



CCADET

CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Informe Técnico

**Determinación de características en materiales húmedos mediante
microondas utilizando la técnica de línea de transmisión.**

Gerardo Calva Olmos y Mario Pacchiano

2010

Desarrollo Tecnológico

Financiamiento interno

Determinación de características en materiales húmedos mediante microondas utilizando la técnica de línea de transmisión.

Gerardo Calva Olmos y Mario Pacchiano de la Garza *

ccadet
***Posgrado de Ingeniería. Universidad Anahuac del Sur**

Resumen

En este trabajo se aplican las microondas sobre materiales húmedos sin dificultad por estar utilizando la técnica conocida como de línea de transmisión. Debido a las complicaciones que implica un material húmedo o granulado es que esta prueba se evita, pero al adicionar los acopladores, se demuestra que si es posible utilizarla con este tipo de materiales. Se hace énfasis en el uso de la magnitud de la señal de aplicación como principal y única variable asociada a las condiciones del material; esto es debido a que en el modo completo, es decir obtener magnitud y ángulo de la señal, implica equipos caros pesados sensibles y de extensa gama de aplicación por lo que, asociar todo a una única variable es una muy buena opción.

Índice

Introducción.....	3
1 Desarrollo / Tecnologías No destructivas.....	4
1.1 Empleo de microondas para determinar características.	
1.2 Técnicas de aplicación de microondas.....	4
1.3 Línea de transmisión.....	5
2 Desarrollo de la técnica.....	5
2.1 Protocolo de aplicación.....	5
2.2 Acopladores.....	7
3 Propuesta de modificación de las pruebas.....	8
Referencias Bibliográficas.....	9

Introducción

La detección de propiedades dieléctricas con microondas, se realiza utilizando una sección de guía de onda como línea de transmisión, en la que se contiene el material de interés (Nigel 1986). Esta técnica resulta esencialmente como de transmisión, ya que tanto el oscilador como el lado detector se encuentran uno en contra del otro; la energía deberá atravesar el material hasta alcanzar el detector situado en el lado opuesto de la guía. Conociendo las propiedades dieléctricas del material es posible deducir información acerca de sus propiedades físicas y químicas. Si se conocen las propiedades dieléctricas de los constituyentes de un material compuesto, se está en posibilidades de monitorear las propiedades del dieléctrico (Sardos et al, 1990), en especial durante su elaboración, cuando este sea el caso (Carr-Brion 200). De esa manera se estaría apoyando a las técnicas de medición de las propiedades dieléctricas de los componentes primarios, incluidos los materiales líquidos y los granulados por medios no destructivos.

1 Desarrollo / Tecnologías No destructivas

1.1 Empleo de microondas para determinar características.

Las microondas desde su primera aparición nos han dado apoyo en diversos campos de la vida diaria empezando por el campo de las telecomunicaciones, pero también ahora son utilizadas para determinar características en materiales muy diversos de los cuales queremos en determinado momento, conocer alguna o algunas de sus características para determinar su posible comportamiento. La manera de actuar de las microondas nos llevan a considerarlas como a una tecnología que no destruye que no altera (en bajas potencias), que nos permite acercarnos a un cierto material sin tocarlo sin alterarlo, todo lo anterior nos da la impresión de que cumplen con requisitos para ser consideradas como tecnologías No destructivas, sin embargo quienes principalmente se han dedicado al uso de tecnologías que emplean el ultrasonido y / o el infrarrojo, prefieren excluir dicha tecnología. Sin embargo, dado que cumplen con No ser destructivas podemos considerarlas para nuestro estudio como tales.

Tomando en consideración lo anterior, es posible utilizarlas en campos de aplicación como el de la determinación de humedad en productos que requieren cierto nivel de de ésta, un alto nivel o un nivel casi cero de humedad. Para ello tenemos diferentes técnicas de aplicación, las cuales se diferencian o basan en el modo en cómo se envía la energía de microondas hacia el material de interés.

1.2 Técnicas de aplicación de microondas.

Tenemos que es posible enviar una cierta cantidad de energía sobre una muestra mediante el simple uso de un acoplador cónico, que hace incidir la energía sobre la muestra para posteriormente recolectar con un acoplador similar, la energía que haya sido reflejada por el material, después de haber incidido en él de haber penetrado el material y salido del mismo.

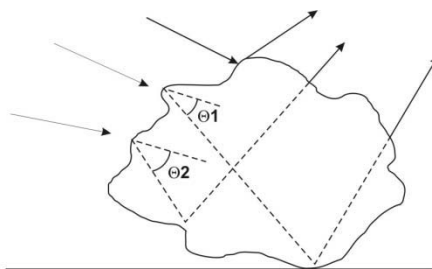


Figura.1 Dibujo que nos ilustra el choque entre la energía de microondas y una muestra de material

Lo anterior nos conduce a establecer tres posibles rutas de aplicación de la señal.

