. Variar en el generador de Microondas la Moduladora a 4 KHz y la amplitud de 08 dBm.
7. Observe en el osciloscopio, dibuje la señal y anote su amplitud y tiempo, así como la frecuencia.
8. Observe en el medidor de Potencia anote el valor de medición en dB.
9. Con los valores seleccionados anteriormente en el generador de microonda, ahora varíe la frecuencia de la portadora, asigne el valor de 12 GHz.
10. Registre y anote los valores tanto del osciloscopio como en el medidor de potencia dBm. Anote sus observaciones.
11. Apagar los instrumentos de medición y desconectar los cables del equipo.
12. Desmontar el arreglo, desarmarlo y guardar los dispositivos en su maleta.

### ***Cuestionario.***

1. Qué entiende por onda Portadora.
2. Qué entiende por señal moduladora.
3. Qué entiende por señal inteligente.
4. Qué entiende por demodulación.

### ***Conclusiones.***

### ***Bibliografía.***

## PRÁCTICA 6. La Guía de Onda T-Hibrida

### Objetivos.

- Entender los principios básicos de la T-Hibrida.
- Comprender los arreglos y características de T-Hibrida

### Introducción.

La guía de onda T-Hibrida cuenta con cuatro puertos de entrada-salida, como se muestra en la figura 6.1 (a); esta guía de onda tiene una similitud al transformador de inducción con tap central, como se muestra en la figura 6.1 (b).

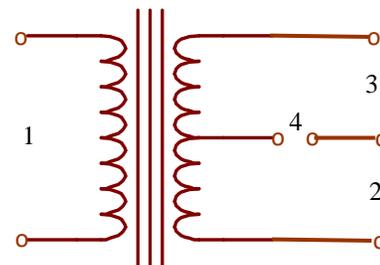
Se observa en el equivalente de bobina híbrida que para que puedan operar los puertos 2 y 3 se requiere de un corto circuito en el puerto 4; por consiguiente, en el puerto 4 de la guía de onda se instalará una placa de corto circuito.

Cuando las impedancias internas en la guía de onda están correctamente conectadas, la energía que incidente en cualquiera de las ramas se divide en forma igual entre ramas adyacentes, pero no existe energía acoplada en las ramas opuestas.

La figura 6.1 muestra una guía de onda T- Hibrida, así como su equivalente de la bobina Híbrida.



a) Guía de onda T-Híbrida.



b) Equivalente Bobina Híbrida.

Figura 6.1 Se muestra la T-Híbrida y su equivalencia en bobina.

### Actividades previas de la práctica.

1. Investigar los dispositivos pasivos de microondas en redes de tres y cuatro accesos.
2. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.

## Material y equipo.

- Generador de Microonda
- Osciloscopio
- Medidor y Sensor de Potencia
- Guía Onda T-Hibrida
- Adaptador Cristal
- 2 Adaptadores Coaxiales
- Atenuador fijo 6 dB
- Placa de Cortocircuito
- Cables y Conectores.

## Desarrollo de la Práctica.

1. Monte el equipo de microondas tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 6.2.

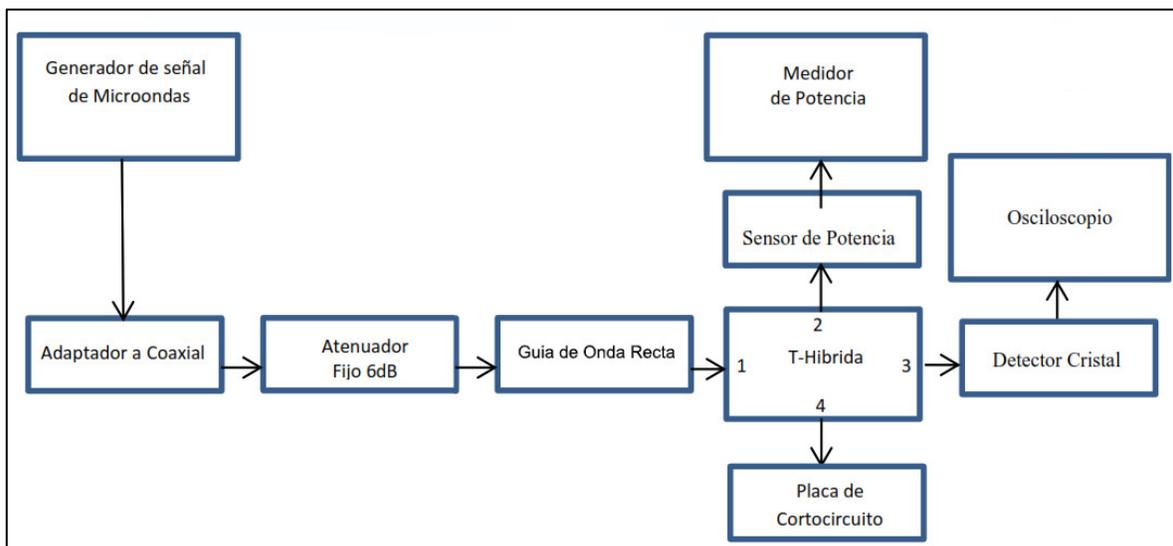


Figura 6.2 Aplicación de la T-Hibrida

2. Una vez armado el diagrama a bloque encender los instrumentos, el Generador de señal de Microondas, Osciloscopio y Medidor de Potencia.
3. Seleccione los valores en el Generador de Microonda como se indica a continuación:  
Portadora: 10 GHz  
Moduladora: 3 KHz  
Amplitud: 05 dBm

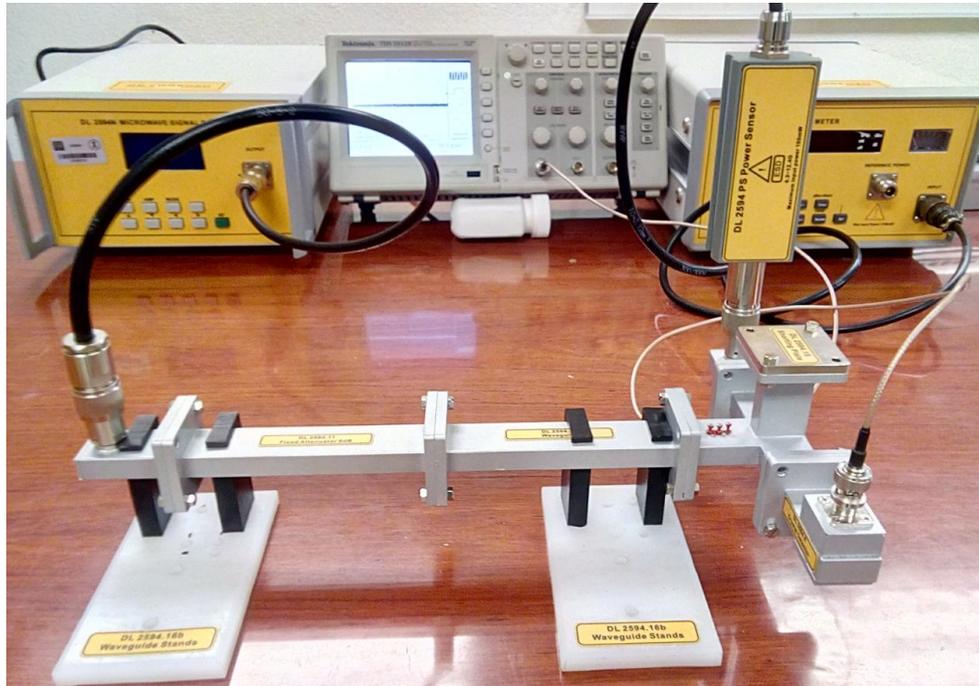


Figura 6.3 Vista de la T-Hibrida

4. Observe la señal en el osciloscopio, dibuje y anote el voltaje pico y su tiempo.
5. En el medidor de potencia anote el valor de potencia en dB.
6. En el Generador de Microondas varié la Moduladora a 5KHz y la Amplitud de 02dBm.
7. Observe la señal en el osciloscopio y anote su amplitud y tiempo.
8. En el medidor de Potencia registre la medición en dBm y anote el valor.
9. Monte el equipo de microondas tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 6.4.

