

Capítulo VI. Pruebas y Resultados

6.1 Construcción e Implementación de la antena

Como introducción a este capítulo se describen cada uno de los pasos seguidos en la construcción de la antena, que son los pasos que se siguen en la elaboración de circuitos impresos.

El inicio de este capítulo es la construcción de la antena diseñada en el capítulo anterior, así que a continuación se describen cada uno de los pasos que se siguieron en la elaboración de la antena Yagi.

Proceso Fotolitográfico:

1. Lo primero fue saber el material a utilizar. Se necesitó una hoja térmica donde se imprimió el diseño de la antena con tóner, ya que el tóner es el que se quedará sobre el cobre dibujando la figura deseada, también una placa de substrato de un tamaño 1 cm más grande que el tamaño de la antena, cloruro férrico para eliminar el cobre no deseado de la placa.
2. A continuación se limpió muy bien la placa de substrato y se plancha sobre ella el diseño impreso en la hoja térmica.

3. Después se introduce la placa en una charola con cloruro férrico y éste eliminará el cobre en las partes donde no se haya impreso nada. Una vez que el cloruro haya eliminado todo el cobre no deseado se retira la tinta de la impresión con una lija o con thinner.
4. El siguiente paso es perforar el lugar donde se colocará el conector coaxial y soldarlo en el lugar deseado de la antena, en este caso en el elemento activo y en las coordenadas obtenidas en la simulación.

Como se puede observar en las Figuras 6.1 y 6.2 está la antena yagi terminada y vista por la parte superior e inferior. Se puede observar que en las coordenadas obtenidas de la simulación se encuentra la marca del conector coaxial, que se puede apreciar mejor en la Figura 6.2. Y en la Figura 6.3 se muestra como fue que se colocó el conector coaxial en la antena, se perforó la placa de substrato de tal manera que el pin del conector no hiciera contacto con el plano de tierra, pero sí con el parche activo con soldadura. Y se soldó de manera que la base del conector hiciera contacto con el plano de tierra.



Figura 6.1. Fotografía de la antena yagi ya construida.



Figura 6.2. Fotografía de la parte de atrás de la antena yagi.

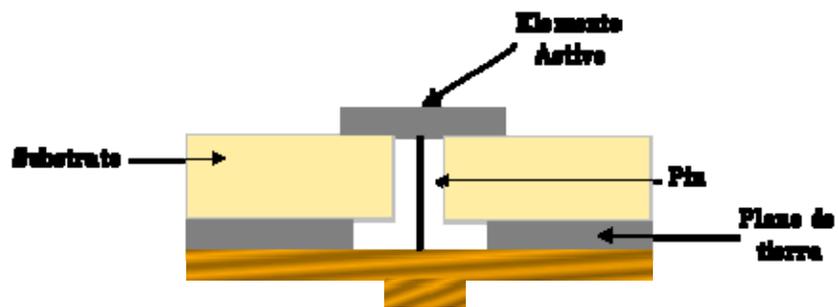


Figura 6.3. Esquema de conexión del coaxial al elemento activo.

6.2 *Pruebas y Mediciones*

En este tema hablaremos del funcionamiento del analizador de red utilizado para realizar las mediciones a la antena y también se mostrarán las imágenes tanto del analizador de red como de las gráficas obtenidas de este aparato utilizado en las instalaciones del INAOE, estas gráficas indican la medición de la magnitud de la antena.

Los resultados de las pruebas realizadas a continuación mostrados y descritos corresponden a la primera antena construida, que se muestra en la Figura 6.1. Su diseño fue mostrado en el capítulo 5.

Como inicio de las pruebas de la antena nos trasladamos a las instalaciones del INAOE, donde como se muestra en la Figura 6.4 está el analizador vectorial de red que se utilizó para las mediciones correspondientes. Este analizador vectorial de red WILTRON 360B, es una combinación de generador de señales y analizador de espectro, funciona para altas frecuencias ya que puede medir frecuencias desde 10 MHz hasta 65 GHz, ya que para probar los dispositivos que se conecten a uno de sus puertos, genera señales y mide los parámetros S en el otro puerto.



