

INFORME FINAL ARREGLO DE ANTENAS PARCHE: ARREGLO DE ANTENAS PARCHE MICROCINTA CON PERFIL DE PATRÓN DE RADIACIÓN COSECANTE CUADRADO

Integrantes: Andrea Camila Moya
Santiago Burgos
David Martínez
Camilo Andrés Pérez

Fecha: 27 de Mayo de 2020
Profesor: Juan Pablo Guzmán

Abstract

Este paper se divide en tres partes fundamentales: la primera parte consiste en el diseño y análisis de dos configuraciones de antenas parche, el primer modelo de simulación será una antena parche sin inset, el segundo modelo será una antena parche con inset, ambas con acoplador $\lambda/4$ para mejorar el acople de impedancias. Se analizan los diferentes parámetros de los dos diseños de antenas como su patrón de radiación, su impedancia real e imaginaria, su parámetro S11 entre otros. Adicionalmente se hace un análisis en cuanto al funcionamiento del inset observando los modos del sustrato, del parche y del acoplador $\lambda/4$.

La segunda parte consiste en el desarrollo de un arreglo de antenas parche 1x2 con inset donde se observan y analizan sus parámetros de reflexión y transmisión respecto a los diferentes puertos, acercando más su patrón de radiación cosecante cuadrado requerido y obtenido en el paper escogido. Y en la última parte se realiza el diseño del arreglo de antenas parche 8x2 propuesto por el paper con el objetivo de ver su patrón de radiación de cosecante cuadrado, sus frecuencias de resonancias e impedancias reales e imaginarias en cada frecuencia y directividad y ganancia de la antena.

I. Introducción

Las antenas tipo parche se basan en la tecnología microcinta. Su uso tiene un gran auge para aplicaciones en las que el tamaño reducido es importante como, por ejemplo: la aviación, aeronáutica, satélites, aplicaciones en misiles, dispositivos móviles, comunicaciones inalámbricas en general y trabajan mayormente en las frecuencias de microondas y ondas milimétricas. De acuerdo con la tecnología que utiliza este tipo de antenas, una de sus ventajas es que presentan una tendencia a la miniaturización logrando dispositivos cada vez más pequeños, son antenas de fácil integración tanto en superficies planas como no planas, son de fácil adaptación a circuitos integrados microondas y son versátiles en cuanto a acoples de impedancias, patrones de radiación y frecuencias de resonancia.

Como consecuencia de la estructura de las antenas tipo parche algunas de las desventajas que estas pueden presentar son en cuanto a su potencia de radiación la cual es baja, presentan adicionalmente baja eficiencia y un ancho de banda angosto, por último, cabe resaltar que son antenas susceptibles a pérdidas y son afectadas por el factor térmico, sobre todo si se trabajan sobre sustratos flexibles.

En este informe de avance se plantea el diseño de dos modelos de antena parche (con inset y sin inset) los dos modelos se implementan con acoplador de impedancias $\lambda/4$ como se mencionó anteriormente. Se desarrolla el análisis de las dimensiones de la antena así mismo como sus parámetros de reflexión S11, frecuencia de resonancia, ancho de banda, impedancia real e imaginaria, directividad y ganancia de la antena, por último, los patrones de radiación. Este diseño de antenas parche será posteriormente utilizado para elaborar un arreglo de antenas parche que en este paper se plantea como primera medida un arreglo 1x2, optimizando el número de antenas del arreglo, donde se espera obtener un patrón de radiación de cosecante cuadrado. Y finalmente una vez se analiza el comportamiento del arreglo 1x2, se desarrolla el análisis y diseño de antenas 8x2 y se comparan los resultados con el paper escogido en cuanto a sus parámetros.

II. Objetivos

- Verificar los parámetros de las antenas parche (con y sin inset).

- Ejecutar un estudio y análisis del funcionamiento del inset en las antenas parche mediante la observación de los modos de la antena.
- Diseñar el arreglo de antenas parche 1x2.
- Verificar los parámetros del arreglo de antenas parche 1x2.
- Diseñar el arreglo de antenas parche 8x2.
- Verificar los parámetros del arreglo de antenas parche 8x2.
- Comparar los resultados con el paper escogido.

III. Descripción de la solución propuesta

La primera parte de este documento plantea el diseño y simulación de dos tipos de antenas parche, primero se realiza el diseño de la antena parche sin inset y posteriormente se realiza el diseño de la antena parche con inset. Se observan los diferentes parámetros de la antena en los dos diseños y se comparan con los resultados del paper escogido. Debido a la incongruencia en cuanto a las frecuencias de resonancia, se realizan las parametrizaciones correspondientes que permitan aproximarse a los resultados del paper (“Microstrip patch antenna array with cosecant-squared radiation pattern profile”). A partir de las simulaciones ya parametrizadas se realizan las comparaciones del parámetro de reflexión S11 y de los patrones de radiación de los planos E y H con respecto al paper y con respecto a los resultados sin parametrizar. Para finalizar la primera parte del documento se ejecuta un análisis de los modos de la antena parche con diferentes medidas del inset, con el objetivo de verificar el funcionamiento de este.

Una vez realizado el estudio y análisis de los diseños de antenas parche, se realiza el diseño de arreglo de antenas parche 1x2 donde el objetivo de este diseño es observar su parámetro de reflexión S11 y observar su patrón de radiación e impedancia real e imaginaria y se espera que sea aproximado al patrón de radiación de cosecante cuadrado con impedancias reales cercanas a los 50 ohm. Finalmente, al haber realizado el análisis de este diseño, se propone el arreglo de antenas 8x2 el cual es el propuesto por el paper, y el objetivo de este diseño es aproximarse a los resultados obtenidos por el mismo, obteniendo el patrón de radiación de cosecante cuadrado, se observa también los parámetros de transmisión respecto a los otros puertos y por último se analizan la directividad y ganancia del arreglo de antenas 8x2.

