

CAPÍTULO III

PRUEBAS Y RESULTADOS

III.1. Modelo Teórico

Un circuito resonante es un circuito formado por una bobina L y un capacitor C, en donde estos elementos reactivos transfieren energía entre sí. En un circuito RLC hay una frecuencia para la cual se produce un fenómeno de resonancia eléctrica en donde la impedancia es mínima y puramente resistiva, es decir, se igualan y anulan las reactancias capacitiva e inductiva y el circuito está en fase [33].

En un circuito resonante, la impedancia total (Z) está dada por:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad \text{Ec. (17)}$$

Donde:

R= Resistencia X_L = Reactancia Inductiva X_C = Reactancia Capacitiva

y siendo, $X_L = X_C$ en la frecuencia de resonancia, entonces $Z = \sqrt{R^2}$, y así $Z = R$

De acuerdo al modelo eléctrico de un transductor presentado en el capítulo 1, se diseñó un circuito RLC cuya frecuencia de resonancia es de 8MHz.

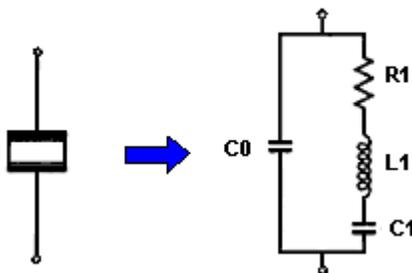


Figura 3.1. Circuito eléctrico equivalente del transductor

Se propone un valor de capacitor comercial C_1 , en este caso se usó uno de 100 [pF] y una resistencia de 47 [Ω] sugerido de la literatura [33], de estos valores se calcula la inductancia mediante la ecuación (18). El valor de C_0 debe ser mucho mayor que el de C_1 para que el valor de antirresonancia esté cercano al de resonancia [17].

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$$

Ec. (18)

Para 8MHz se despeja L_1 :

$$L_1 = \frac{1}{C_1 (2\pi f_0)^2} = 4 \mu\text{H}$$

Para encontrar el valor de frecuencia de resonancia se usa el generador de funciones y se varía la frecuencia hasta encontrar la amplitud mínima en el osciloscopio. Ese valor de frecuencia es el de resonancia del circuito que de acuerdo al modelo teórico es de 8 MHz como se observa en la figura 3.3.