Figura 6.4. Analizador de red

Se coloca el cable en el puerto deseado, como muestra la Figura 6.5, en este caso se colocó en el puerto 1, este cable tiene una terminación con entrada SMA, esto quiere decir que es compatible con el conector coaxial que se le colocó a la antena, y en la Figura 6.6 se muestran los tres calibradores que una vez encendido el analizador de red, deben irse colocando uno a uno en el cable ya conectado. Estos tres calibradores son: un circuito abierto ideal (“OPEN”), un corto circuito ideal (“SHORT”) y una carga de 50Ω ideal (“LOAD”), como se muestra grabado en la parte de abajo de cada uno.

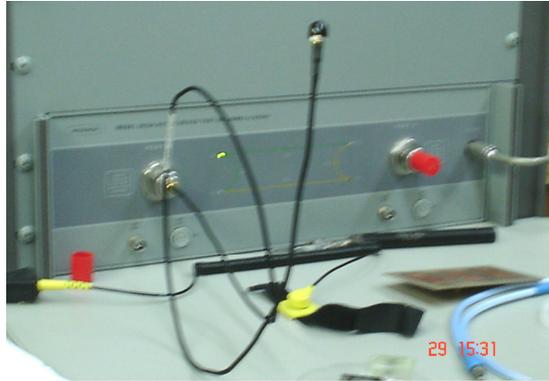


Figura 6.5. Cable conectado en el puerto 1 del analizador



Figura 6.6. Calibradores del analizador de red

A continuación se muestran las gráficas obtenidas en el analizador de red de la antena yagi que ya se tenía construida. Como se puede observar en la Figura 6.7, en el primer pico que corresponde al primer modo de distribución de corriente (Figura 6.9), la frecuencia de resonancia de la antena es de aproximadamente 1.88GHz y su magnitud es de aproximadamente -11.1dB, sin embargo, conociendo las características de una antena yagi, sabemos que es una antena de banda ancha, y estas mediciones nos indicaron que esta

antena tenía un ancho de banda de 30MHz, que se midió a partir de -5dB. El segundo pico que se observa en la gráfica de la Figura 6.8 es el segundo modo correspondiente al parche activo (conductor), que es cuando la distribución de corriente se encuentra en el ancho (W) del parche, como se muestra en la Figura 6.9, a una frecuencia de aproximadamente 2.73GHz con una magnitud de -18.91dB, y tiene un ancho de banda aproximado de 160MHz.