1. Antena Parche sin Inset

Como primera medida se realiza el modelo de la antena parche sin implementación de inset, este diseño consiste en una antena parche cuadrado con una adición de un acoplador de $\lambda/4$ para mejorar el acople de impedancias y atenuación de la antena. Para la simulación en HFSS de la antena se usó el sustrato low-loss Rogers RO4003 con $\epsilon_r \rightarrow 3.55$ y $\tan(\delta) \rightarrow 0.0027$, el cual es un sustrato que presenta bajas pérdidas y una permitividad relativa alta.

Para el diseño y simulación de la antena fue necesario realizar un estudio paramétrico de la longitud (L) del parche y de las dimensiones (L y W) del acoplador $\lambda/4$. El objetivo de este estudio paramétrico es ajustar el parámetro S11 a la frecuencia de resonancia de la antena puesto que, tomando las dimensiones presentadas por el paper, la frecuencia de resonancia era de 10.8 GHz aproximadamente mientras que el parámetro S11 presentado por la antena del paper tenía una resonancia a 11 GHz aproximadamente. Se parametriza el L de la antena de 7 mm a 6.5 mm y las dimensiones del acoplador $\lambda/4$ donde su L pasó de ser 5 mm a 4.228 mm y su W paso de ser 0.7 mm a 0.5 mm. A continuación, se observan las dimensiones de la antena parche sin inset.

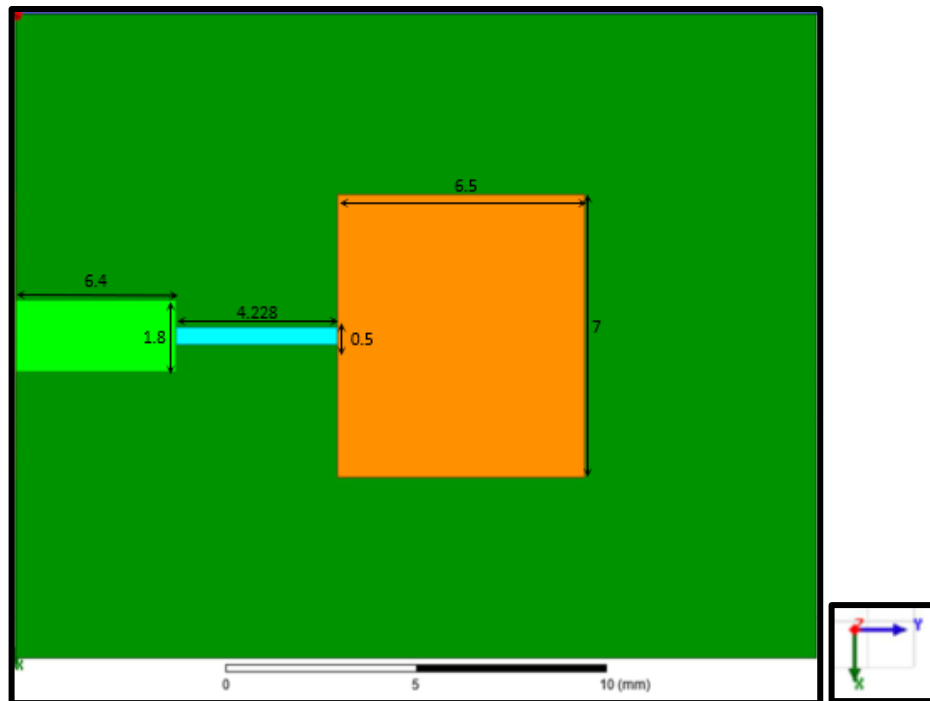


Figura 1. Dimensiones de la antena parche sin inset parametrizada y con acoplador $\lambda/4$. Unidades en mm.

2. Antena Parche con Inset

Una vez realizada la construcción de la antena parche sin inset, se plantea el diseño y el modelo de la antena parche con inset, el cual consiste en la misma antena parche cuadrado con un recorte de dos ranuras en la parte inferior del parche. Adicionalmente para lograr un mejor acople de impedancias y atenuación de la antena, se agregó un acoplador $\lambda/4$ en microcinta, por otro lado, el reverso del sustrato dieléctrico es un plano a tierra. A continuación, procedemos a explicar el funcionamiento del inset.

Funcionamiento de la alimentación con inserciones

El inset es usado para extender la conexión del punto de alimentación al parche logrando una reducción en la impedancia de entrada de la antena. Puesto que la corriente es baja en los extremos de una antena parche de media onda y aumenta su magnitud hacia el centro de la antena, la impedancia de entrada se puede reducir si el parche es alimentado más cerca del centro. El inset es usado para cambiar la posición de alimentación y el valor de impedancia de la antena. A mayor impedancia de la antena menor ancho de banda, evitando hasta donde sea posible un circuito de acoplamiento (evitar línea de $\lambda/4$). La resistencia de entrada es variable dependiendo del valor de Y_0 . El inset mejora el ancho de banda, trae estabilidad y reduce las pérdidas y es una forma de conducir la energía a la antena.

Un método de hacer esto es mediante el uso de una fuente inserción, realizando dos cortes como se muestra en la Figura 2.

Para la simulación de la antena parche con inset se presenta un diseño en el sustrato low-loss Rogers RO4003 con $\epsilon_r \rightarrow 3.55$ y $\tan(\delta) \rightarrow 0.0027$ al igual que en el diseño de la antena parche sin inset. Cabe resaltar que el largo, ancho y el tamaño de la línea de alimentación tienen un efecto crítico en el ancho de banda de impedancia de la antena.

Al igual que en el diseño de la antena anterior, para el diseño y simulación de la antena parche con inset fue necesario un estudio paramétrico de la longitud (L) de la antena y el ancho (W) del acoplador $\lambda/4$ por el mismo motivo de alcanzar la frecuencia de resonancia propuesta por el paper de aproximadamente 11 GHz. Se modificó L de 7 mm a 6.83 mm y el ancho W del acoplador de 0.7 mm a 0.6 mm. A continuación, se presentan las dimensiones de la antena parche con inset ya parametrizada.

