



## Observación de Algunos Fenómenos Ondulatorios en Sistemas con Parámetros Distribuidos

H. Peña Pedraza<sup>1</sup>, A. Sarmiento<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Pamplona, ciudadela universitaria, Km. 1 vía a Bucaramanga-Colombia  
Grupo de Óptica Moderna, Línea de Investigación en Instrumentación Física

Recibido 23 de Oct. 2007; Aceptado 6 de Mar. 2009; Publicado en línea 30 de Abr. 2009

### Resumen

En el presente trabajo se mostrará como se pueden utilizar los llamados sistemas con parámetros distribuidos para estudiar las características básicas de algunos fenómenos ondulatorios.

En el estudio de los fenómenos ondulatorios con OEM es muy cómodo utilizar ondas con longitudes de onda cortas del orden de los 3 cm, porque con tales dimensiones es fácil realizar mediciones con una buena precisión usando elementos medidores de bajo costo[1,2]. Con el montaje descrito estudiaremos la polarización de una OEM.

**Palabras claves:** Sistemas con parámetros distribuidos, Guías, Fenómenos ondulatorios.

### Abstract

In this work will be shown like the calls systems with distributed parameters can be used to study the basic characteristics of some important wave phenomena.

In the study of the wave phenomena with electromagnetic waves is very comfortable to use waves with short length of waves about 3 cm, because with such dimensions is very easy to carry out measures with a good precision using elements meters of low cost[1,2].

**Key Words:** Systems with distributed parameters, Guides of waves, Wave Phenomena.

©2009 Revista Colombiana de física. Todos los derechos reservados.

### 1. Introducción

El estudio y observación de los diferentes fenómenos ondulatorios con ondas electromagnéticas centimétricas son de gran interés en la didáctica de la física. Cuando se estudian aquellos casos de oscilaciones en los cuales el sistema no oscila como un todo, sino que cada una de sus distintas partes realiza oscilaciones de forma independiente, se dice que el sistema es de parámetros distribuidos. Tales oscilaciones se realizan en sistemas en los cuales las características inerciales y elásticas se distribuyen por todo el espacio. De ejemplos podrían servir las oscilaciones que se realizan en una barra elástica o una cuerda tensionada. Como las diferentes partes de la barra o la cuerda oscilan en forma diferente, entonces la oscilación del cuerpo va acompañada

de su deformación. Estas deformaciones son las causas de la aparición de las fuerzas, que producen la aceleración de las diferentes partes del cuerpo oscilante. Una de las características de las cuerdas y barras es que poseen un conjunto de oscilaciones normales propias, las cuales dependen de las dimensiones, densidad, y de las propiedades elásticas del sistema completo.

El estudio de sistemas con parámetros distribuidos es de gran importancia y aplicación en los sistemas electrónicos de comunicaciones. Un caso particularmente importante de sistema oscilatorio con parámetros distribuidos estudiado en la electrodinámica, es la línea de lecher, la cual es un sistema compuesto por dos conductores paralelos, a lo largo de la cual se propagan las ondas electromagnéticas[3,4,5]. Una forma práctica y eficiente de transmisión de una onda

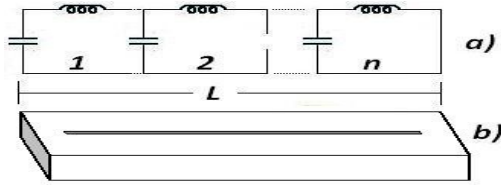


Fig.1

electromagnética sin que se radie energía al espacio circundante, se puede realizar con el cable coaxial, el cual está conformado por dos conductores cilíndricos coaxiales o con guías de ondas, llamadas también líneas de transmisión. Los circuitos electrónicos de bajas frecuencias se consideran circuitos con parámetros concentrados, mientras que los circuitos de altas frecuencias son denominados circuitos con parámetros distribuidos. Esto se debe al hecho que al aumentar las frecuencias de la onda electromagnética, sus longitudes de onda se hacen del orden o menores que las dimensiones de los componentes electrónicos como: capacitores, inductores, resistores y líneas de transmisión [3].