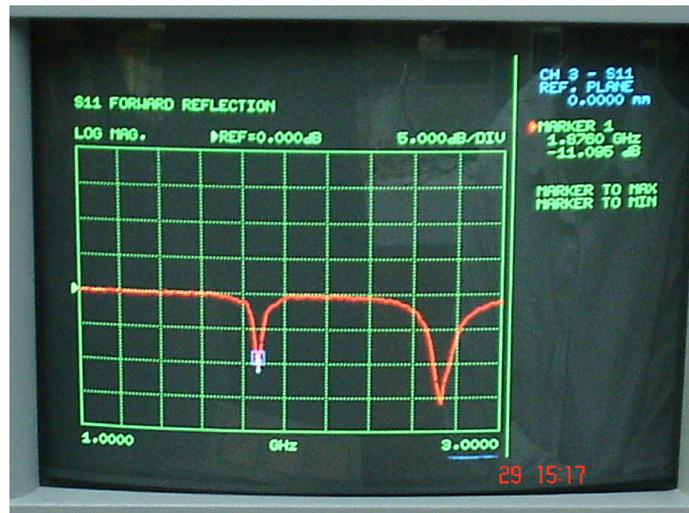


Figura 6.7. Gráfica de Magnitud de la antena yagi

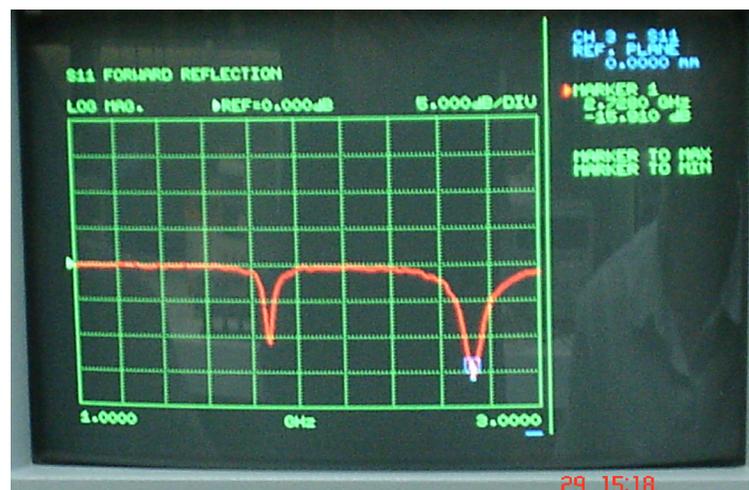


Figura 6.8. Gráfica de Magnitud de la antena yagi

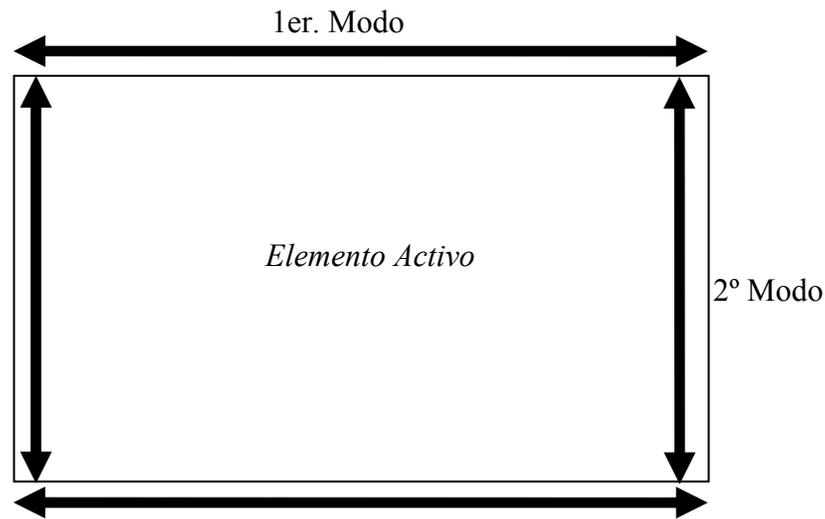


Figura 6.9. Modos de distribución de corriente del elemento activo.

En el capítulo anterior se mostró el diseño de una antena yagi que ya había sido construida y gracias a que se hicieron pruebas con ella, se pudo saber que el ancho de banda de esa antena era de 30MHz, así que también después de realizar varias simulaciones sin éxito y para poder optimizar de manera experimental el desempeño de la antena, se decidió la construcción de una antena con elementos intercambiables. Se construyó una antena donde lo único que estaría fijo sería el elemento activo, y el reflector y los directores pudieran superponerse a la placa donde estuviera el elemento activo, esto para poder variar las distancias entre los elementos (*a*, *b* y *c*), tal como lo muestra la Figura 6.10.

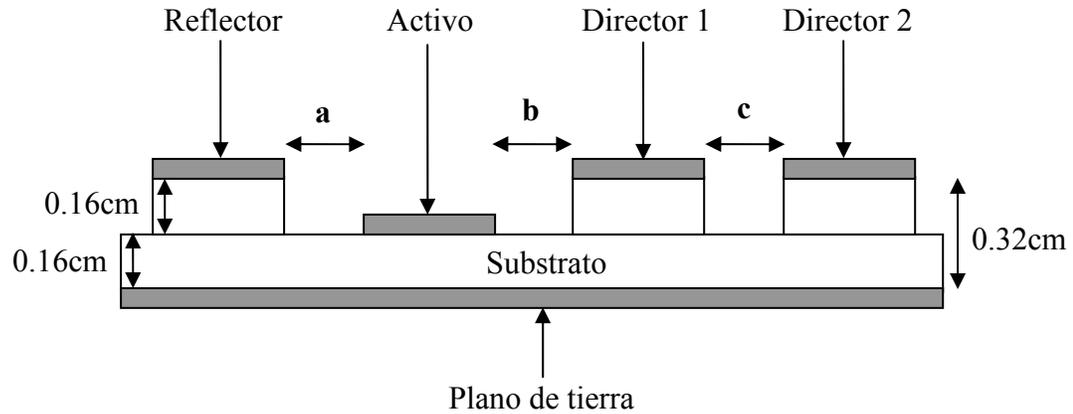


Figura 6.10. Antena con elementos intercambiables.