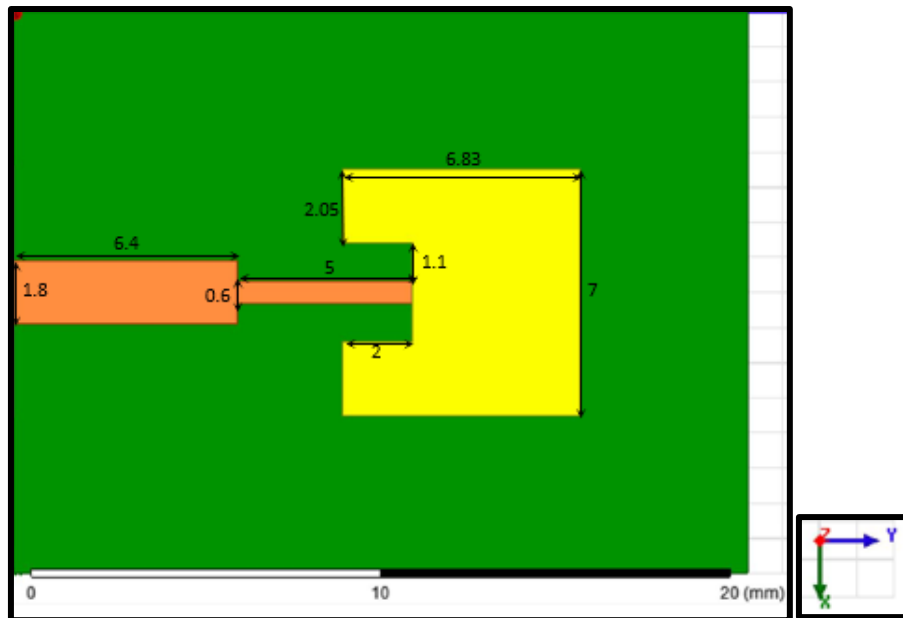
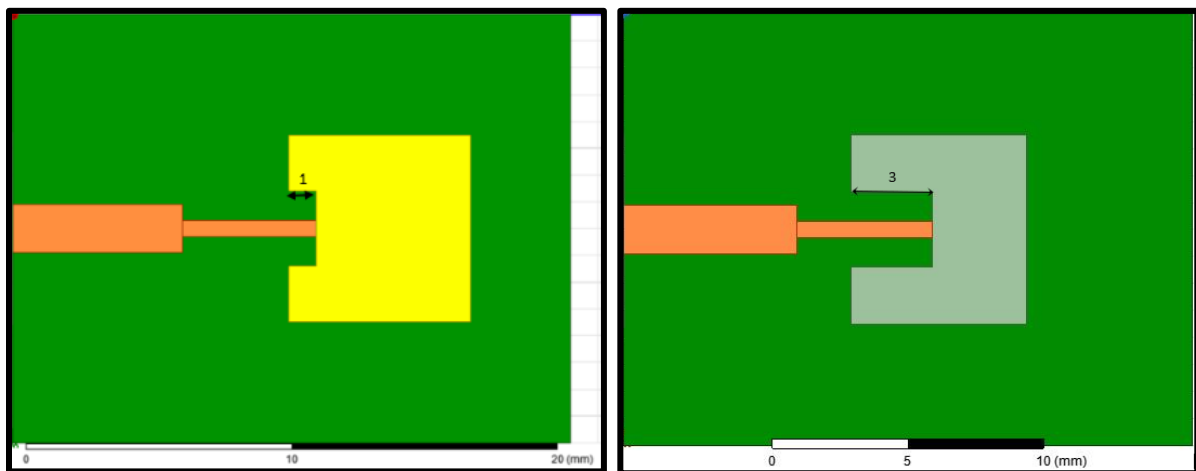


Figura 2. Dimensiones de la antena parche parametrizada con inset y acoplador $\lambda/4$. Unidades en mm.

Como presenciamos en la figura 2, la antena parche presenta un inset de longitud 2 mm, para observar cómo afecta el tamaño del inset en la antena se planteó cambiar la longitud del inset por 1 mm y 3 mm puesto que en una antena parche el comportamiento de la antena se repite para la mitad del largo (L) de la antena y debido a que el largo de la antena es 7 mm, su mitad es 3.5 mm por lo que no tendría sentido usar un inset más largo que esta medida (en el apartado de simulaciones se explica que cambio de frecuencia se tiene variando con estos inset). A continuación, se evidencian las antenas parche con inset de 1 mm y 3 mm. Cabe resaltar que las dimensiones de la línea de alimentación, el acoplador $\lambda/4$, y demás dimensiones de la antena parche se mantuvieron constantes (tomando la figura 3 como referencia).



a) Antena parche con inset 1 mm.

b) Antena parche con inset 3 mm.

Figura 3. Antenas parche con inset de diferentes longitudes.

3. Arreglo de antenas parche 1x2

Una vez construido y diseñado las dos antenas parche tanto sin inset como con inset, se realiza el diseño del arreglo 1x2 de antenas parche con inset, con el objetivo de alcanzar poco a poco el número de antenas y los resultados del paper elegido (el cual presenta un arreglo de 8x2), se observa el patrón de radiación y sus impedancias real e imaginaria. Se analiza la ganancia y directividad del arreglo de antenas. Por último, se analiza la distribución de potencia y alimentación del arreglo de antenas observando las mediciones desde los otros puertos.

Ancho variable de las líneas de alimentación



Ancho variable de las líneas de alimentación

Ancho variable de las líneas de alimentación



Ancho variable de las líneas de alimentación

Después de realizar una investigación y un análisis de los resultados obtenidos, se entiende que las diferencias encontradas en el ancho de las líneas de alimentación del arreglo se deben a que se quiere obtener un ajuste en la fase, mejor acople, por último, otorga mejores resultados en las pérdidas de retorno

4. Arreglo de antenas parche 8x2

Finalmente, una vez analizado el arreglo 1x2 se procede a construir el arreglo 8x2 presentado por el paper y se analizan sus resultados donde se espera replicar el patrón de radiación de cosecante cuadrado la cual es el objetivo principal de este paper. El diseño de arreglos presentado a continuación corresponde al diseño de las antenas parche con inset parametrizadas.