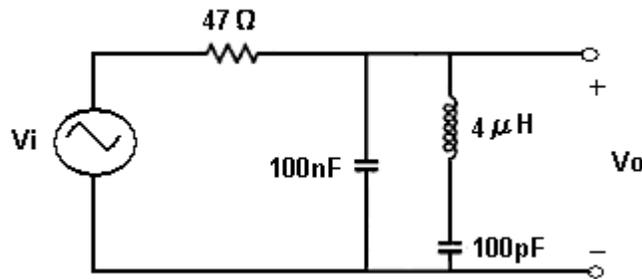


Figura 3.2. Prueba del circuito eléctrico equivalente a 8MHz

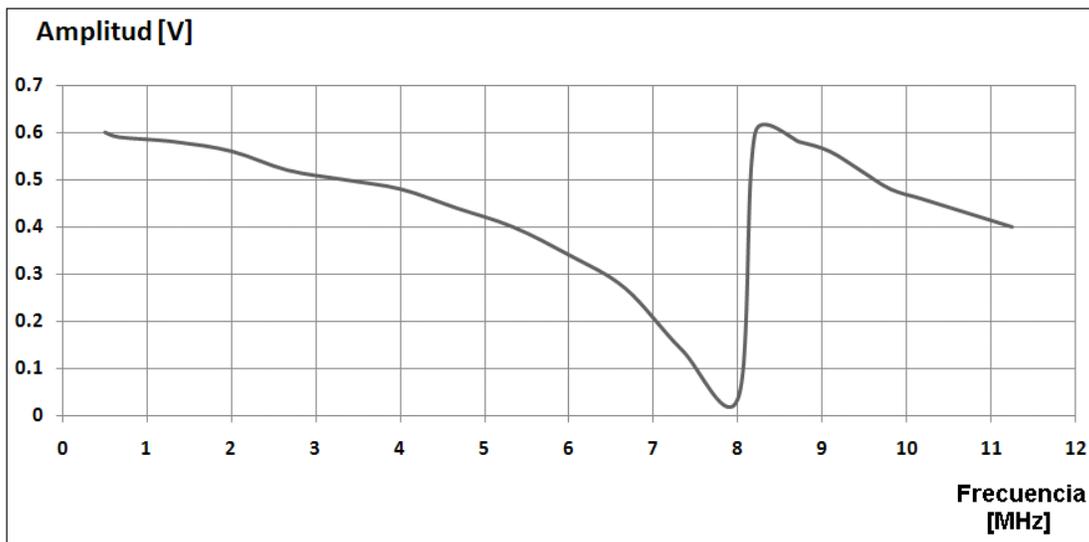


Figura 3.3. Frecuencia de resonancia del circuito del modelo teórico

III.2. Caracterización de los transductores

La caracterización del transductor se realizó a través de un analizador de impedancias de la marca *Agilent 4294* para determinar la frecuencia de operación y la señal se observó en un osciloscopio de la marca *Tektronik TDS420*. Esta prueba se hizo en el departamento de Ingeniería Eléctrica, sección Bioelectrónica del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional.

La frecuencia de barrido fue de 2 a 110 MHz, y los resultados son los siguientes:

III.2.1. Impedancia del transductor con electrodos soldados.

Los parámetros a medir son la impedancia del transductor (magnitud y fase) a diferentes frecuencias.

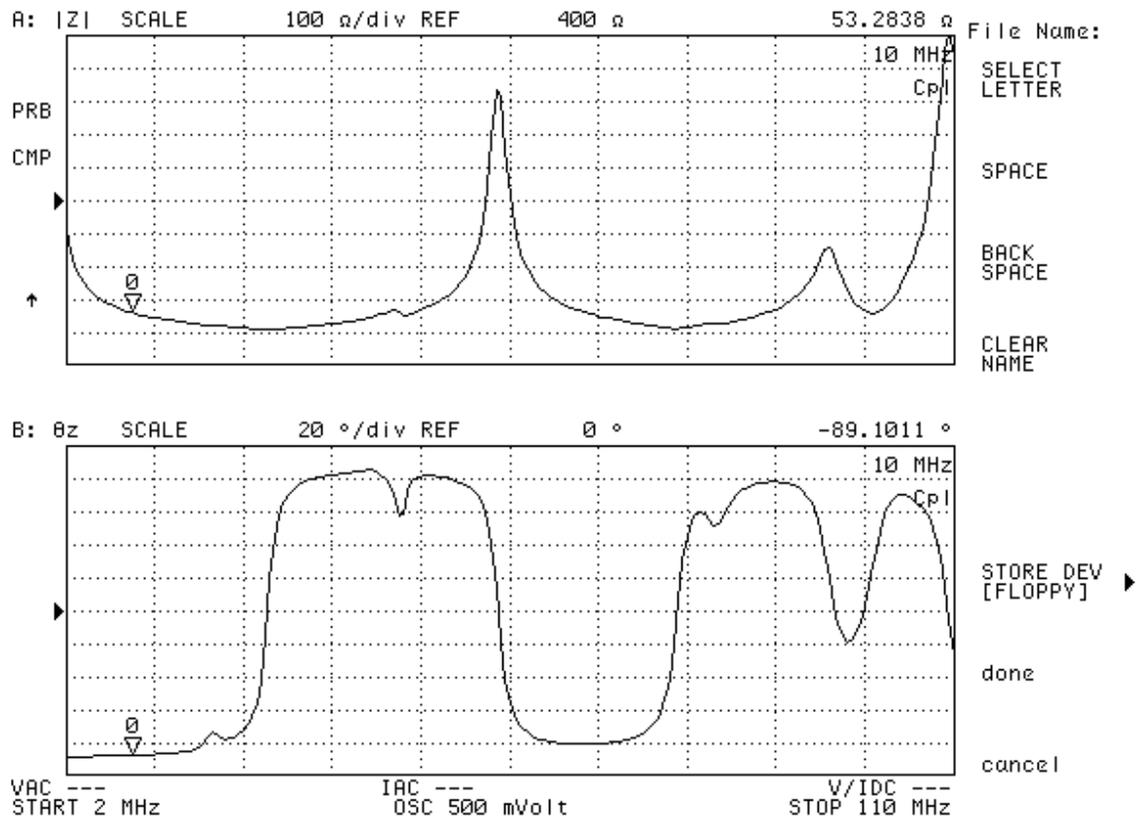


Figura 3.4. Gráficas de la impedancia vs frecuencia del transductor soldado magnitud (arriba) y fase (abajo)

III.2.2. Impedancia del transductor con electrodos pegados con Epoxi.