En la Figura 6.11 se muestra la antena construida únicamente con el elemento activo, y como se puede observar hay un espacio destinado para colocar el reflector y los directores a su lado. En la Figura 6.12 se muestran los directores de cuatro diferentes tamaños construidos, de cada tamaño se construyeron 3 directores para poder colocar ya sea uno, dos o los tres y obtener el mejor resultado, de igual manera se construyeron tres reflectores de diferentes tamaños, como se puede observar en la Figura 6.13.

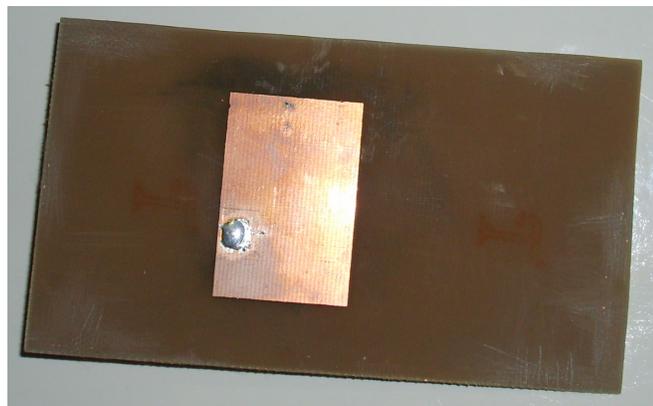


Figura 6.11. Antena sólo con el elemento activo

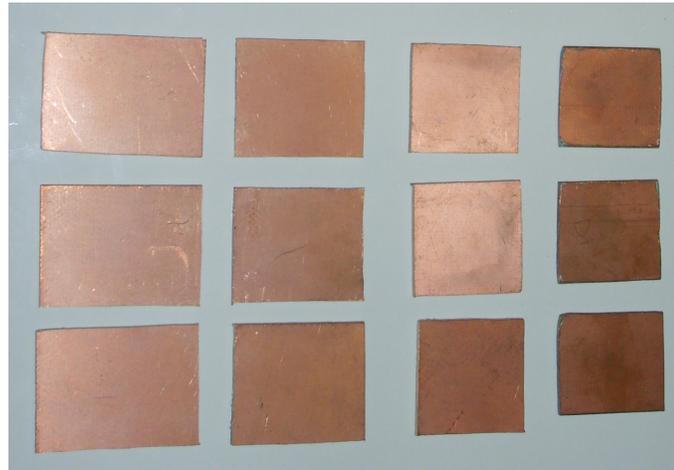


Figura 6.12. Directores con diferentes tamaños



Figura 6.13. Reflectores con diferentes tamaños

Después de numerosas pruebas, cuyas gráficas se muestran en las Figuras 6.15, 6.16, 6.17, 6.18 y se explican más adelante, se obtuvo una configuración con ancho de banda de 160MHz (Figura 6.18), medido a partir de -5dB, y en la Figura 6.14 se muestra esta configuración. La configuración está formada por el reflector más pequeño (**R3**) y con dos de los directores más pequeños (**D1**), con una separación **a** entre el reflector y el activo de 0.5mm, una distancia **b** entre el activo y el primer director de 1mm y una distancia de 2mm entre los dos directores, llamada **c**.

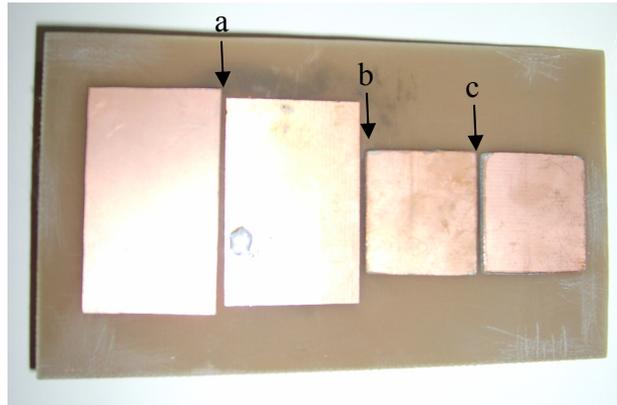


Figura 6.14. Configuración con el mejor ancho de banda

En las siguientes gráficas se muestran los resultados obtenidos en el analizador de red de las mejores configuraciones obtenidas con esta antena y los elementos intercambiables.