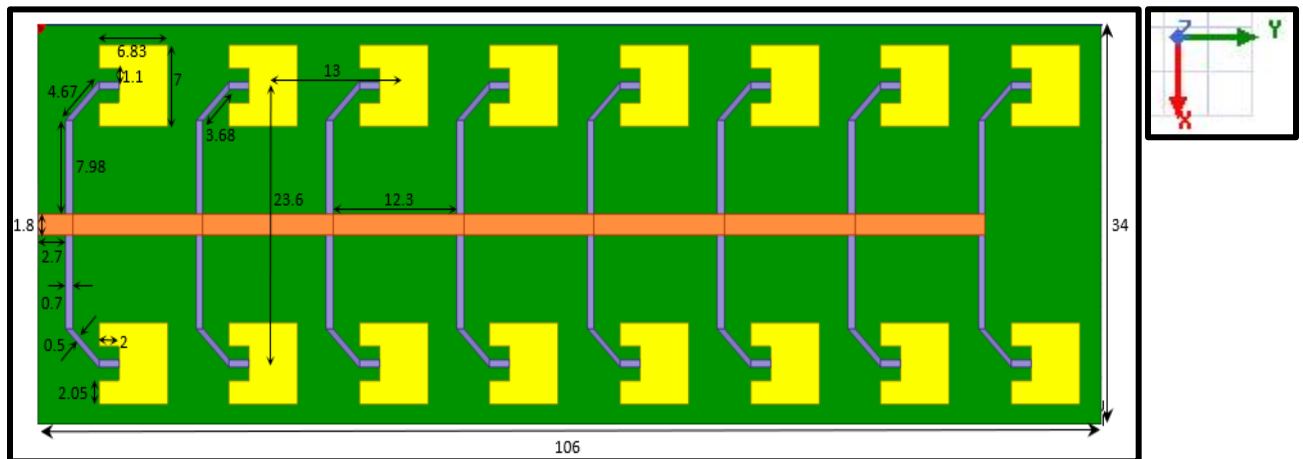


Figura 6. Dimensiones del arreglo 8x2 de antenas parche con inset. Dimensiones en mm.

Cabe resaltar que para realizar la simulación tanto del arreglo 1x2 como del arreglo 8x2 se utilizó el sustrato low-loss Rogers RO4003 con $\epsilon_r \rightarrow 3.55$ y $\tan(\delta) \rightarrow 0.0027$.

IV. Simulaciones

En esta sección del documento se presentan todas las simulaciones referentes a los parámetros tanto de la antena parche con inset parametrizada como de los arreglos de antenas 1x2 y 8x2. Se analizan sus parámetros S11, su impedancia real e imaginaria, patrones de radiación tanto en 3D como en los planos E y H de la antena, ganancias y directividades de cada uno y finalmente los modos de las antenas. Por otro lado, se analizan también los resultados de la antena parche con diferentes longitudes de inset y se observa en qué afecta este parámetro en cuanto al funcionamiento de la antena parche. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de dicha simulación, en donde el proceso que se llevó a cabo fue el siguiente: primero, se verifica que el modelo y las variables que se propusieron estén correctas y sean aptas para la simulación, es decir, comprobar por medio del programa de ANSYS ELECTRONICS que el modelo es apto para simulación. Segundo, se procede a realizar el análisis en frecuencia (de 9 a 13 GHz con pasos de 0.01GHz) de la configuración de antena parche respectiva.

- **Simulación de antena parche con diferentes longitudes del inset**

Como se ha venido mencionando a lo largo del documento, se requiere hacer un estudio del funcionamiento del inset y ver cómo cambiando la longitud cambia el modo de funcionamiento de la antena. Para esta simulación se tomaron tres longitudes de inset las cuales fueron: 1 mm, 2 mm y 3 mm. A continuación, se presenta la gráfica del parámetro S11 para las diferentes longitudes del inset de la antena parche unitaria.