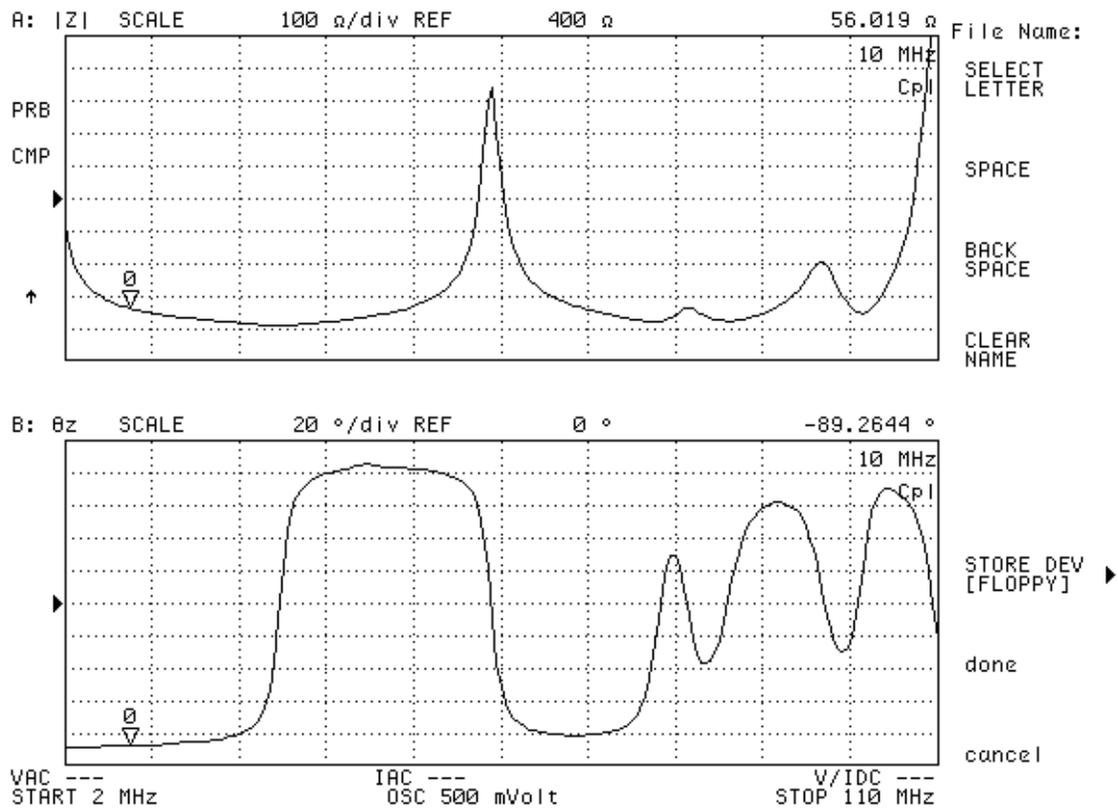


Figura 3.5. Gráficas de la impedancia vs frecuencia del transductor pegado con Epoxy, magnitud (arriba) y fase (abajo)

Se considera que al colocar los electrodos en la cerámica piezoeléctrica, una parte de ella sufre cambios físicos (pérdida de área efectiva), lo que lleva a que haya un corrimiento en la frecuencia.

Las gráficas de impedancia de ambos transductores indican que la menor impedancia se presenta en un valor de frecuencia de 10 MHz aproximadamente, el cual es un valor incongruente, ya que no es posible que una cerámica con una frecuencia natural de 8 MHz oscile y proporcione una respuesta a 10 MHz porque durante el proceso de construcción, como fue el pegado de electrodos a la cerámica, el espesor de la capa de acoplamiento (rexolite) y su pegado con cianocrilato, se esperaría una disminución en la frecuencia.

Para solucionar verificar los resultados obtenidos se optó por despegar el “matching” (Rexolite) del transductor y se observó que la cerámica presentó una fractura (ver figura 3.6).