Cabe mencionar que una vez que se obtuvo la configuración con el mejor ancho de banda, los resultados de simulación cambiaron un poco, como ya lo observamos en el capítulo 6 en la simulación de esta configuración en HFSS de Ansoft, ya que debido a que los elementos se superpusieron, se crea una capacitancia menor en la antena, ya que es un aumento en el grosor del sustrato en los elementos que eran intercambiables.

En la Figura 6.15 podemos observar que la configuración tuvo un ancho de banda de aproximadamente 120MHz, medido a partir de los -5dB, esto con una distancia a de 3mm, b de 1mm y c de 1.5mm. El primer pico corresponde a 1.88GHz con una magnitud de -16dB. También podemos notar que existe un segundo pico correspondiente al segundo modo de distribución de corriente del parche activo (Figura 6.9) aproximadamente a 2.78GHz con una magnitud de casi -24dB (Figura 6.9).

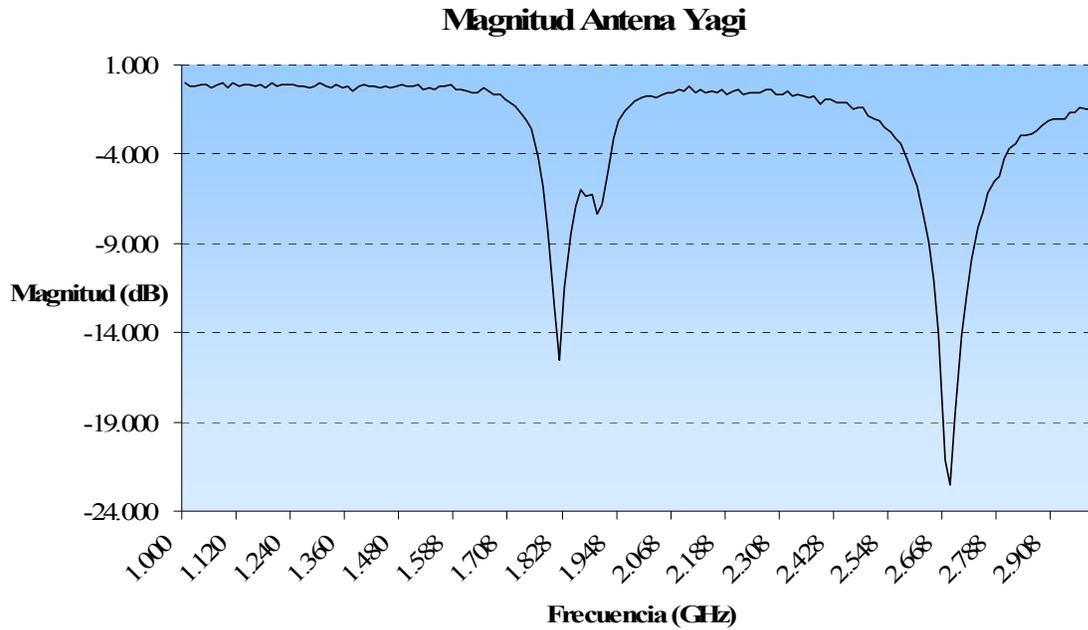


Figura 6.15. Gráfica de Magnitud de la antena yagi (Configuración 1)

En la Figura 6.16 se obtuvo también un ancho de banda de 120MHz, medido con referencia a los -5dB, y esta configuración tiene como rasgo distintivo que el reflector se colocó de manera inversa, es decir, la cara de metal hacia abajo, pero de igual manera con los directores **D1** (Figura 6.12). La separación **a** de 1mm y **b** de 0.5mm, y **c** 1mm. Podemos observar el primer pico donde la frecuencia de resonancia está en 1.88GHz con magnitud de casi -14dB, y también el segundo pico, resultado del segundo modo de distribución de corriente del elemento activo de la antena (Figura 6.9), que está aproximadamente en 2.7 GHz con magnitud de -29dB.