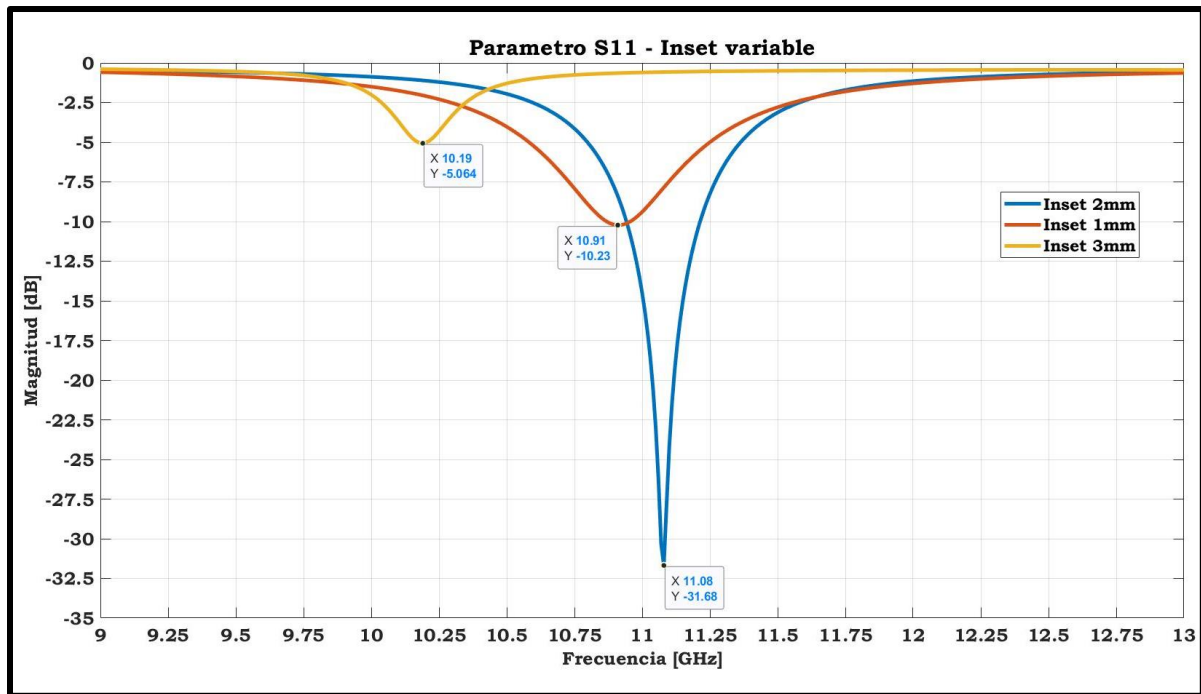


Figura 7. Comparación del parámetro S11 con longitud del inset variable.

	Longitud del Inset [mm]		
	1	2	3
Frecuencia de Resonancia	10.91 GHz	11.08 GHz	10.19 GHz
Atenuación [dB]	-10,23	-31,68	-5,06

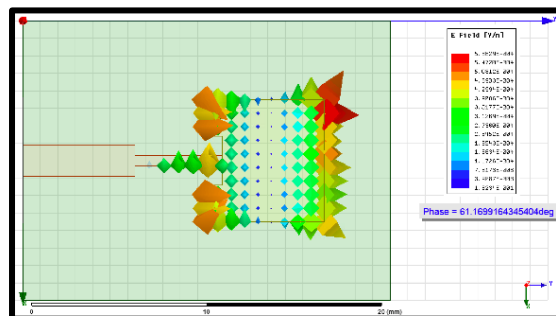
Tabla 1. Parámetro S11 del inset variable.

- **Modo de funcionamiento TM 01**

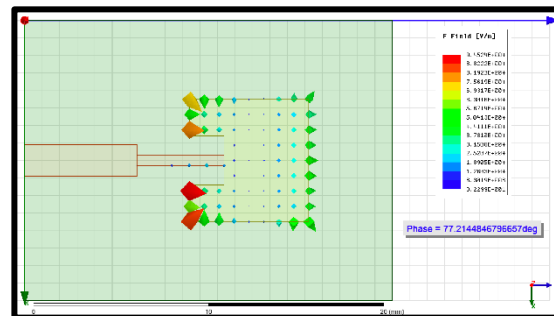
A continuación, se muestran los campos Eléctricos y Magnéticos en el modo de funcionamiento TM01 de las antenas con inset variable. Se observa un correcto funcionamiento del modo en el sentido en que se evidencia (en algunos casos levemente) un máximo ya sea en los extremos de la antena (campo eléctrico) o en el centro (campo magnético).