- a) Que la señal pase por el material y salga en el lado opuesto.
- b) Que la señal pase por el material y regrese por el mismo material hacia la fuente.
- c) Que la señal sea aplicada en una dirección y luego sea recuperada por reflexión y/o refracción.

La primera opción nos permite hacer uso de muestras que podemos tener en un ambiente controlado en cuanto a su posición y disposición de la misma ya que se puede asegurar que la energía de microondas va a incidir sólo sobre la muestra y que no se va a dispersar en el medio ambiente, ¿de qué manera podemos asegurar tal resultado? La opción física para poder realizar tal aplicación es hacer uso de un conducto cerrado que permita tener acceso sólo por ambos extremos del mismo, la mejor manera de lograr tal dispositivo es mediante la adecuación de una guía de ondas.

La guía de ondas es un conducto cerrado que permite enviar señales por un extremo teniendo la certeza de que se va a recibir esa señal en el extremo opuesto. Y a partir de ciertas frecuencias es el conductor de energía más eficiente, pudiendo acoplar en sus extremos equipos útiles a la transmisión y recepción de señales. Sus dimensiones dependerán de las frecuencias que vayan a ser utilizadas.

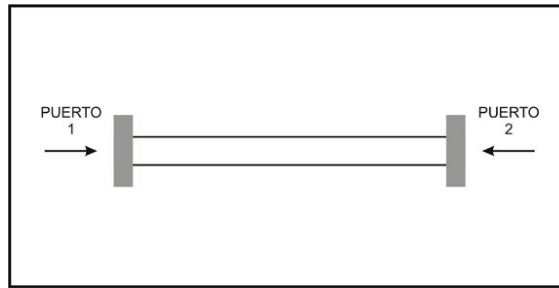


Figura.2 Dibujo que ilustra parte de la estructura y los dos puertos de la guía de onda

Usualmente las guías de onda están vacías, no contienen ningún aditamento a menos que se les aplique algún atenuador o cambiador de ángulo. Para la aplicación que nos interesa, la guía de onda se llena con el material muestra.

1.3 Línea de transmisión.

La línea de transmisión es la guía de onda, y se diseña bajo las normas establecidas (Schoenbeck 1998). Esto es por supuesto para cuando se están utilizando frecuencias que están comprendidas como microondas, ya que en el otro caso (de tener frecuencias por debajo de 1GHz) es necesario modificar la aplicación de la energía, debiendo utilizar un elemento que circula por toda la celda, un elemento conductor que se sumerge en el material de muestra.

Como aditamento especial a la guía de onda se diseñan los acopladores que permitirán llenar la guía de ondas con el material que se investiga. Para el caso muy especial en que el material es sólido (Fig. 3), se le maquina con la forma y dimensiones de la guía, de tal modo que éste quede perfectamente bien insertado en la sección de guía de onda. Permitiendo únicamente la adición de los sensores. Y sin los mencionados acopladores.



Figura.3 Se aprecia en primer plano el maquinado inicial de un material sólido para ser insertado en la línea de transmisión.

2 Desarrollo de la técnica

2.1 Protocolo de aplicación

Primer paso: Se inicia con una sencilla transmisión de la señal a utilizar. El objetivo de este primer paso es detectar el nivel de la señal que logra atravesar la línea de transmisión (Fig. 4).

Lo anterior aunque básico y tal vez muy simple, es importante debido al paso de la señal a través de las uniones que se forman en la línea de transmisión; en una prueba rutinaria se tiene que la señal deberá atravesar una sección aislante (acoplador) posteriormente el material de interés, para pasar luego la segunda sección de aislante (acoplador) y de ahí al detector. Todo este recorrido lo debe realizar la señal en modo seguro; la energía podrá completar el camino con la escasa potencia que se le está suministrando; se maneja una potencia reducida debido a que es requisito para no alterar la muestra.

Para la prueba se utilizó una señal modulada de microondas en la banda X (8.2 – 12.4 GHz) con un

máximo en potencia de 45 mW.

Segundo paso: Se intento con una sección o guía de transmisión vacía, con ello, se comprobó primero el paso de la señal. De esta forma es posible notar la inclusión de un posible *offset*, debido a las propiedades dieléctricas de los acopladores. Además de obtener lecturas que indiquen un máximo en amplitud de la señal que se esté recibiendo, con las condiciones antes descritas

Tercer paso: El nivel de energía que estaba llegando a pesar de las dos secciones de acopladores marca un nivel aceptable para ser utilizado en la prueba.

En este paso es posible hacer un comparativo entre las señales obtenidas en vacío y sin acopladores y cuando estos son agregados.