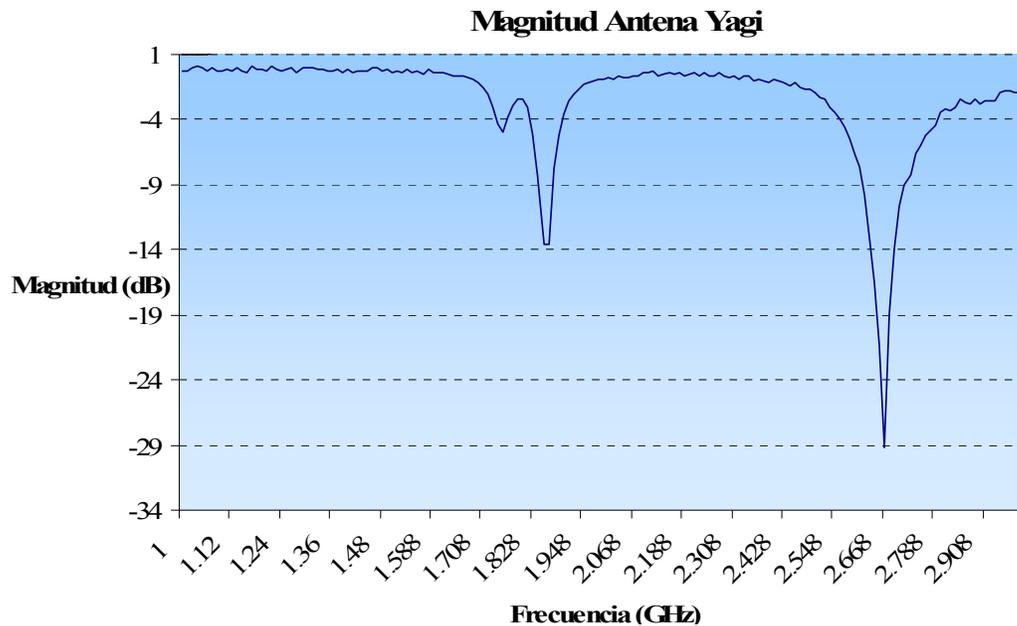


Figura 6.16. Gráfica de Magnitud de la antena yagi (Configuración 2)

En la Figura 6.17 se muestra la gráfica de la medición del elemento activo solo, es decir, la frecuencia de resonancia y la magnitud del elemento principal. De esta gráfica podemos observar que los demás elementos que conforman la antena yagi (reflectores y directores) son los que la dan la característica de antena de banda ancha, ya que sin ellos podemos observar que el ancho de banda es pequeño, con el elemento activo sólo determinamos la frecuencia principal de resonancia de nuestra antena. Su frecuencia de resonancia del primer modo es en 1.88GHz con una magnitud de -16dB. Y en esta gráfica en particular notamos el segundo modo de este elemento activo, ya que está presente de igual manera que en las gráficas anteriores (Figuras 6.15 y 6.16), a una frecuencia de 2.7GHz con una atenuación de -15dB.