Campo eléctrico vector

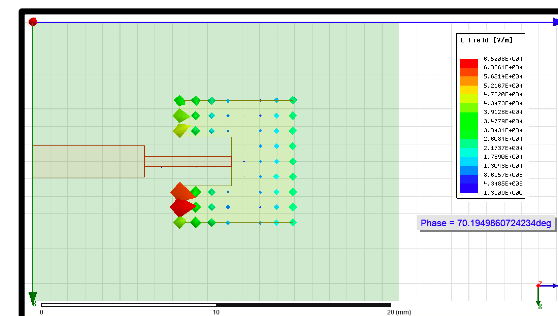
1mm



2mm

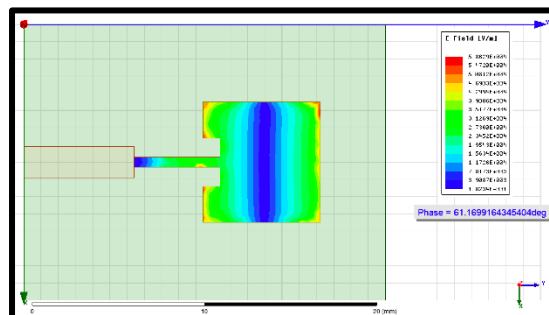


3mm

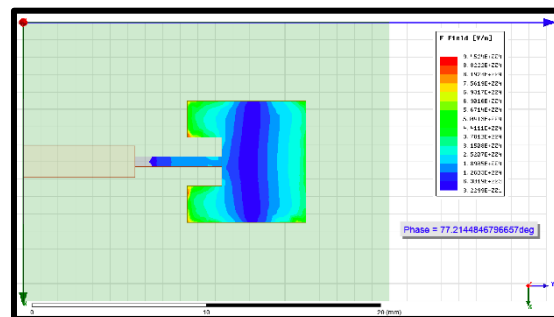


Campo eléctrico magnitud

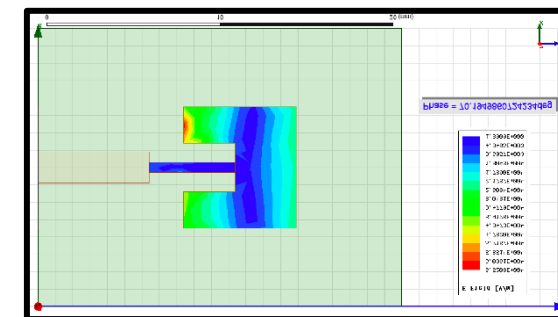
1mm



2mm

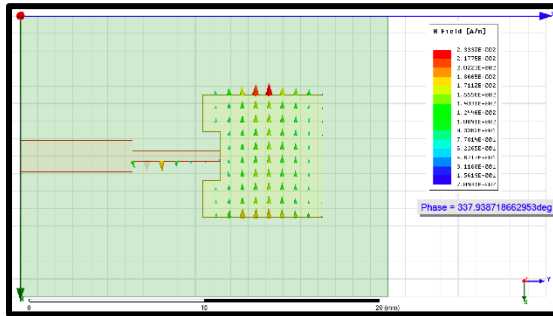


3mm

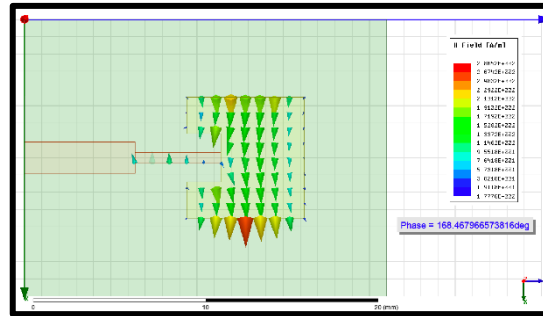


Campo magnético vector

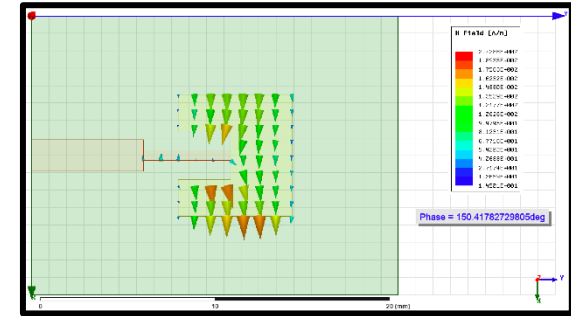
1mm



2mm

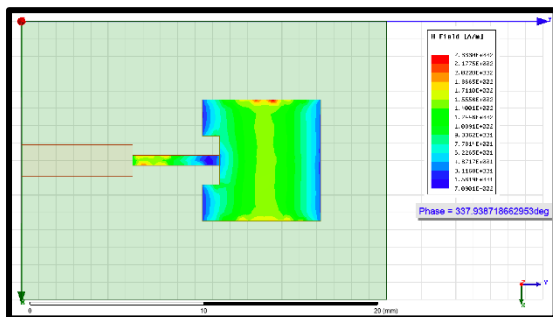


3mm

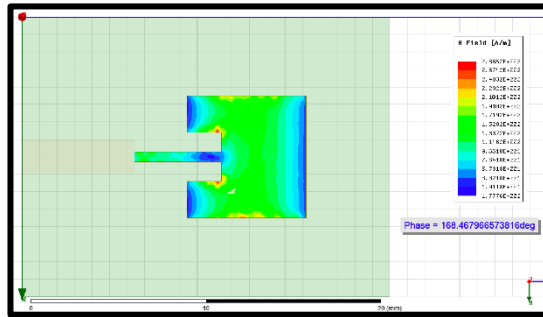


Campo magnético magnitud

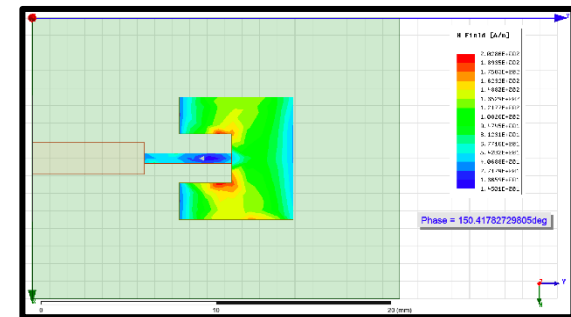
1mm



2mm

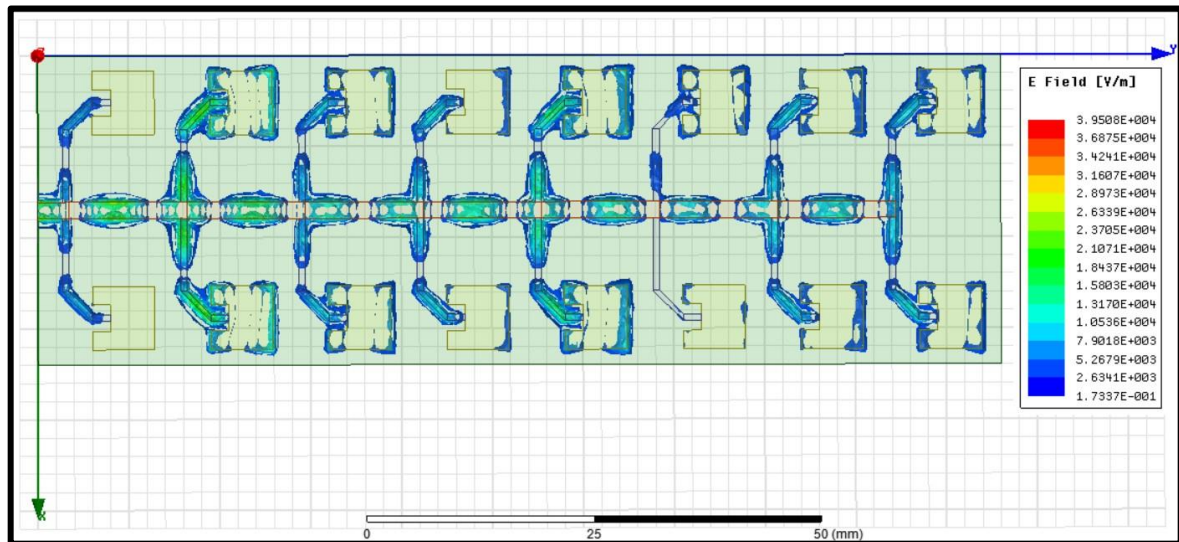


3mm

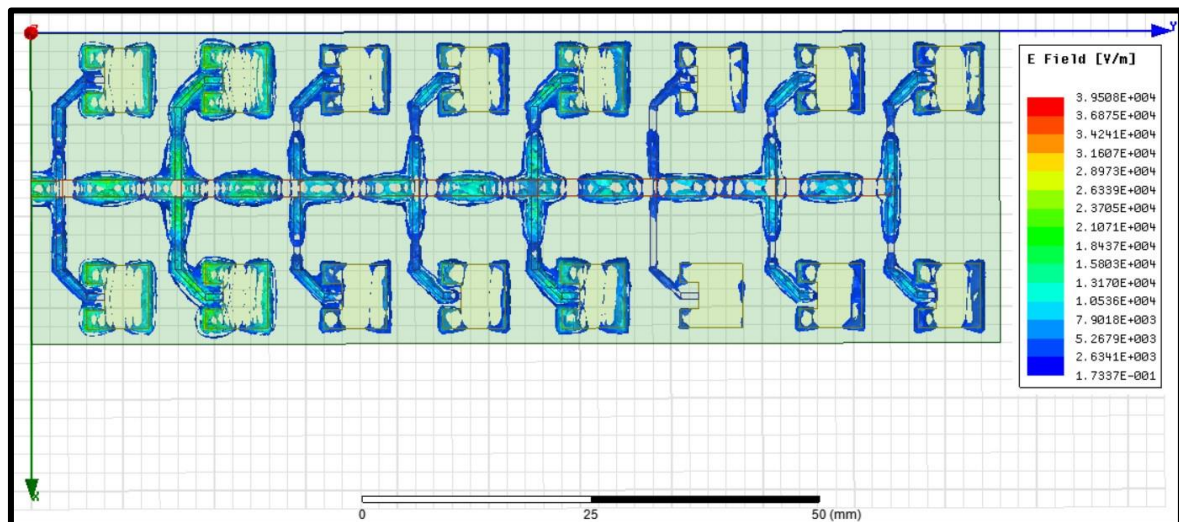