### 2. Teoría de los sistemas con parámetros distribuidos

Una guía de ondas o línea de transmisión para microondas es un ejemplo clásico de sistema con parámetros distribuidos. Las guías de onda se construyen de material conductor y pueden ser microtiras, o guías de formas rectangulares, coaxiales o circulares. Una guía de onda se puede considerar como un circuito con parámetros de capacitancia, inductancia, resistencia y conductancia distribuidos a lo largo de su longitud (Fig.1a).

En un circuito oscilatorio simple la capacitancia y la inductancia se encuentran concentradas en un solo lugar en el condensador y el inductor respectivamente. Examinemos dos circuitos unidos entre sí por medio de una capacitancia común, este circuito simple se caracteriza por una frecuencia propia única, en el circuito doble por dos frecuencias propias, etc. Al seguir añadiendo nuevas mallas al circuito e ir disminuyendo las inductancias y las capacitancias en el límite obtenemos una línea de transmisión, en la cual la inductancia y la capacitancia se distribuyen continuamente por toda la longitud (Fig.1 a,b).

### 3. Descripción del montaje utilizado

El sistema que utilizado está basado en un circuito de alta frecuencia de microondas en el cual utilizaremos una guía de onda ranurada como línea de transmisión. Una guía de

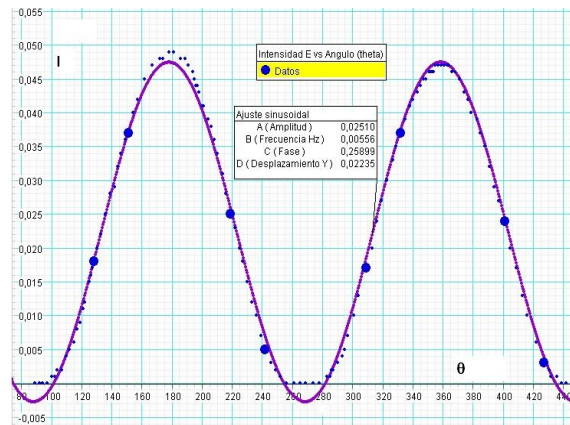


Fig.2

onda ranurada es el equivalente de la línea de Lecher a frecuencias de microondas.

Con base en un circuito transmisor básico compuesto por un oscilador de microondas (klistrón), una guía ranurada, una antena de bocina, junto a un receptor conformado por una antena de bocina, un diodo detector, y un osciloscopio, se pueden observar una gran variedad de fenómenos ondulatorios[1,2].

En todos los casos la magnitud física que se mide es la magnitud de la intensidad del campo eléctrico. En aras de automatizar las mediciones involucramos otros dispositivos como interfaces, sensores de voltaje, de movimiento circular y computador con su respectivo software para registrar la variación de las magnitudes del campo eléctrico en función de la posición angular.

### 4. Determinación del plano de polarización

Para estudiar el estado de polarización de la OEM se utilizan transmisor y receptor ambos con antenas de bocina piramidal. Se conecta el transmisor de tal forma que el modo excitado sea el fundamental o  $TE_{10}$ , el cual se caracteriza por tener el campo eléctrico ubicado en un plano perpendicular a la dirección de propagación de la OEM y que además coincide con el plano de la apertura de la antena transmisora.

Se dispone el montaje del transmisor y receptor el uno frente al otro en línea de vista, de tal forma que los planos de las aperturas de las dos antenas coincidan paralela o perpendicularmente. Luego se hace girar lentamente la bocina receptora con respecto a la bocina transmisora, de tal forma que el ángulo de giro entre las aperturas de las dos bocinas y la magnitud de la intensidad del campo sean registrados a la vez por los sensores de movimiento circular y de campo respectivamente a través de una interface en un monitor de computador, el máximo de la intensidad de campo se obtiene cuando los planos de polarización coinciden.