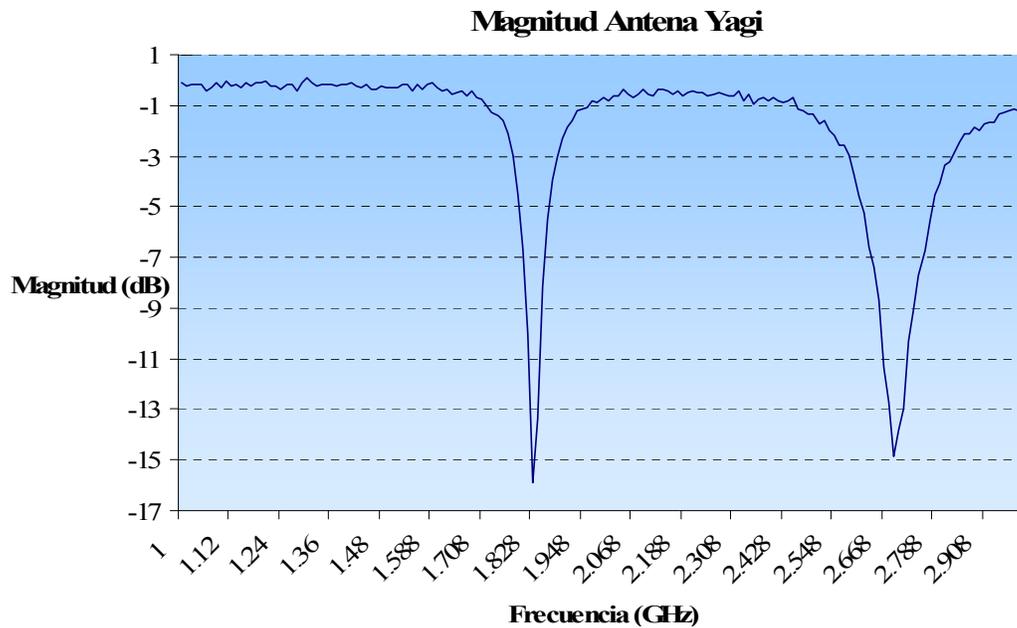


Figura 6.17. Gráfica de Magnitud del elemento activo (conductor).

En la Figura 6.18 se muestra la gráfica de la configuración con el mejor ancho de banda que como podemos observar es de aproximadamente 160MHz, medido a partir de la referencia de -5dB, cuya frecuencia de resonancia está en 1.88GHz con una atenuación de -15dB, que como ya mencionamos tiene distancia a de 0.5mm entre reflector y activo, b de 1mm y c de 2mm. En esta gráfica también se observa el segundo pico correspondiente al segundo modo del elemento activo (Figura 6.9) que se encuentra en aproximadamente 2.7GHz con magnitud de -26dB.

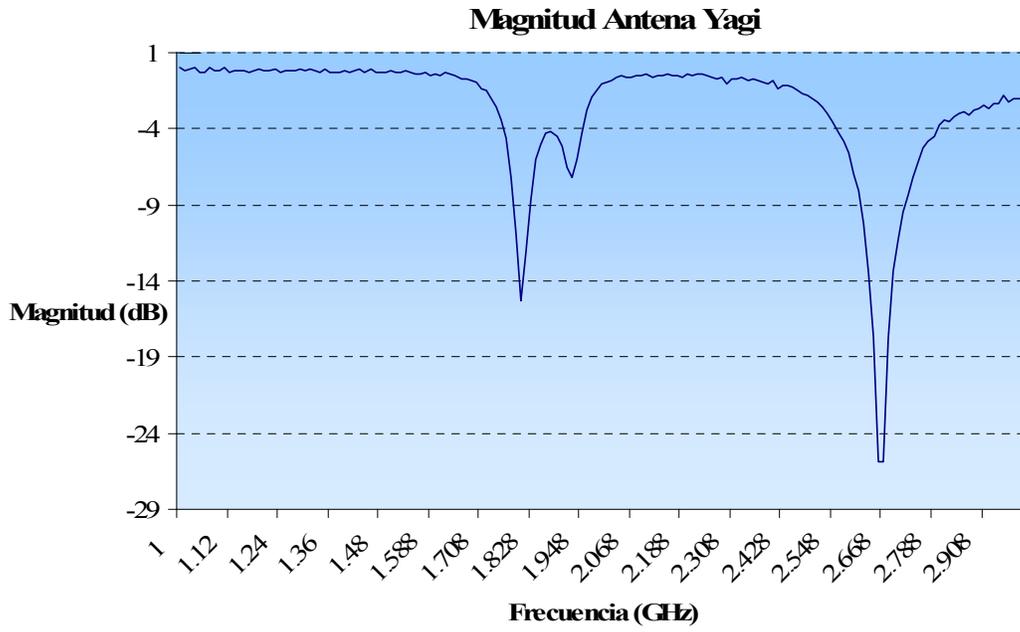


Figura 6.18. Gráfica de Magnitud de la antena yagi (Configuración 3)