Antena parche 8x2 (Campo eléctrico magnitud)

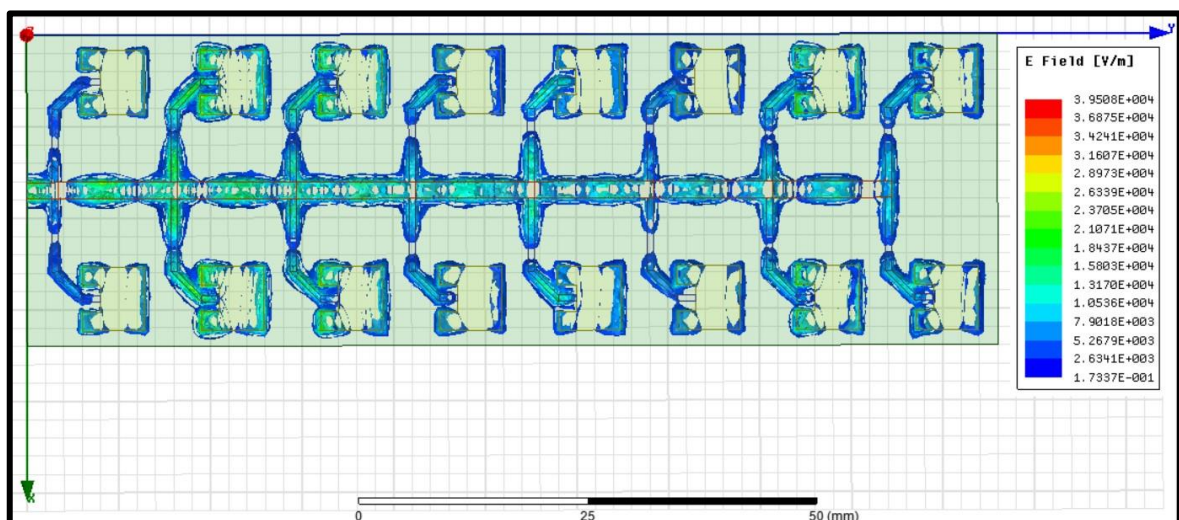
Frecuencia de resonancia 10.5 GHz



Frecuencia de resonancia 11.43GHz



Frecuencia de resonancia 11.65GHz



En la siguiente figura se aprecian los parámetros de reflexión S11 de los diferentes diseños de los arreglos de las antenas y de la antena parche con inset unitaria. La siguiente tabla resume el análisis de los resultados para cada uno de los diseños propuestos.

	Diseño				
	Antena Unitaria	Arreglo 1x2	Arreglo 8x2		
Frecuencia de Resonancia	11,08 GHz	10,97 GHz	10,5 GHz	11,43 GHz	11,66 GHz
Atenuación [dB]	-31,68	-24,05	-28,93	-20,17	-22,97

Tabla 2. Frecuencia y atenuación de los diferentes diseños.