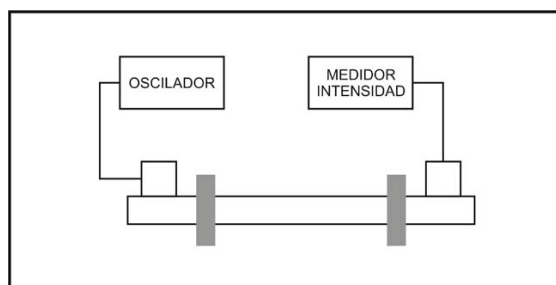


Figura 4 Arreglo simplificado de la prueba de concepto

Cuarto paso: El paso a continuación consistió en llenar la guía con una muestra de material llamado mixto (granulado con arena fina), con el cual se llenó la línea de transmisión completamente. Con esta técnica se tiene la certeza de que la energía aplicada a la muestra es total; la energía no se puede perder por reflexión o refracción sin embargo, sólo se debe tener en consideración si es el caso, que una pequeña porción de la energía puede llegar a regresarse hacia el emisor. Lo cual se anula mediante un aislador.

Para esta primera prueba tenemos como resultado niveles de voltaje en los mV.

Prueba 1	25; 30; 33; 40; 45 mV
Prueba 2	180; 220; 270; 310 mV

Las pruebas arrojaron datos muy similares al cambiar la muestra de material. Los niveles de intensidad de la señal no se alteran demasiado, no así cuando se aumenta su contenido de humedad. En la gráfica de la figura siguiente, Fig. (5) se aprecia la respuesta de la señal con el contenido de agua que tiene la muestra, se nota la absorción de la energía.

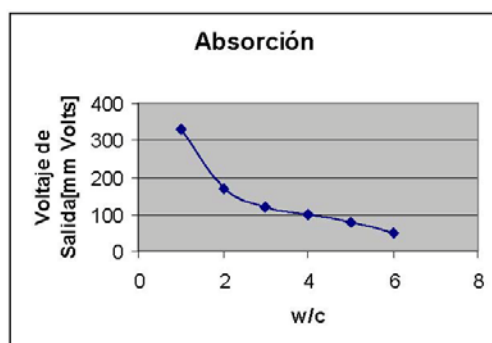


Figura.5 Gráfica que relaciona la intensidad con la humedad en la muestra

2.2 Acopladores.

Es obvio que inicialmente se partió de un sistema diseñado para analizar materiales sólidos, debido principalmente a que se tiene como objetivo principal el análisis de ciertas mezclas que en un principio presentan un cierto nivel de humedad de bajo a mediano, es decir que no se incrementa su humedad por encima de un 40% de su masa total, y que posteriormente presentan una deshidratación muy marcada, dependiendo de los elementos que integran dicha mezcla y de las cantidades de éstos.

Para ampliar su aplicación es que se implementó un par de tapones acopladores o separadores, que permitan el paso de la energía sin que el material esté en contacto con el resto de la línea de prueba. Al principio se intentó realizar la prueba haciendo que la muestra dentro de la guía, estuviera vertical para reducir las fugas a un solo lado, pero aún así se tenían algunos problemas. Posteriormente se mejoró el sello pero de todos modos se llegaba a filtrar el líquido. Aún con material granulado se podían tener fugas, muy leves casi imperceptibles. La unión que se hacía material con material, se le pegaba a la guía el acoplador (tapón). Se partió de diseñar los acopladores para ser utilizados en una guía de onda ya probada, por lo que sus dimensiones deben de coincidir con las de la guía al menos en sus dimensiones internas.

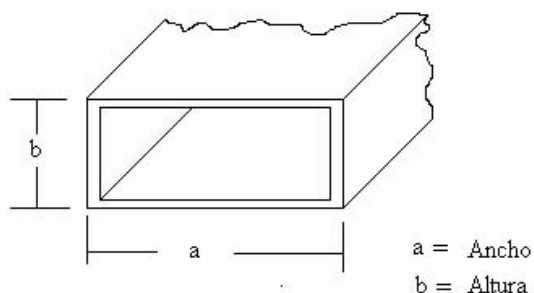


Figura 6 Dibujo que ilustra las dimensiones de una guía de onda; dimensiones internas.

Inicialmente los acopladores sólo estaban adheridos a los puertos de la guía (Fig. 6), por ello resultaba un poco complicado el llenado de la misma, debido a que no existe un sello que en verdad contenga al material bajo estudio.

Posteriormente se diseñaron unos tapones que ya contemplaban la posibilidad de contener líquidos puesto que se incluía en el diseño, una parte que iba dentro de la guía, posibilitando con ello un sello entre la guía de onda y el extremo de la misma. Este primer diseño presenta la desventaja de haber sido armado de tres partes de material acrílico, y pegado para formar el tapón.