Figura 3.6. Cerámica fracturada después de despegar el “matching” (Rexolite) del transductor.

La técnica empleada para colocar el “matching” en el transductor no fue la correcta, debido a que provocó la fractura de las cerámicas piezoeléctricas de ambos transductores, por lo que se decidió probar la respuesta del transductor paso a paso.

Para este fin se realizó la construcción de otro transductor, evitando colocar el “matching” para comparar resultados.

III.3. Construcción del transductor sin “Matching”.

El nuevo transductor se hizo con una cerámica PIC255 de 8 MHz [25] (ver anexo A) de forma redonda de dimensiones 6.5mm de diámetro x 0.75mm de espesor. El proceso de construcción fue el mismo que se empleó para los transductores anteriores y se empleó el método de electrodos soldados.



Figura 3.7. Cerámica redonda PIC 255

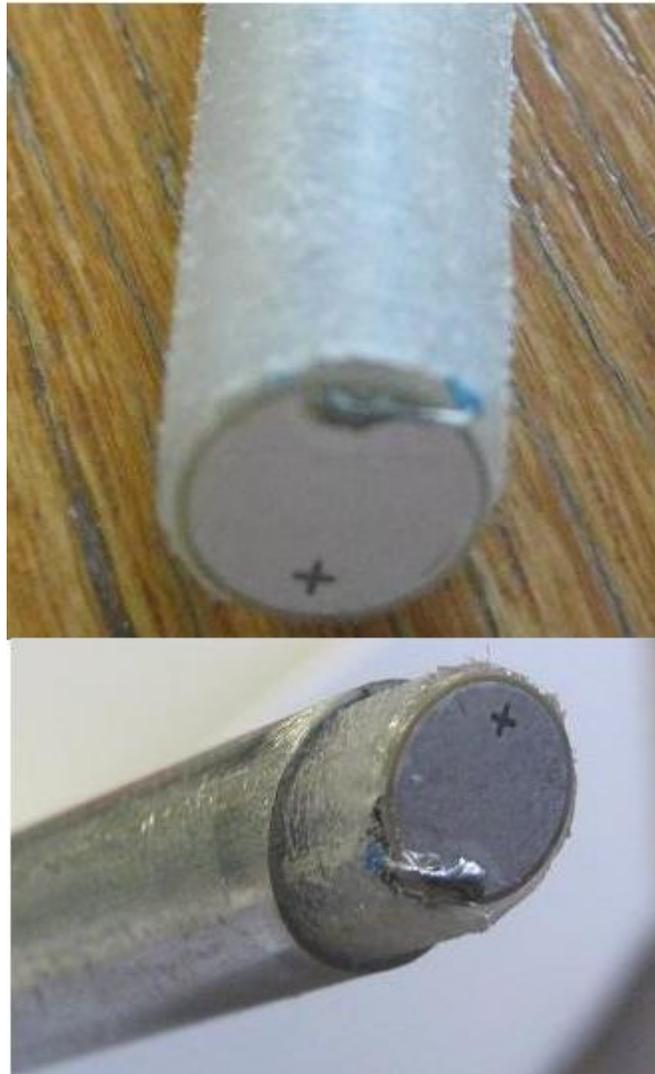


Figura 3.8. Cerámica con su carcasa

III.4. Caracterización del transductor sin “Matching”

La caracterización del transductor sin “matching” se llevó a cabo mediante dos pruebas: Una haciendo un barrido de frecuencia utilizando el generador de funciones y la otra a través del analizador de impedancias mencionado anteriormente.

Los resultados son los siguientes:

III.4.1. Prueba de barrido de frecuencia utilizando generador de funciones.

Esta prueba consiste en obtener la frecuencia de resonancia de manera experimental, para ello sustituimos el circuito equivalente por el transductor real, es decir, se utiliza el generador de funciones y se varía la frecuencia hasta alcanzar el valor mínimo de la amplitud de V_o , y por ende, la menor impedancia del transductor, en la cual está la frecuencia de resonancia.