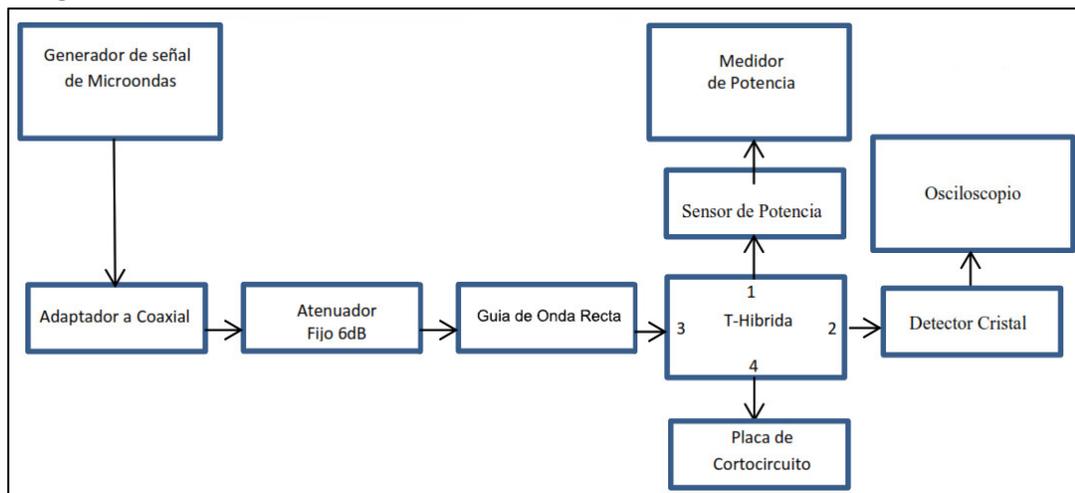


Figura 6.4 Arreglo con la T-Hibrida

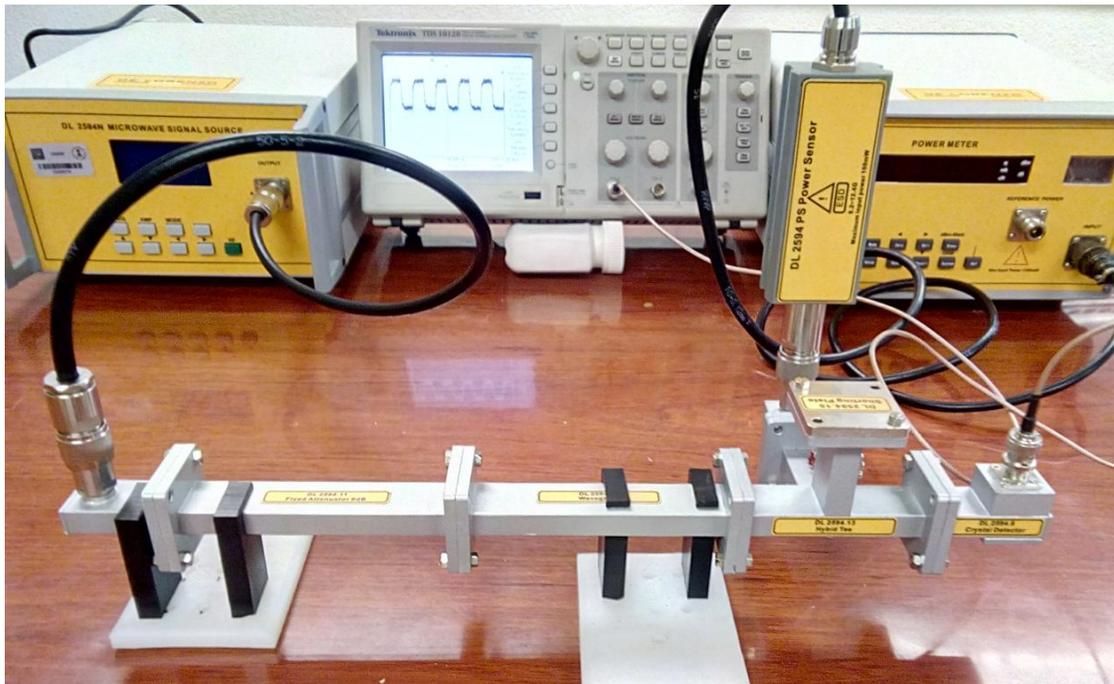


Figura 6.5 Vista del arreglo de la T-Hibrida

10. Una vez armado el diagrama a bloque encender los instrumentos, el Generador de Microondas, Osciloscopio y Medidor de Potencia.
11. Seleccione los valores en el Generador de Microonda como se indica a continuación:  
Portadora: 10GHz  
Moduladora: 3 kHz  
Amplitud: 05 dBm
12. Observe la señal en el osciloscopio, dibuje y anote el voltaje pico y su tiempo.
13. En el medidor de potencia registre y anote el valor dB.
14. Varié los valores en el Generador de Microondas, la Moduladora a 5KHz, y la Amplitud de 02dBm.
15. Observe la señal el osciloscopio registre y anote su amplitud y tiempo.
16. En el medidor de Potencia registre y anote la medición en dB.
17. Anote sus observaciones vistas en la práctica.
18. Apagar los instrumentos de medición y desconectar los cables del equipo.
19. Desmontar el arreglo, desarmarlo y guardar los dispositivos en su maleta.



### ***Cuestionario.***

1. En las guías de ondas rectangulares, el iris o bien las ventanas son más grandes en unas y en otras, ¿de qué depende?
2. ¿Qué tipo de polarización usan las guías de ondas rectangulares?
3. ¿Cómo se propaga la onda en guías rectangulares?
4. ¿Qué tipo de polarización se usó en las guías de onda de la práctica?

### ***Conclusiones.***

### ***Bibliografía.***



## ***PRÁCTICA 7. El Medidor de Frecuencia***

### ***Objetivos.***

- Conocer y comprender las características básicas del Medidor de Frecuencia en las guías de onda.

### ***Introducción.***

El principio en que se basa el funcionamiento del medidor de frecuencia, es la característica del alto factor de calidad “Q” de la cavidad resonante a la cual el medidor de frecuencia está unido. La señal de microonda en la guía de onda se acopla a la cavidad resonante a través de una cavidad ranurada entre la cavidad y la guía de onda. La frecuencia de resonancia varía de acuerdo a la cavidad de guía de onda. El tamaño de la cavidad es variable y con ello varía la frecuencia de resonancia. Esta variación se realiza por medio del movimiento de una flecha en ambos sentidos axiales, los valores de las frecuencias son calibrados por medio de una perilla y una caratula con dichos valores.

Cuando se tenga en el Generador de Microondas una frecuencia seleccionada, y se gire lentamente la perilla del medidor de frecuencia se registrará en el medidor de potencia una disminución de valor en la lectura, se considerará que la cavidad de medidor de frecuencia estará en resonancia con respecto a la señal del generador.

Para una frecuencia diferente tanto en el medidor de frecuencia como en el Generador de Microondas, los niveles de Potencia serán máximos.

### ***Actividades previas de la práctica.***

1. Investigue las frecuencias en que operan las bandas de microondas, Banda L, Banda X, Banda C, Banda Ku.
2. El alumno deberá realizar la lectura de la práctica de laboratorio.

### ***Equipo.***

- Generador de señal de Microonda
- Medidor y Sensor de Potencia
- Osciloscopio
- 2 Acopladores coaxiales
- Guía de onda recta
- Guía de onda T- híbrida

- Terminación de guía de onda
- Detector cristal
- Cable y conectores.

### Desarrollo de la Práctica.

1. Monte el equipo los componentes de microondas tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 7.1.

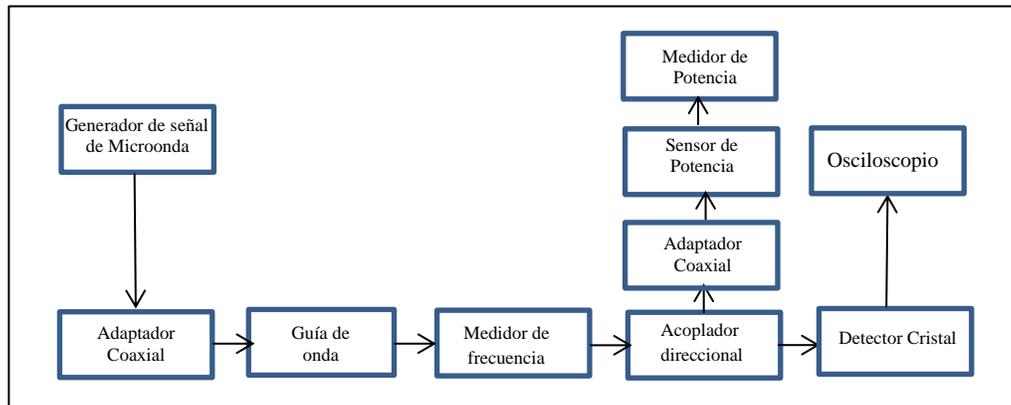


Figura 7.1 Aplicación del Medidor de Frecuencia



Figura 7.2 Vista del Medidor de Frecuencia

2. Una vez armado el arreglo de guías de onda, encender el Generador de Microondas, Osciloscopio y Medidor de Potencia.
3. Calibre el medidor de potencia a cero.
4. En el Generador de señal de Microonda seleccione los valores siguientes:  
Portadora: 10 GHz  
Moduladora: 3 KHz  
Amplitud: 05 dBm
5. En el medidor de frecuencia varíe la frecuencia, tal y como se indica en la tabla 7.1 y anotando los valores de voltaje registrados en el osciloscopio.