Se logra un sello aceptable para líquidos, sin embargo es preferible un diseño de una sola pieza de dieléctrico (acrílico), el cual puede ser maquinado para obtener las tres partes que lo componen, la que va dentro de la guía; la parte que va al extremo del generador y la parte correspondiente a la brida de sujeción. De esta forma se está obteniendo una pieza robusta, y un único material por el que pasa la señal de microondas aplicada a la muestra que llena la línea de transmisión.

En la figura siguiente se aprecia un dibujo que ilustra un tapón, en el podemos apreciar tres partes principales que lo integran, empezando por la parte que va al generador de señal (o detector); continua con una parte que sobresale y que tiene las perforaciones adecuadas para la sujeción de la pieza junto las dos bridas, posteriormente se tiene la parte del tapón que propiamente cierra la guía de onda (Línea de transmisión). Esta parte está dentro de la guía en contacto directo con la mezcla que contiene

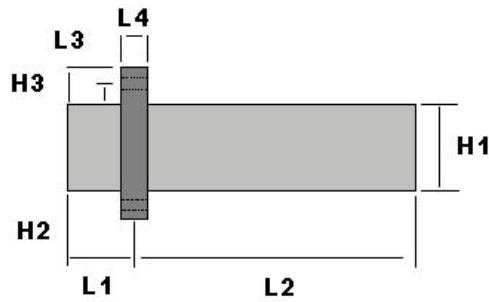


Figura 7 Dibujo de uno de los tapones utilizados.

3 Propuesta de modificación de las pruebas.

La prueba se puede complementar utilizando un analizador de redes, para determinar que tanto afecta a la medición las dimensiones de la guía de onda, y la permitividad de los acopladores (Fig.8). Dicho equipo se acopla con la línea de transmisión, ambos extremos (puertos) utilizan cable coaxial para intentar reducir las pérdidas al máximo.

Como la onda electromagnética incidente viaja de un puerto de la línea de transmisión al otro puerto, a su paso encuentra cuatro fronteras o límites creados por las cinco regiones que forman la muestra, los dos acopladores y las dos regiones de aire (o Gap's). En cada frontera la onda incidente es parcialmente reflejada y parcialmente transmitida a través de la muestra. La amplitud y fase de las dos ondas, la onda reflejada y la onda transmitida en cada región varían en función de las propiedades dieléctricas de cada material que llena esa región. Por ello es importante como primer paso expresar los valores de los parámetros de dispersión (parámetros - S) en función de las propiedades dieléctricas del material contenido en la línea de transmisión. Para ello se acopla un medidor de parámetros S, se utiliza un analizador de redes. Con ellos podemos deducir una posible incertidumbre en las mediciones realizadas ya que los valores de los parámetros S, dependerán de los múltiplos de longitud de onda que tenga la línea y de la permitividad de los acopladores.

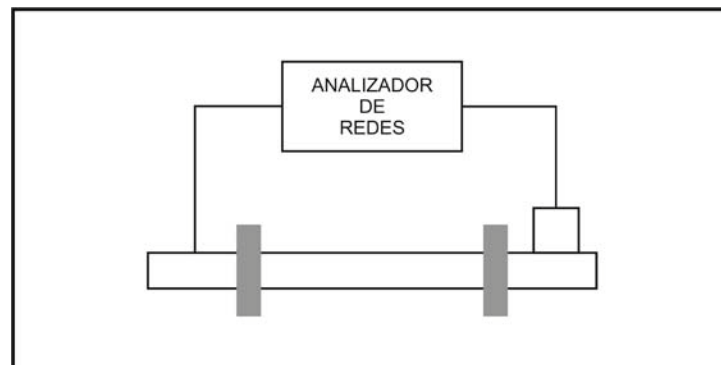


Figura 8 Versión del arreglo utilizando un analizador de redes

Sin embargo la sensibilidad de las propiedades dieléctricas de la muestra, con respecto a la longitud de la línea de transmisión y los acopladores, no es afectada mayormente. Una forma de determinarlo es cuando la señal de microondas se desvanece totalmente en la línea de transmisión, como resultado de la incertidumbre que arrojan cuando la guía de onda y los acopladores ganan a la muestra, la señal se absorbe completamente.

Referencias Bibliográficas.

- Carr-Brion K.. (2000) "Moisture Sensors in Process Control" Elsevier Applied Science Publishers
- Fowler Kenneth A. (2002) "Teoría y aplicación de la Medición de Precisión del Espesor por Ultrasonido.
- Nigel P. Cook. (1986) "Microwave Principles and Systems". Prentice-Hall, New Jersey
- Sardos R., JF. Escarmant and Emmanuel Saint-Christophe. (1990) "anisotropic Measurement of Rubber Sheets UIT an X Band Three wave Interferometer" IEEE. Vol.38, No.3
- Schoenbeck Robert.J. (1998) "Elecrtonic Communications" Maxwell macmillan Internacional.