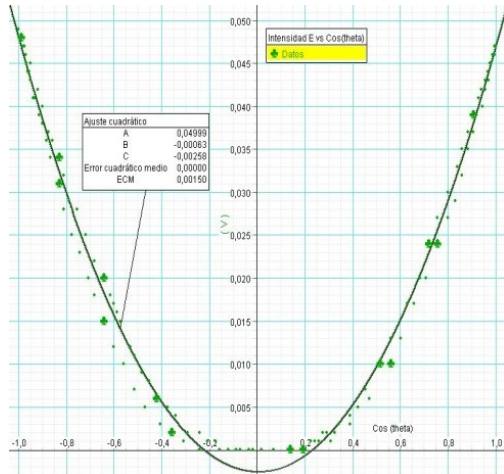


Fig.3

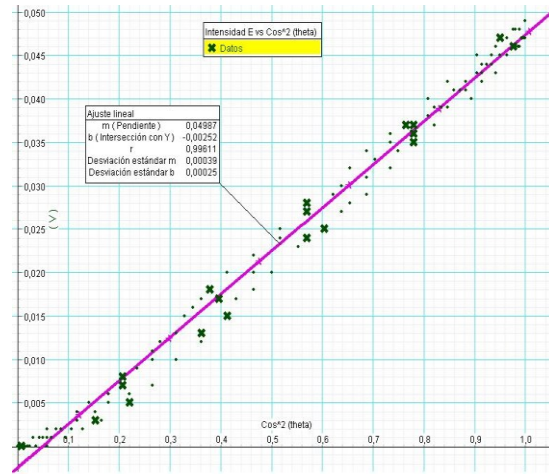


Fig.4

### 3. Resultados del estudio de la polarización de la OEM

En las figuras 2, 3 y 4. se muestran los resultados obtenidos del estudio de la polarización de la OEM con el sistema descrito, se observa que se cumple la ley de Malus, es decir la señal captada de la intensidad del campo de la OEM es proporcional al coseno al cuadrado del ángulo que forman los dos planos de apertura de las antenas de bocina. Esto es exactamente equivalente al caso de la óptica en el que se tienen un polarizador seguido de un analizador.

La Fig.2. muestra la ley de variación de la Intensidad del campo en función del ángulo entre los planos de polarización de las antenas de bocina piramidal utilizadas. Se tomaron estas medidas partiendo de la condición de planos cruzados de polarización, se aprecia claramente la variación armónica de la intensidad del campo E, el ajuste sinusoidal es cercano al ideal. En la Fig.3. se traza la variación de la intensidad del campo en función del coseno del ángulo entre antenas, el ajuste de los datos experimentales muestra una dependencia parabólica existente entre las dos variables estudiadas. La Fig.4. muestra la dependencia de la intensidad del campo y el coseno al cuadrado del ángulo entre los planos de las antenas, se obtuvo una variación lineal entre estas dos variables.

### Conclusiones

Con base en el montaje anteriormente descrito podemos realizar una gran cantidad de experimentos con OEM, al combinar dispositivos de diferentes tecnologías se pueden obtener mejores resultados.

El estudio de la polarización es un fenómeno ondulatorio que se puede estudiar con gran facilidad y precisión con nuestro montaje experimental, los datos encontrados muestran los mismos resultados que se obtendrían con ondas luminosas.

El sistema con parámetros distribuidos empleado es una herramienta didáctica poderosa para el estudio de las principales características de la radiación electromagnética, el ejemplo de la polarización que es de difícil ejecución es solo un ejemplo del empleo exitoso de este sistema con parámetros distribuidos.

### Referencias

- [1] H. Peña Pedraza, Sistema para la visualización y estudio de fenómenos ondulatorios con ondas electromagnéticas de alta frecuencia, Revista colombiana de física, vol. 38, no. 2, 2006.
- [2] H. Peña Pedraza, A. Patiño, A. Sarmiento, Sistema para la medición de la razón de onda estacionaria Revista colombiana de física, vol. 38, no. 2, 2006, 901-904.
- [3] H. A. Atwater, Introduction to microwave theory, Mac Graw Hill, 1962.
- [4] B.B. Nikolsky, Electrodinámica y propagación de las ondas de Radio, Editorial Naúka, Moscú, 1989
- [5] J. M. Miranda, Ingeniería de Microondas, Prentice Hall, 2002.