6. Registre los valores con el medidor de potencia, a partir de las diferentes frecuencias como muestra la tabla 7.1
7. Determine la potencia en dB usando la fórmula de conversión y anote los valores en la tabla.
8. Una vez que se ha completado la tabla, mencione sus conclusiones que observó.

Frecuencia (MHz)	9500	9600	9700	9800	9900	10000	10100	10200	10300	10400	10500
Osciloscopio Amplitud (Vpp)											
Potencia (mW)											
Potencia (dBm)											

Tabla 7.1 Valores al variar el medidor de frecuencia

9. Varíe los valores en el Generador de Microonda como se indica a continuación: (Portadora a 12GHz, Moduladora 3KHz, Amplitud de 05dBm)
10. De igual forma que realizo en los puntos 6, 7 y 8 Anote en la tabla 7.2 los valores de voltaje y de potencia.
11. Una vez que completado los valores que se indican en la tabla, mencione sus conclusiones que observó.

Frecuencia (MHz)	11500	11600	11700	11800	11900	12000	12100	12200	12300	12400	12500
Osciloscopio Amplitud (Vpp)											
Potencia (mW)											
Potencia (dB)											

Tabla 7.2 Valores al variar el medidor de frecuencia

10. Apagar los instrumentos de medición y desconectar los cables del equipo.
11. Desmontar el arreglo, desarmarlo y guardar los dispositivos en su maleta.

### Questionario.

1. En la modulación analógica, cómo será la frecuencia de la información con respecto a la frecuencia de la portadora.
2. En modulación digital, la onda portadora será analógica o digital.
3. En modulación digital, la señal moduladora será analógica o digital.
4. Mencione las ventajas o beneficios que presenta el usar la modulación digital.
5. Mencione las desventajas representativas de usar modulación analógica.

### Conclusiones.

### Bibliografía.



## ***PRÁCTICA 8. Sintonizador de Onda Estacionaria***

### ***Objetivos.***

- Conocer y comprender las características del sintonizador de onda estacionaria en las guías de onda.

### ***Introducción.***

Para medir el valor el “Patrón de onda estacionaria” en el interior de la guía de onda, se hace uso de una guía de onda lineal ranurada y en donde se encuentra montada una base deslizante metálica y en el interior se encuentra un detector de cristal, el cual es conectado al osciloscopio y poder observar la onda estacionaria que se encuentra en el interior de la guía de onda.

Con el conocimiento del patrón de onda estacionaria y sus valores, es posible determinar la longitud de onda, la relación de onda estacionaria (SWR) y la impedancia de la línea de transmisión.

Como su nombre lo indica, la línea tiene una ranura a lo largo de su eje longitudinal en la parte superior de la guía onda. Y contiene una sonda con un detector a cristal, este conjunto está diseñado para deslizarse a lo largo de la abertura de la ranura, la sonda toma muestras del campo eléctrico existen dentro de la guía, mientras que el detector a cristal realiza y detecta la onda estacionaria de la señal.

### ***Actividades previas de la práctica.***

1. Investigue la onda estacionaria en guías de onda.

### ***Equipo.***

- Generador de señal de Microonda
- Osciloscopio
- Medidor de potencia
- 2 Adaptadores coaxiales
- Guía de onda recta
- Guía de onda sintonizadora de onda estacionaria
- Cable y conectores.

## Desarrollo de la Práctica

1. Monte los dispositivos de microondas como se muestra en la figura 8.1

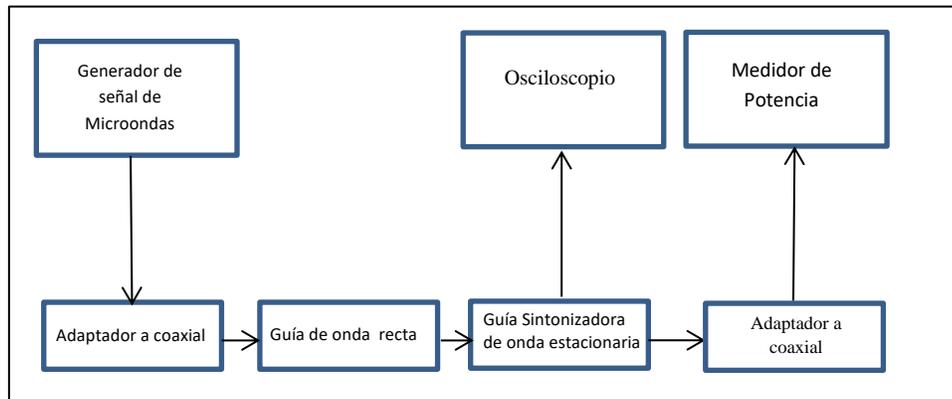


Figura 8.1 Aplicación del Sintonizado de onda estacionaria.

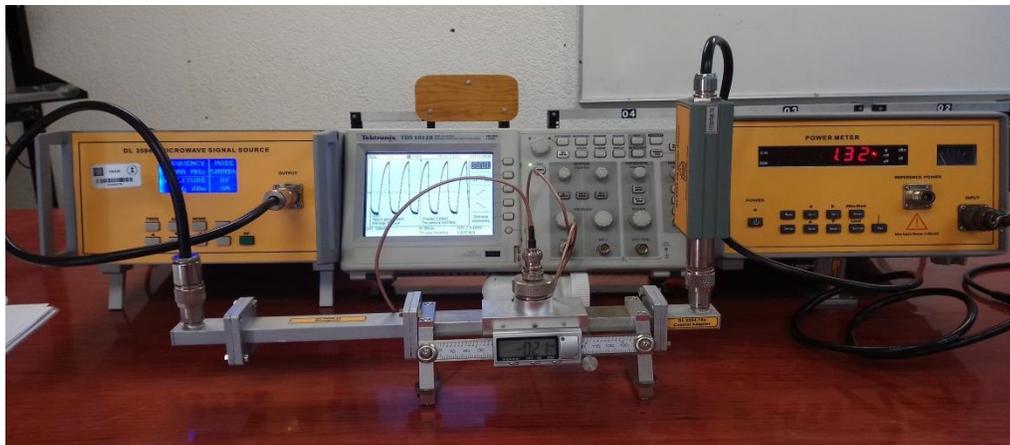


Figura 8.2 Vista del sintonizador de onda estacionaria.

2. Una vez armado el arreglo de guía de onda, encender el Generador de Microondas y apagando el botón RF y posteriormente seleccione los siguientes valores:  
Portadora: 12 GHz  
Moduladora: 3 KHz  
Amplitud: 05 dBm
3. Encender el osciloscopio y el Medidor de potencia.
4. En el generador de microondas encender RF
5. En el osciloscopio se observa la onda estacionaria, y con el medidor de potencia registrara los datos numéricos.
6. En el costado de la guía de onda de sintonía se tiene una regleta fija en centímetros, además se tiene un display digital para tomar lecturas numéricas en centímetros.