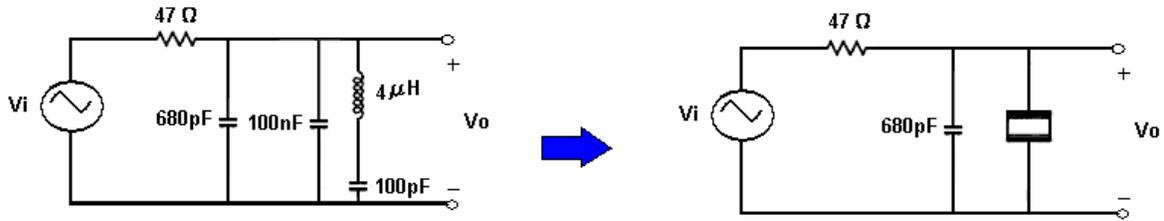


Figura 3.9. Sustitución del modelo teórico por el transductor real.

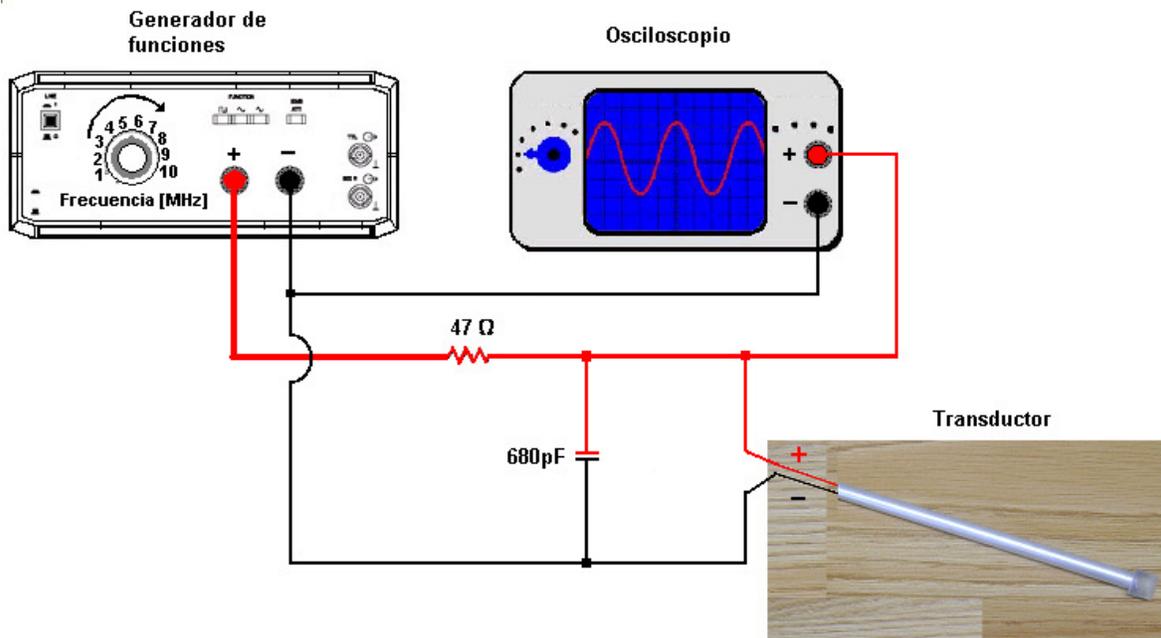


Figura 3.10. Esquema de conexiones para encontrar la frecuencia de resonancia del transductor de manera experimental.