7. Seleccione en el generador de microonda los siguientes valores:  
Portadora: 8 GHz  
Moduladora: 5 KHz  
Amplitud: 05 dBm
8. De los datos dados con anterioridad determinara la longitud de onda con la regleta que tiene integrada en la guía de onda con la regleta fija o bien con la digital, Deberá tomar como referencia la onda que aparece en el osciloscopio y deberá medir la longitud de onda en su inicio y el final de onda, si lo realiza en forma digital, deberá tomar como referencia el inicio de la onda que aparece y en el display digital aparece un botón donde deberá resetear en cero, aparece en display ceros posteriormente deslizará lentamente hacia la derecha observando en el osciloscopio el final de la onda y tomara la lectura en el display y la registrara en su cuaderno y tomara fotografía con su celular de realizado, anote sus comentarios.
9. Calcule aplicando la fórmula que corresponde para determinar la longitud de onda.
10. Seleccione en el generador de microonda los siguientes valores:  
Portadora: 10 GHz  
Moduladora: 3 KHz  
Amplitud: 05 dBm
11. Repita los pasos anteriores 8 y 9.
12. Seleccione en el generador de microonda los siguientes valores:  
Portadora: 12 GHz  
Moduladora: 1 KHz  
Amplitud: 05 dBm
13. Repita los pasos anteriores 8, 9.
14. Apagar los instrumentos de medición y desconectar los cables del equipo.
15. Desmontar el arreglo, desarmarlo y guardar los dispositivos en su maleta.

### ***Conclusiones.***

### ***Bibliografía.***



## ***PRÁCTICA 9. El sintonizador de tornillo deslizante***

### ***Objetivo.***

- El alumno conocerá las características del Sintonizador de tornillo deslizante y su aplicación en las guías de onda.

### ***Introducción.***

A través de las guías de onda se propaga una onda debido al campo eléctrico, la cual circula a través de esta línea de transmisión y por consiguiente esta onda contiene ciclos positivos y negativos los cuales se encuentran estacionados en el interior de la guía de onda. El sintonizador de tornillo se usará como herramienta para determinar las crestas y valles de la onda estacionaria, el sintonizador de tornillo deslizante servirá para determinar la altura y profundidad de la onda estacionaria.

La profundidad de la sonda dentro de la guía de onda es ajustable y la intensidad de la señal detectada es proporcional a esta profundidad. El usuario debe de cuidar el detalle de proporcionar una profundidad óptima a la sonda ya que una profundidad pequeña puede detectar una débil señal, en cambio una profundidad mayor, podría distorsionar la forma de onda de la señal por detectar, al igual que reducir su valor en una guía de onda.

### ***Material y equipo.***

- Generador de Microonda
- Osciloscopio
- Adaptador coaxial
- Guía de onda recta
- Sintonizador de tornillo deslizante
- Detector de Cristal
- Cables con Conectores.

### ***Desarrollo de la Práctica.***

1. Monte las guías de onda como se muestra la figura 9.1

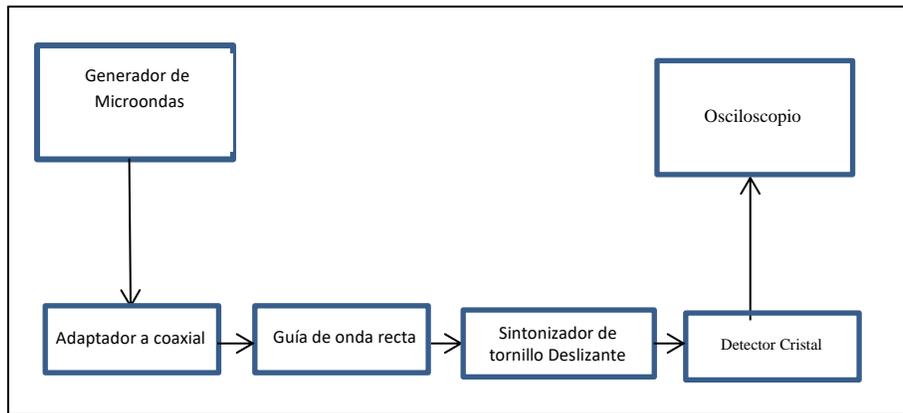


Figura 9.1 Aplicación del Sintonizador de Tornillo Deslizante

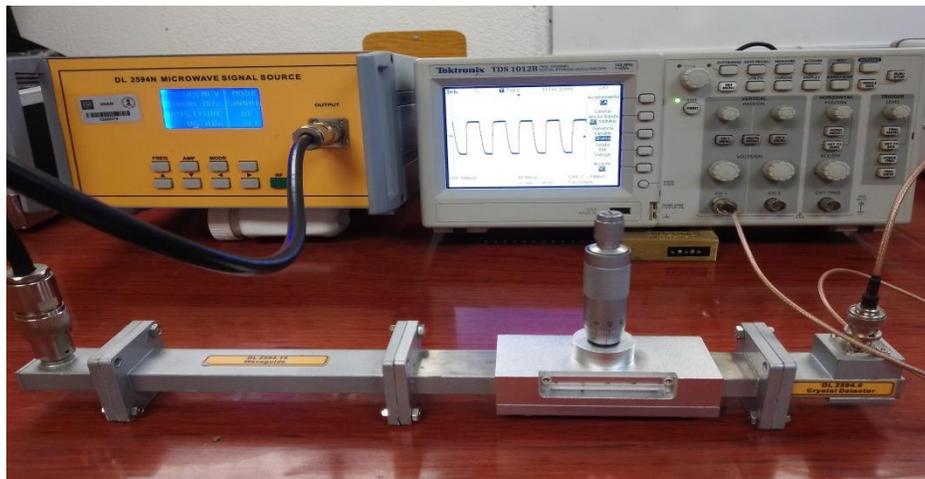


Figura 9.2 Vista del sintonizador de tornillo deslizante.

2. Una vez armada las guías de onda encender el Generador Microondas y el Osciloscopio.
3. Seleccione en el generador de microonda los siguientes valores:  
 Portadora: 8 GHz  
 Moduladora: 5 KHz  
 Amplitud: 05 dBm
4. Seleccione con el tornillo los valores de profundidad del tornillo, como se muestra en la tabla, y medir con el osciloscopio los voltajes como se muestra en la tabla No. 9.1

Profundidad del tornillo	0mm	2mm	4mm	6mm	8mm
Osciloscopio Vpp					

Tabla 9.1



5. Con la regleta lateral que tiene el sintonizador de tornillo deslizante determine la longitud de la onda estacionaria.
6. Seleccione en el generador de microonda los siguientes valores:  
Portadora: 10 GHz  
Moduladora: 3 KHz  
Amplitud: 05 dBm
7. Seleccione con el tornillo los valores de profundidad del tornillo, como se muestra en la tabla y medir con el osciloscopio los voltajes como se muestra en la tabla No.9.2

Profundidad del tornillo	0mm	2mm	4mm	6mm	8mm
Osciloscopio Vpp					

Tabla 9.2

8. Con la regleta lateral que tiene el sintonizador de tornillo deslizante determine la longitud de la onda estacionaria.
9. Seleccione en el generador de microonda los siguientes valores:  
Portadora: 12 GHz  
Moduladora: 2 KHz  
Amplitud: 05 dBm
10. Seleccione con el tornillo los valores de profundidad del tornillo, como se muestra en la tabla y medir con el osciloscopio los voltajes como se muestra en la tabla No. 9.3

Profundidad del tornillo	0mm	2mm	4mm	6mm	8mm
Osciloscopio Vpp					

Tabla 9.3

11. Con la regleta lateral que tiene el sintonizador de tornillo deslizante determine la longitud de la onda estacionaria.
12. Apagar los instrumentos de medición y desconectar los cables del equipo.
13. Desmontar el arreglo, desarmarlo y guardar los dispositivos en su maleta.

### **Conclusiones.**

### **Bibliografía.**



## ***PRÁCTICA 10. Antena de bocina.***

### ***Objetivo.***

- Conocer en las antenas de bocina, el lóbulo primario, patrón de radiación, y la polaridad de radiación de la antena.

### ***Introducción.***

El patrón de radiación de una antena de bocina o corneta tendrá una forma tridimensional, y contiene lóbulos primarios como secundarios, donde se tendrá mayor énfasis en el lóbulo primario, el cual tendrá un ángulo de apertura de haz, que de las características propias de la antena, la apertura de haz de lóbulo primario, respecto al ángulo de anchura de haz, se obtiene trazando un perpendicular del valor máximo del lóbulo primario entre el eficaz.

Otro elemento de suma importancia es la polaridad de la antena, así como la directividad de la antena.

### ***Actividades previas de la práctica.***

1. Realizar una investigación de las polaridades que puede tener una antena (mínimo dos cuartillas).
2. El alumno deberá realizar con anterioridad la lectura de la práctica.

### ***Equipo.***

- Generador de señal de Microonda
- Osciloscopio
- 2 Adaptadores coaxiales
- Guía de onda recta
- 2 Antenas de bocina o de corneta
- Detector Cristal
- Espátula reflectora
- Cable y conectores

## Desarrollo de la Práctica.

1. Monte el equipo de microondas tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 10.1. Una vez armado el arreglo de guía de onda, encender el generador de microondas, osciloscopio. (Calibrar a cero el medidor de potencia).

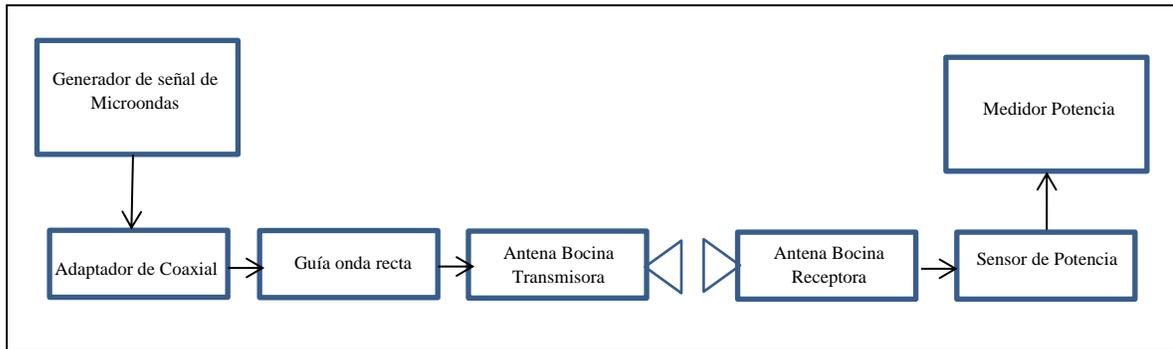


Figura 10.1 Aplicación de la Antenas de Bocina

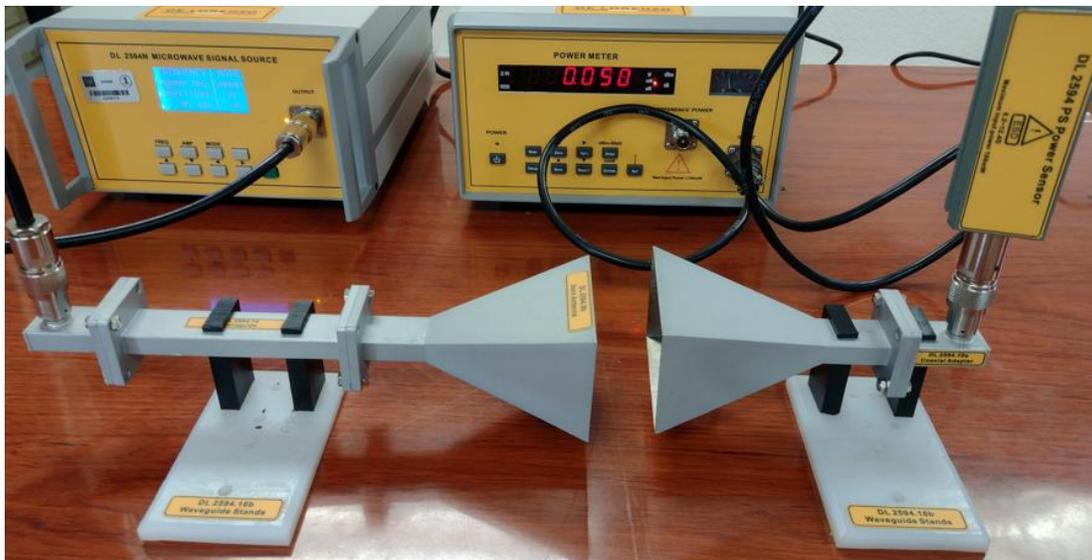


Figura 10.2 Vista de las Antenas de Bocina

2. Coloque las antenas de bocina con una separación de 2 cm de distancia, una frente a la otra.
3. En el Generador de Microonda seleccionar los siguientes valores:  
Portadora: 12 GHz  
Moduladora: 3kHz  
Amplitud: 05 dBm
4. Registre los valores que se obtienen en el medidor de potencia siguiendo los valores de distancia entre las antenas y como se muestra en la tabla 10.1.

5. Posteriormente obtenga los valores en dBm aplicando la fórmula que corresponda.

Distancia entre antenas	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm	15 cm	20 cm
Medición de Potencia (mW)							
Medición de potencia (dBm)							

Tabla 10.1

6. Apagar los instrumentos y posteriormente desarme las guías de ondas.
7. Monte el equipo de microondas tal y como se muestra en el diagrama a bloques de la figura 10.2. Una vez armado el arreglo de guía de onda, encender el generador de microondas y el osciloscopio.

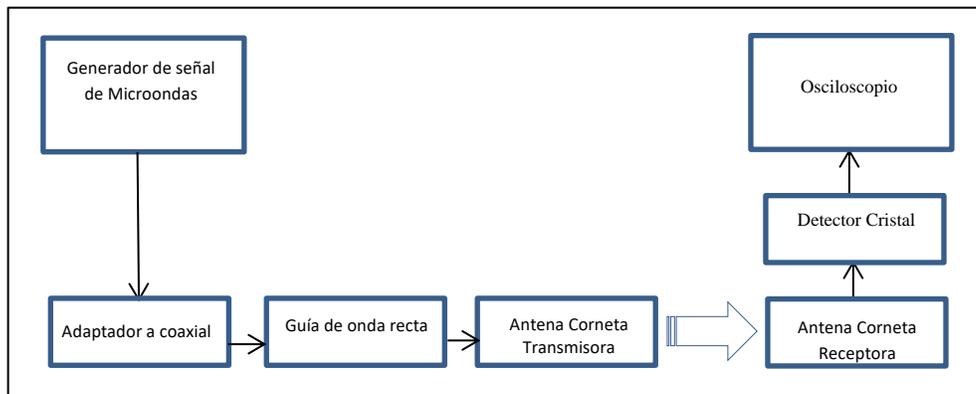


Figura 10.3 Aplicación de Antenas de Corneta

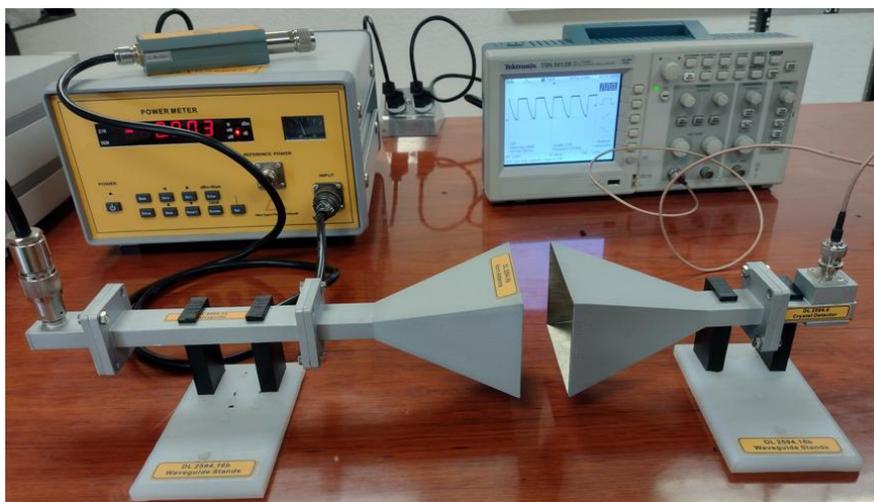


Figura 10.4 Vista de la aplicación de Antenas de Corneta

9. En el Generador de Microonda seleccionar los siguientes valores:  
Portadora: 12 GHz  
Moduladora: 3 kHz  
Amplitud: 05 dBm
10. Dibuje la señal del osciloscopio y anote el voltaje pico a pico y su tiempo.
11. Seleccione en el generador de microonda los siguientes valores:  
Portadora: 10 GHz  
Moduladora: 5 kHz  
Amplitud: 05 dBm
12. Dibuje la señal del osciloscopio y anote el voltaje pico a pico.
13. Funcionando el sistema y sin apagar los equipos, introduzca la espátula reflectora entre la antena transmisora y la receptora; observe en el osciloscopio lo que ocurre. Explique y anote sus comentarios.
14. Funcionando el sistema, levante la antena receptora y sin salirse del patrón de radiación de las antenas, gire la antena receptora  $90^\circ$ . Posteriormente regrésela a su estado inicial. Describa lo que sucede y anote sus comentarios.