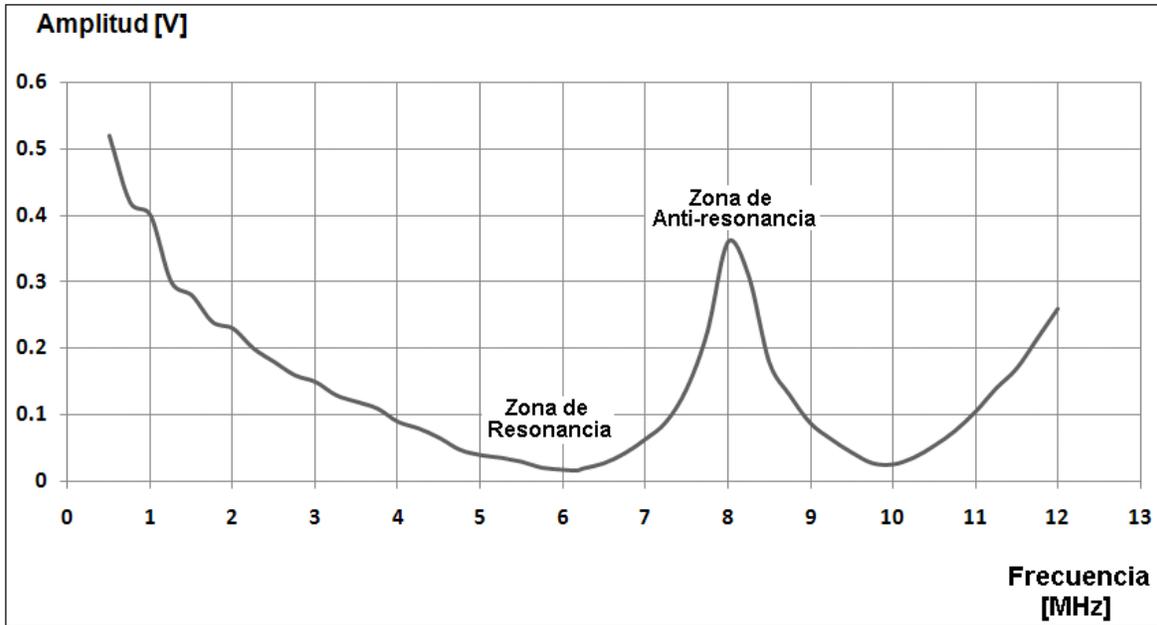


Figura 3.11. Frecuencia de resonancia del transductor sin "Matching" en un barrido de 1 a 12 MHz

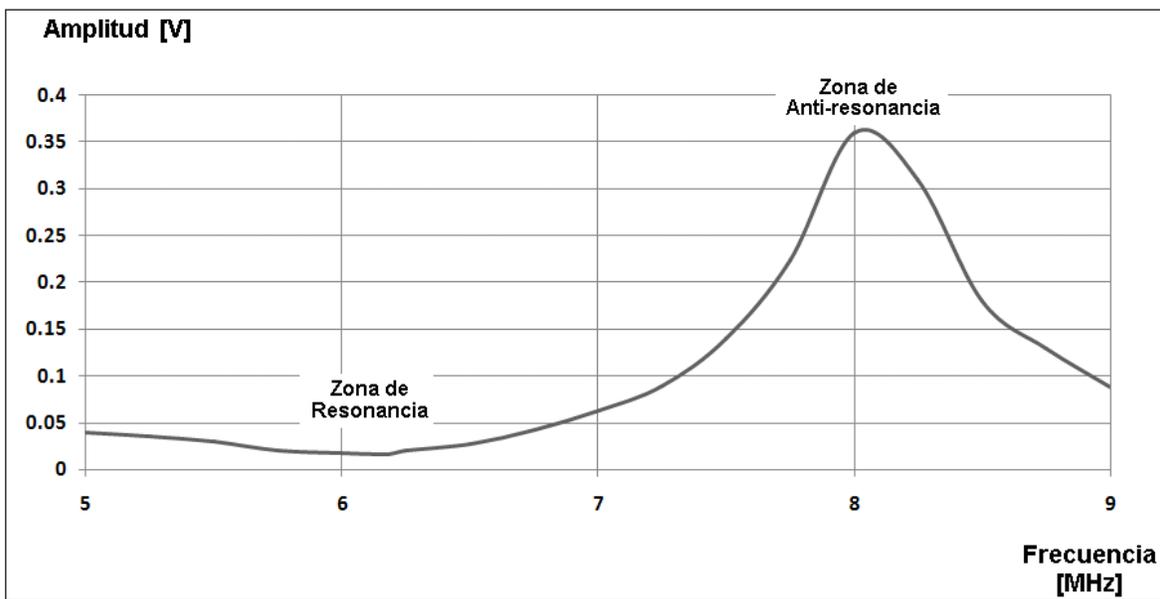


Figura 3.12. Frecuencia de resonancia del transductor sin "Matching" en un barrido de 5 a 9 MHz

III.4.2. Impedancia del transductor sin "Matching".