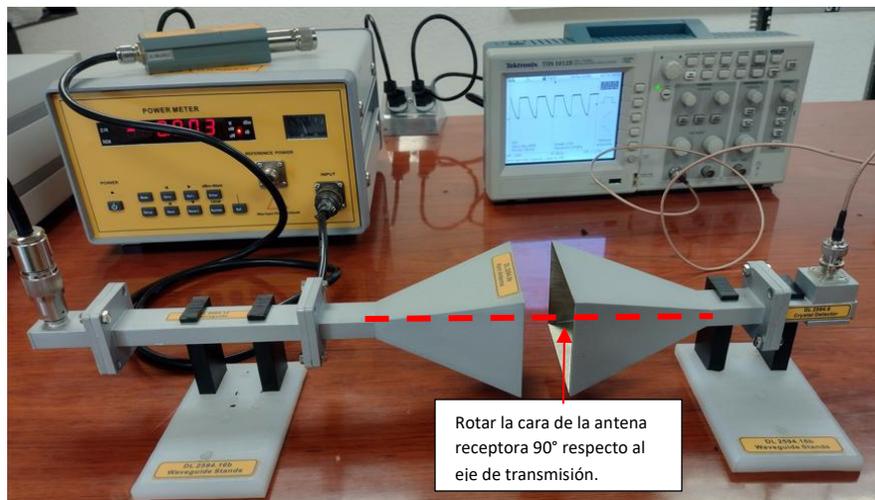


Figura 10.5 Rotar la cara de la antena receptora  $90^\circ$  respecto al eje de transmisión.

### **Determinación de la abertura en grados de haz radiación del lóbulo primario de la antena transmisora.**

15. Mantenga fija la antena transmisora.
16. La antena receptora se instalará a 20 cm de la antena transmisora sobre el mismo eje.
17. Mover la antena receptora de forma rotacional respecto al eje de transmisión.
18. Obtener el ángulo de radiación de la antena transmisora.
19. Apagar los instrumentos de medición y desconectar los cables del equipo.

20. Desmontar el arreglo, desarmarlo y guardar los dispositivos en su maleta.

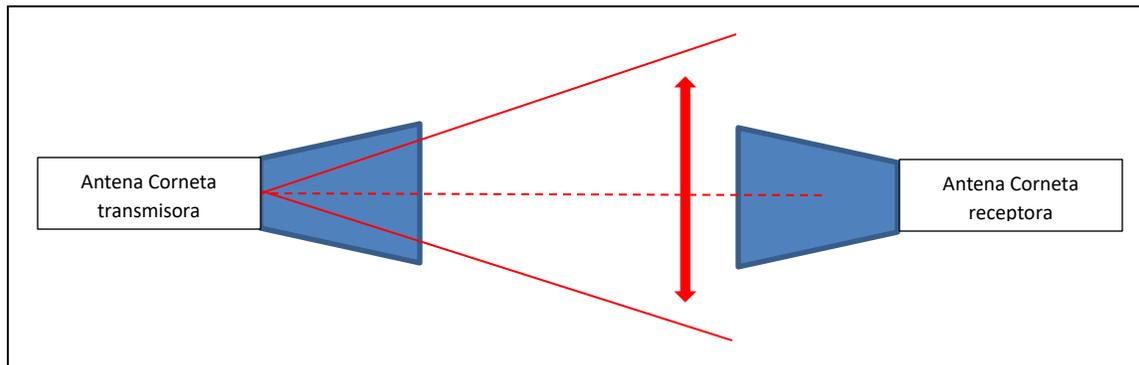


Figura 10.6 Rotar la antena receptora 90° respecto al eje de transmisión.

***Conclusiones.***

***Bibliografía.***



## *Bibliografía*

- *Samuel Y. Liao Microwave Devices and Circuits. Prentice- Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1985.*
- *Pozar, David M. Microwave and RF Design of Wireless Systems, New York, John Wiley & Sons, 2000.*
- *Rohde, Ulrich L. Newkirk, David P., RF/Microwave Circuit Design for Wireless Applications, New York, Wiley-Interscience, 2000*
- *H.A. Watson. Microwave Semiconductor Devices and Their Circuit Applications, Mc Graw Hill, Inc. USA 1969.*
- *Mario Cevallos V. Ing. Escuela Politécnica Nacional Publicación Oscilador de Microondas con diodo Gunn y Varactor.*
- *José María Zamudio, Constantino Pérez Vega, Juan A. Saiz Ipiña, Miguel A. Solano. Universidad Cantabria. Publicación Oscilador Gunn Banda X de bajo costo, para uso Educativo y de investigación.*



# ANEXO



## Descripción técnica de los componentes utilizados en las prácticas de laboratorio de Microondas y Satélite.

### Fuente de señal de microondas



Es un nuevo tipo de generador de señal de microondas, basado en un lazo cerrado de fase controlada digitalmente, con alta estabilidad de frecuencia y bajo ruido de fase. Tiene dos modos de salida de señal, modo de onda continua y modo de modulación por desplazamiento de amplitud. Los alumnos disponen de una señal de modulación de onda cuadrada incorporada de 400Hz ~ 4KHz para la configuración. El rango de frecuencia de salida de la banda S a la banda Ku puede ser elegido por los alumnos.

El generador de señal de microondas utiliza una pantalla LCD, la cual tiene características como una respuesta rápida y una visualización clara. Con el panel frontal, el usuario puede controlar manualmente la frecuencia de la señal, la configuración de la potencia y otras instrucciones. Su rendimiento superior cumple con los requisitos de transmisión de radar, comunicaciones, radio y televisión y otros campos de comunicación. También puede llevar a cabo perfectamente el experimento de un sistema de guía de ondas de 3cm.

#### *Especificaciones técnicas*

Índice	Parámetros (típicos)
Rango de frecuencia	8 - 12GHz
Estabilidad de frecuencia	1ppm
Paso de frecuencia	1MHz

Rango de potencia	-10dBm ~ +10dBm
Precisión de potencia	±2dB
Paso de potencia	1dB
Ruido de fase	<-70dBc/Hz@10kHz
Potencia espuria	<-20dBc(parásito armónico)
Modulación	Onda cuadrada interna 400Hz-4KHz (paso de 1Hz)
Rango de temperatura	0 ~ 40°C
Temperatura de almacenamiento	-40 ~ 70°C
Consumo de Potencia	50W
Dimensiones	330×260×105mm
Peso	5kg (Aprox.)

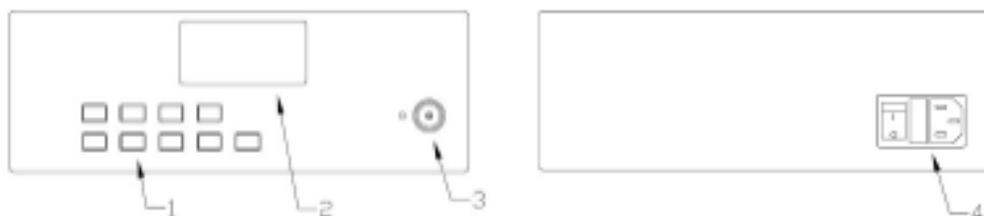
### Modo de operación

Este dispositivo puede operar de dos formas distintas:

- modo de salida de onda continua: en el modo de salida de onda continua, la salida de la fuente de señal se envía directamente sin modulación de señal portadora;
- modo de salida de modulación por desplazamiento de amplitud: en el modo de salida de modulación de amplitud, la salida de la fuente de señal es modulada por una portadora establecida por el alumno. La frecuencia de modulación se puede configurar en este modo usando el panel.

### Descripción de control e introducción de funciones

#### Descripción (Figura)



#### Función

Panel	Función
(1) Teclado	Se usa para configurar la frecuencia de la señal de salida, la potencia, el modo de operación, la información del estado de salida RF.
(2) LCD	Se usa para mostrar la frecuencia de la señal de salida, la potencia, el



	modo de operación, la información del estado de salida de RF.
(3) Salida RF	Salida de señal de microondas de 8-12GHz por medio de un conector N, cuando el LED junto al conector enciende, se envía la señal de salida RF. Este es controlado por la tecla de salida RF en el teclado.
(4) Enchufe Fusible Interruptor de alimentación	CA 110 ~ 220V, 50Hz/60 Hz; 250V/1A Para encender o apagar el generador de señal.