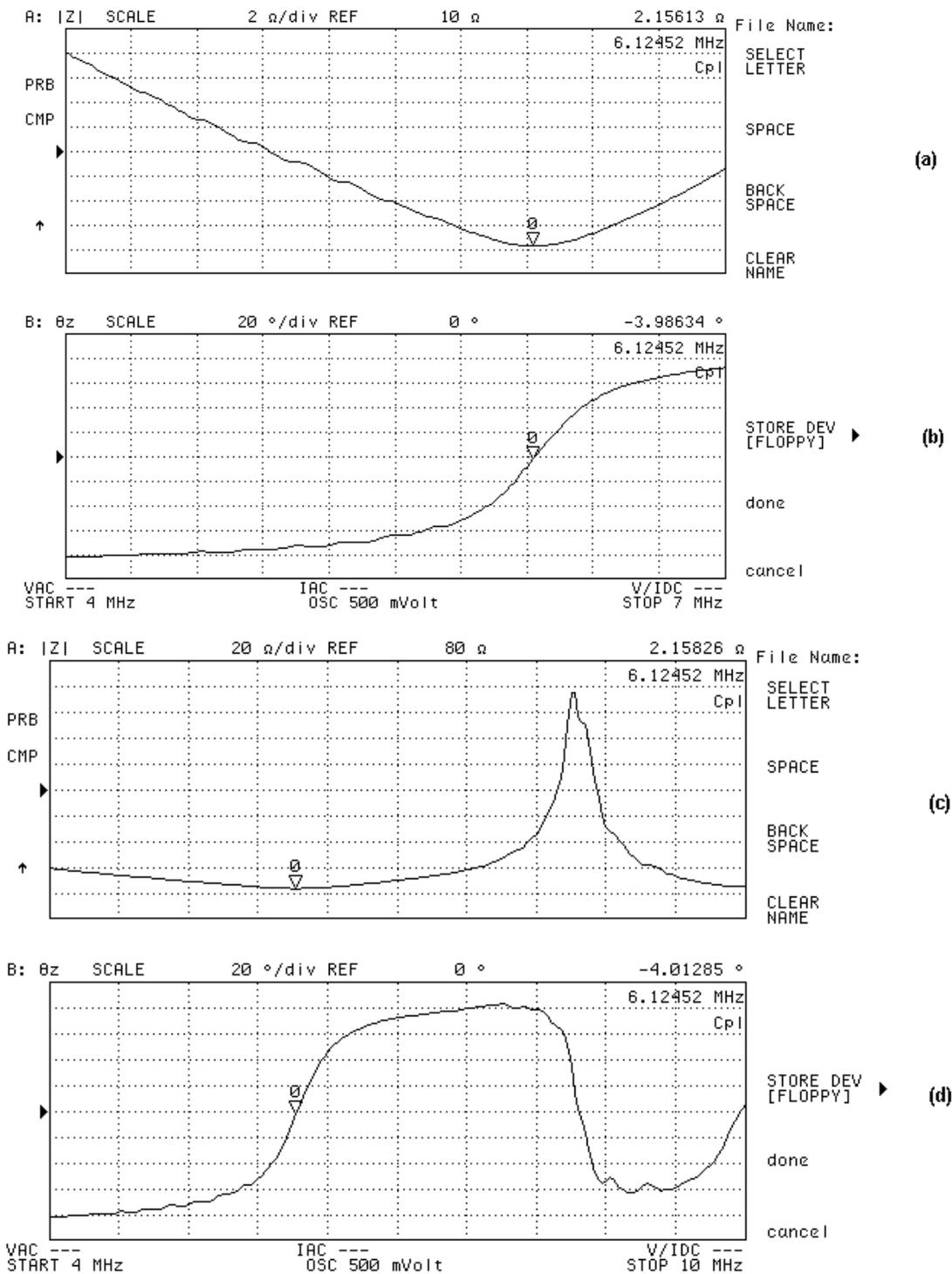


Figura 3.9. Gráficas de la impedancia vs frecuencia del transductor sin "matching".
a) y b) corresponden a magnitud y fase a un barrido de 4 a 7 MHz y c) y d) corresponden a magnitud y fase a un barrido de 4 a 10 MHz respectivamente.

Como se observa, el transductor tiene una frecuencia de resonancia por encima de los 6 MHz, sin la capa de "matching", lo cual es una respuesta congruente ya que hubo un corrimiento de frecuencia como se mencionó anteriormente.

Para la conclusión del transductor se seguirá utilizando Rexolite como material de "Matching", debido a sus propiedades acústicas observadas en el Anexo C, sin embargo, la técnica de pegado de este material debe ser replanteada para lograr un mejor acoplamiento, y evitar la fractura de la cerámica piezoeléctrica.