Teclado	Función
[FREQ]	Establece la frecuencia de la señal de salida. Presione este botón para ingresar al modo de configuración de frecuencia.
[AMP]	Establece la potencia de salida. Presione este botón para ingresar al modo de configuración de potencia.
[MODE]	Establece el modo de salida de señal: 1.- modo de onda continua; 2.- modo de modulación de amplitud. El modo de modulación de amplitud puede establecer la frecuencia de la señal de modulación.
[▲ ▼ ◀ ▶]	La tecla de dirección se usa para seleccionar y cambiar los parámetros paso a paso.
[RF]	Para habilitar o deshabilitar la señal de salida RF.

### *Guía del usuario*

#### *Precauciones y advertencias*

- (1) Antes de usar este equipo, lea cuidadosamente las instrucciones y operaciones del manual del usuario;
- (2) El rango de tensión de la fuente de alimentación es CA 110V~220V, 50Hz/60Hz. La sobretensión puede dañar los componentes internos del instrumento;
- (3) El instrumento es más estable después de 5 minutos de precalentamiento después de la inicialización.

#### *Instrucciones de operación*

- (1) **Encendido del instrumento:** conecte el cable de alimentación (110 ~ 220 V, CA), presione el interruptor de alimentación, el instrumento entra en el proceso de inicialización. Cuando se completa la inicialización, entra en modo de trabajo.
- (2) **Instrucciones de función del teclado:** El panel frontal tiene 9 teclas, [FREQ], [AMP], [MODE], [], [▲ ▼ ◀ ▶], [RF].



#### A - Configuración de la frecuencia de la señal de salida

Para configurar la frecuencia de salida, presione la tecla [FREQ] para ingresar al modo de configuración de frecuencia y después, utilice las teclas [▲ ▼ ◀ ▶] para establecer la frecuencia requerida. Las teclas [◀ ▶] se usan para elegir el bit de frecuencia presente y, las teclas [▲ ▼] se usan para aumentar o disminuir el número de bit presente.

#### B - Configuración de la potencia de salida

Para configurar la potencia de salida, presione la tecla [AMP] para ingresar al modo de configuración de potencia y luego use las teclas [▲ ▼ ◀ ▶] para establecer la potencia requerida. El rango de potencia es de -10 dB a 10 dB, el paso mínimo es de 1 dB.

#### C - Selección del modelo y configuración de frecuencia de portadora

El modelo de salida RF del generador puede ser de dos tipos: 1.- modo de salida de onda continua, la parte superior derecha de la pantalla LCD muestra "CW" (Continuous Wave); 2.- salida de modulación por desplazamiento de amplitud, la parte superior derecha de la pantalla LCD muestra la frecuencia de la portadora;



el modo de salida se puede cambiar con la tecla [MODE]. Cuando esté en el modo de salida de modulación por desplazamiento de amplitud, use las teclas [▲ ▼ ◀ ▶] para establecer la frecuencia de portadora requerida.

#### D - Control de salida RF

La señal de salida RF se puede activar o desactivar presionando la tecla [RF].

E - [ ] se reserva para futuras funciones.



## Medidor de potencia

### Descripción general

El medidor de potencia es un instrumento que sirve para medir la potencia de las microondas continuas. El instrumento se compone de pantalla LED digital, teclado, conector de entrada de señal, panel de instrumentos, toma de corriente (panel posterior), una interfaz de depuración (panel posterior) y un sensor de potencia separado. El sensor del medidor de potencia contiene un diodo de microondas y el circuito transductor correspondiente.



#### Precaución:

- 1) La entrada máxima de potencia del sensor del medidor es de 100mW (20dBm). Por arriba de los 100mW, la entrada de señal causará daños al sensor y al medidor de potencia.
- 2) El medidor de potencia debe estar bien conectado a tierra antes de ser utilizado, de lo contrario dañará el sensor de potencia.
- 3) Los daños causados por un manejo incorrecto por parte del usuario no están cubiertos por la garantía.

### Especificaciones técnicas

Índice	Parámetros (típicos)
Rango de frecuencia	8.2 - 12.4 GHz
Rango de trabajo	1mW~100mW
Precisión	±10%
Relación Voltaje de onda estacionaria	VSWR ≤ 1.5
Potencia media máxima	Prueba de exceso de potencia de 1 minuto
Punto de referencia de potencia	50MHz 1.00mW ± 1.5%
Ruido a la deriva	En un min (± 0.1mW)
Modo de visualización	W, mW, dBm and dB
Alimentación	220V 50Hz 20W
Tamaño	220x155x290mm
Peso	3 kg (Aprox.)

### Descripción

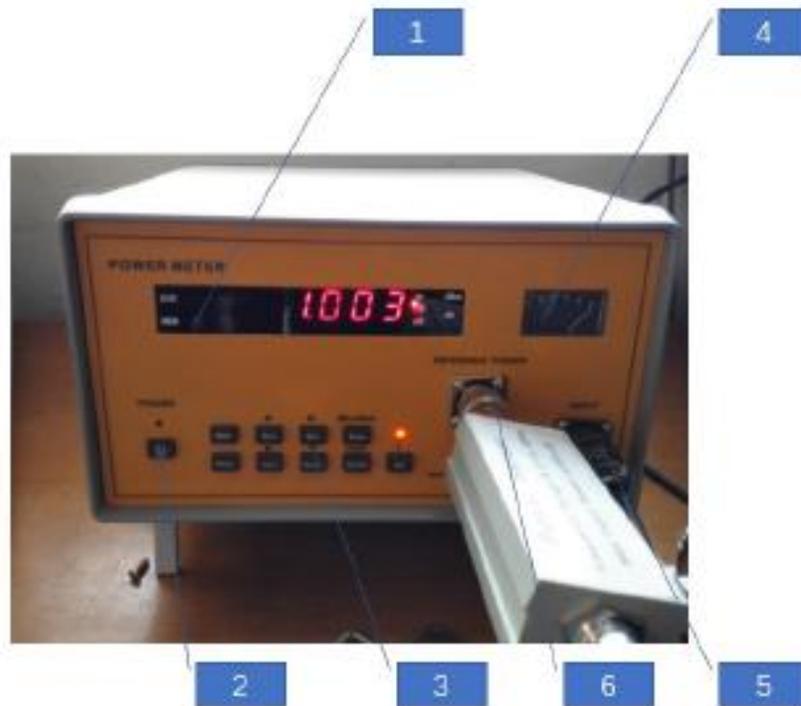


Figura 1. Panel frontal del medidor de potencia

#### 1- Pantalla LED

Muestra el valor medido.

#### 2- Interruptor de alimentación

Cuando el cable de alimentación se conecta al medidor de potencia, el led enciende en rojo, indicando que el medidor de potencia está en modo de espera. Cuando se presiona el botón del interruptor de encendido, el led cambia a verde, indicando que el instrumento está ahora en modo de trabajo. Al presionar el botón nuevamente, el medidor de potencia regresa al modo de espera.

#### 3- Teclado

El teclado incluye 9 teclas: modo, cero, calibración, configuración, guardar, recuperar, sistema, ingresar y referencia. Para su funcionamiento, consulte las instrucciones de funcionamiento del panel.



#### 4- Medidor

Refleja la tendencia de la pantalla digital.

#### 5- Conector de entrada del sensor

La señal de entrada debe conectarse aquí a través del sensor de potencia.

#### 6- Salida de potencia de referencia

Envía una señal de referencia.



#### Advertencia

- 1) Antes de usar este instrumento, el usuario debe leer cuidadosamente las instrucciones del instrumento y estar familiarizado con el método de operación.
- 2) Para garantizar una vida útil larga del instrumento, el usuario debe elegir un espacio interior limpio, seco y ventilado para usarlo y almacenarlo.
- 3) La tensión de alimentación no debe exceder los  $220V \pm 22V$ , de lo contrario, el rendimiento del instrumento no está garantizado.
- 4) El instrumento generalmente se puede usar unos minutos después de haber finalizado el proceso de arranque. Para utilizar el medidor en pruebas muy precisas, se recomienda dejarlo calentar por lo menos 30 minutos después del proceso de arranque.
- 5) Antes de la prueba, ajuste el medidor de potencia a cero y sin entrada de señal. Luego, conecte la entrada a la potencia de referencia del panel con el sensor de potencia y realice las operaciones de calibración, pulsando el botón Zero y después el botón Enter.
- 6) Para pruebas de precisión, el medidor de potencia debe configurarse de acuerdo con la frecuencia de la señal de entrada.



## *Operación del panel*

### 1. Encendido

Cuando el cable de alimentación (AC220V) está conectado, la luz indicadora se enciende con color rojo. El indicador está en la parte superior del botón de encendido, lo que indica que está encendido, pero en modo de espera. Cuando se presiona el botón de encendido y el indicador cambia al color verde, el instrumento está en modo de trabajo.

### 2. Operación de las teclas

En el panel frontal, hay un total de 10 teclas. Tecla de encendido, Tecla de modo, Tecla de configuración, Zero/◀ (cero), Calibration/▶ (calibración), Save/▲ (Guardar), Recall/▼ (Recuperar), Enter/dBm-Watio (Ingresar), System/local (Sistema) y Ref (Referencia).

La función de la tecla de encendido ya se ha mostrado. La tecla de referencia (Ref) y una luz piloto gestionan la fuente de referencia de 50MHz/1mW. La tecla Ref activa o desactiva la salida de señal de referencia. A continuación se muestra la descripción del uso de los otros 8 botones.

### 3. Modo

Hay dos modos de visualización del instrumento. Modo de medición de potencia (Watt o dBm) y modo de medición de autorreferencia (RES) (es decir, modo dB). Puede pasar de un modo a otro presionando la tecla Mode. En el modo de medición de potencia, puede presionar la tecla Enter para cambiar el valor de visualización de Watt o dBm.

Cuando se selecciona el modo de referencia RES, la forma logarítmica  $10\lg(X_n / X_0)$  se muestra como el primer valor medido. De esta forma, el valor de referencia se puede actualizar presionando la tecla Enter.

### 4. Configuración

El instrumento establece la frecuencia y el desplazamiento medidos mediante la tecla de configuración para que la señal medida se refleje correctamente durante la medición.

Ajuste de frecuencia: cuando se presiona la tecla Configuración, la pantalla LED muestra "FR-XX". Esto indica que se ha ingresado al modo de ajuste de frecuencia. El rango de configuración de frecuencia es 0 ~ 12, 0 significa 50MHz, otros están en GHz como unidad. El valor de la frecuencia se puede cambiar presionando la tecla Save/▲ y la tecla Recall/▼.

Ajuste de compensación (offset): presione de nuevo la tecla de configuración en el modo de ajuste de frecuencia para mostrar "RO-XXX". El ajuste está en el estado de ajuste de compensación. El rango de ajuste es de 0 - 99.9, con unidad dB. Cambie la posición del número



presionando la tecla Cali/▶ (calibración). Cambie el valor de la posición de número presente presionando las teclas Save/▲ y Recall/▼.

#### **Tecla Zero/◀ (Cero) y Cali/▶ (calibración)**

Para garantizar la precisión de los datos, el instrumento a menudo necesita ajustarse a cero y calibrarse para el proceso de medición.

Pulse Zero/◀, el LED muestra "Cero" y el instrumento está en modo de espera. Después pulse la tecla Enter para confirmar la operación del instrumento de configuración cero. La operación de configuración cero tardará algunos segundos, entonces el instrumento regresa al estado de medición. Si presiona la tecla Zero/◀ (Cero) para mantener el instrumento en modo de espera, presione de nuevo la tecla Zero para regresar al estado de medición.

Presione la tecla Cali/▶, el LED muestra "Cal" y el instrumento está en modo de espera. Presione la tecla Enter para confirmar la operación de calibración del instrumento. La operación de calibración tarda unos segundos y luego el instrumento vuelve al estado de medición. Si presiona la tecla Cali/▶ (calibración) para mantener el instrumento en estado de espera, presione la tecla nuevamente para regresar el instrumento al estado de medición.

Después de presionar la tecla Cali/▶ (calibrar), el instrumento abrirá automáticamente la fuente de referencia de 50MHz para evitar operaciones no validas. Para que la operación de calibración sea más precisa, se recomienda que la fuente de referencia se encienda y se deje calentar unos 15 minutos presionando la tecla de referencia (Ref) antes de ingresar a la operación de calibración.

#### **Tecla Save/▲ (Guardar) y Recall/▼ (Recuperar)**

El instrumento puede guardar nueve configuraciones (1-9) para el usuario. Esto permite a los usuarios guardar varios métodos de medición y datos de configuración para que se puedan recuperar fácilmente cuando sea necesario, en lugar de tener que realizar una serie de complejas operaciones de configuración cada vez que se utiliza.

Cuando se presiona el botón Save/▲, aparece 'Save' en la ventana de visualización y el instrumento está esperando. Presione la tecla Save/▲ hasta que aparezca 'Save N' (N = 1-9). El número N se puede cambiar presionando Save/▲ y la tecla Recall/▼. Cuando termine, presione la tecla Enter y el instrumento guardará la medición y el estado de configuración actuales en el punto de almacenamiento N y se recuperará mediante Recall N para un posterior uso. Cuando aparezca 'Save' en la ventana de visualización, también puede presionar Enter para salir de la operación de almacenamiento y regresar al estado de medición.

Cuando se despliegue Recall en la ventana de visualización y el instrumento esté esperando, presione la tecla Recall/▼ hasta que aparezca "Recall N" (N = 1 - 9). El número N se puede cambiar presionando Save/▲ y la tecla Recall/▼. Cuando termine, presione la tecla Enter para recuperar la configuración del punto N guardado y establezca la configuración actual. Cuando se

visualiza en la pantalla 'Recall' también puede presionar la tecla Enter para salir de la operación de recuperación y regresar al estado de medición.

### Tecla Enter

La tecla Enter (Ingresar) es una tecla de función mixta. En el modo de configuración, al presionarla se confirma una acción. En la configuración de cero o en la calibración, también sirve para confirmar. Cuando se está en modo de guardado o recuperación, sirve para terminar una operación. En la medición de potencia, sirve para cambiar el modo de visualización de Watt a dBm de manera cíclica. En el modo Ref, sirve para actualizar datos.

### Tecla System/local (Sistema)

No disponible.

### Tecla Ref

Esta tecla habilita o deshabilita la salida de la señal del punto de referencia de 1mW. El estado del indicador arriba de esta tecla indica el estado de la salida.

### Atenuador variable



Un atenuador variable proporciona una atenuación variando el grado de inserción de una tira resistiva coincidente en una guía de ondas. El atenuador variable se usa para controlar un nivel de potencia o para aislar una fuente de una carga.

Observaciones: la escala no está en dB, la atenuación es solo indicativa y puede medirse con el sensor de potencia.

### Especificaciones técnicas

Índice	Parámetros (típicos)
Relación de Onda Estacionaria	SWR < 1.2
Datos de atenuación en la posición de inicio	< 0.5dB
Atenuación máxima	> 30dB
Precisión	± %5 (± 0.5dB)



### Antena de bocina



Tamaño y ganancia de la antena de bocina:

$$A = \sqrt{3\lambda_0 L_h}$$

$$B = \sqrt{3\lambda_0 L_v}$$

$$G = 8.1 + \log\left(\frac{AB}{\lambda_0^2}\right)$$

$A, B$  es el tamaño de la antena de bocina E, H.

$L_h$  es la distancia entre el centro de la guía de ondas E a A.

$L_v$  es la distancia entre el centro de la guía de ondas H a B.

### Especificaciones técnicas

Índice	Parámetros (típicos)
Rango de frecuencia	8.2 ~ 12.4 GHz
Relación de Onda Estacionaria	SWR $\leq$ 1.5
Ganancia de la antena	G $\geq$ 15dB

### *Adaptador coaxial*



Proporciona una coincidencia entre una guía de onda y una línea coaxial de 50 ohm. El flujo de la potencia puede ser en cualquier dirección. Sin embargo, la SWR en el adaptador debe mantenerse por debajo de 1.2.

### *Especificaciones técnicas*

Índice	Parámetros (típicos)
Relación de Onda Estacionaria	SWR < 1.5

### *Atenuador fijo*



El objetivo del atenuador fijo es proporcionar una atenuación fija de 6 dB. La atenuación se obtiene mediante la inserción de un absorbente conductor delgado en una sección recta de una guía de ondas estándar.

### *Especificaciones técnicas*

Índice	Parámetros (típicos)
Rango de frecuencia	8.2 ~ 12.4 GHz
Relación de Onda Estacionaria	SWR < 1.15
Atenuación	a) 20±5dB b) 6±1dB



### Guía de ondas



Sección recta de seis pulgadas de la guía de onda utilizada en las mediciones de la longitud de onda y la velocidad de fase dentro de una guía de ondas.

#### *Especificaciones técnicas*

Índice	Parámetros (típicos)
Rango de frecuencia	8.2 ~ 12.4 GHz
Relación de Onda Estacionaria	SWR < 1.15