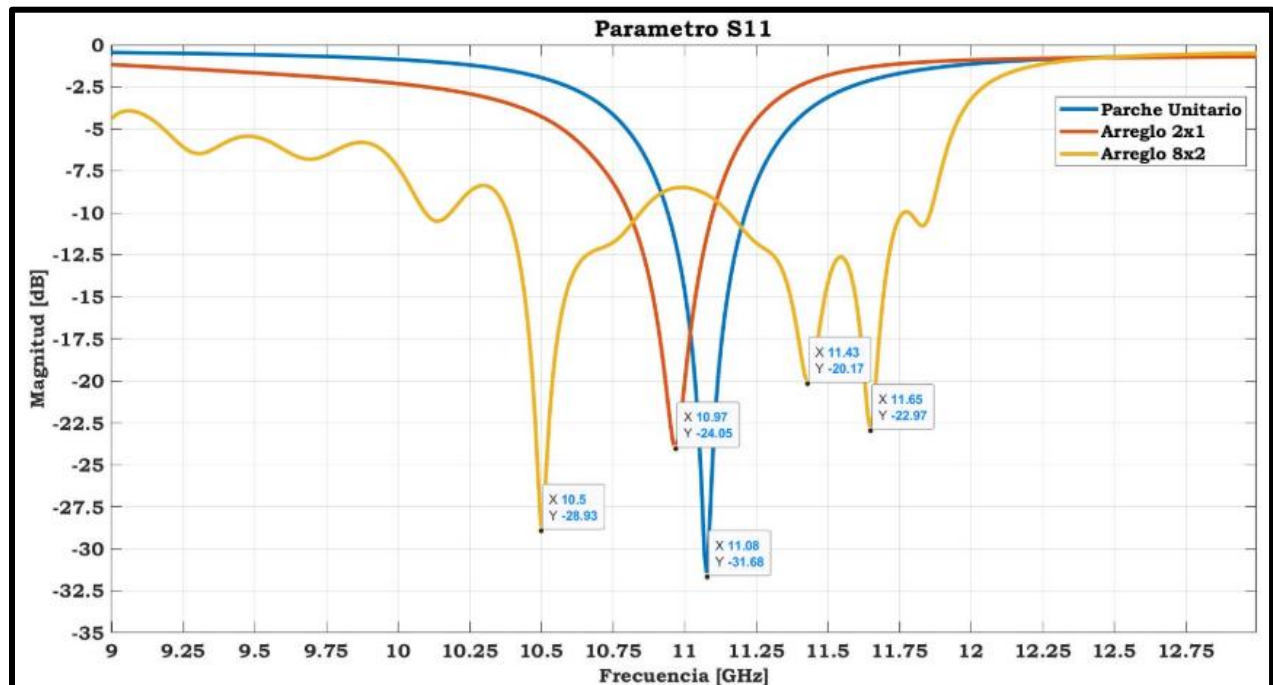


Figura 8. Comparación del parámetro S11.

En la imagen anterior podemos observar que en los tres diseños se presenta un buen acople de impedancias puesto que todas las atenuaciones son mayores a -10 dB. La antena parche unitaria con inset es la antena que presenta el mejor acople teniendo esta la mejor atenuación y observamos también que en el arreglo 8x2 se observa el patrón de cosecante cuadrado puesto que se evidencian tres frecuencias de resonancia.

Como se evidencia en las imágenes de campo eléctrico del arreglo 8x2 la energía se distribuye de manera diferente en cada frecuencia y en cada parche, por lo que en el parámetro S11 obtendremos frecuencias de resonancias diferentes con una forma de tipo cosecante al cuadrado (csc^2). Los parámetros S11(figura8) nos muestra que para una antena de un solo parche tenemos una ganancia mayor que con dos u 8 parches, al tener 3 picos de frecuencia de resonancia diferentes, dividimos nuestra ganancia para que se obtenga una ganancia de por lo menos -20dB en cada frecuencia de resonancia y así poder transmitir con una ganancia parecida a diferentes distancias.

- **Impedancia real e Imaginaria**

En la siguiente figura se observan los valores de impedancia real medidos en cada una de las frecuencias de resonancia de los tres diseños presentados.

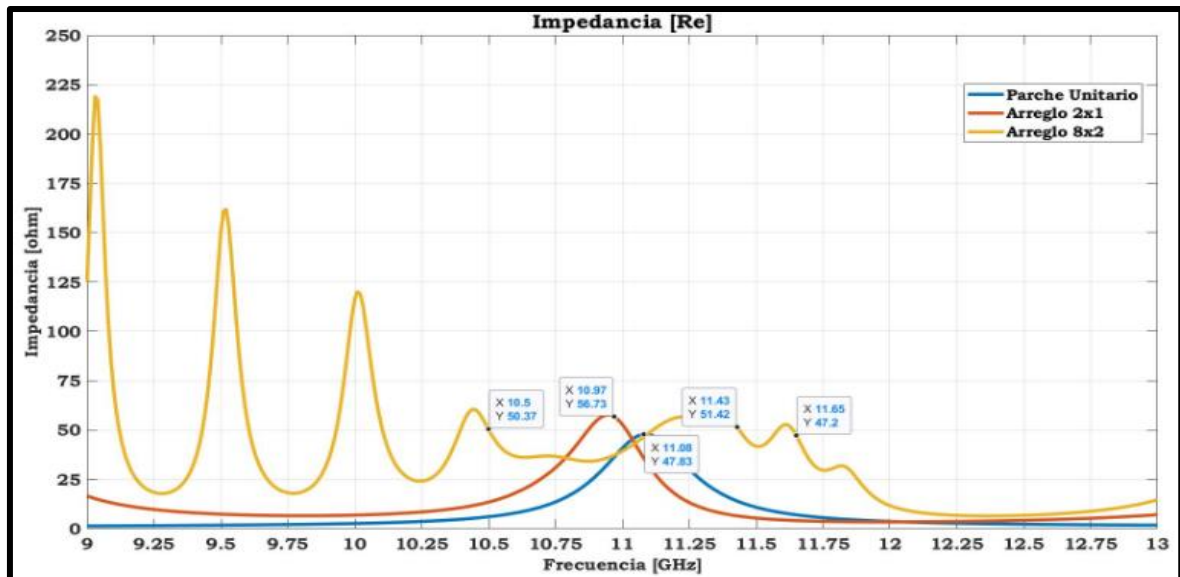


Figura 9. Impedancia real de los diseños propuestos.

Por medio de la tabla 2 se resumen los resultados mostrados en la gráfica anterior.

	Diseño				
	Antena Unitaria	Arreglo 1x2	Arreglo 8x2		
Frecuencia de Resonancia	11,08 GHz	10,97 GHz	10,5 GHz	11,43 GHz	11,66 GHz
Impedancia real	47.83 Ω	56.7 Ω	50.37 Ω	51.42 Ω	47.2 Ω

Tabla 3. Impedancia real de los diferentes diseños.

Como se observa en la figura 9 las impedancias reales están muy cercanas a los 50 ohm asegurando un buen acople de estas, se evidencia que en el arreglo de antenas parche 8x2 se presentan los mejores acoples debido a la presencia del inset y a la parametrización de las antenas, aunque los otros dos diseños presentan resultados bastantes buenos el arreglo 8x2 presenta dos impedancias reales de 50 ohm de las tres frecuencias de resonancia a las cuales irradia el arreglo.

En la siguiente figura se observan los valores de impedancia imaginarios medidos en cada una de las frecuencias de resonancia de los tres diseños presentados.

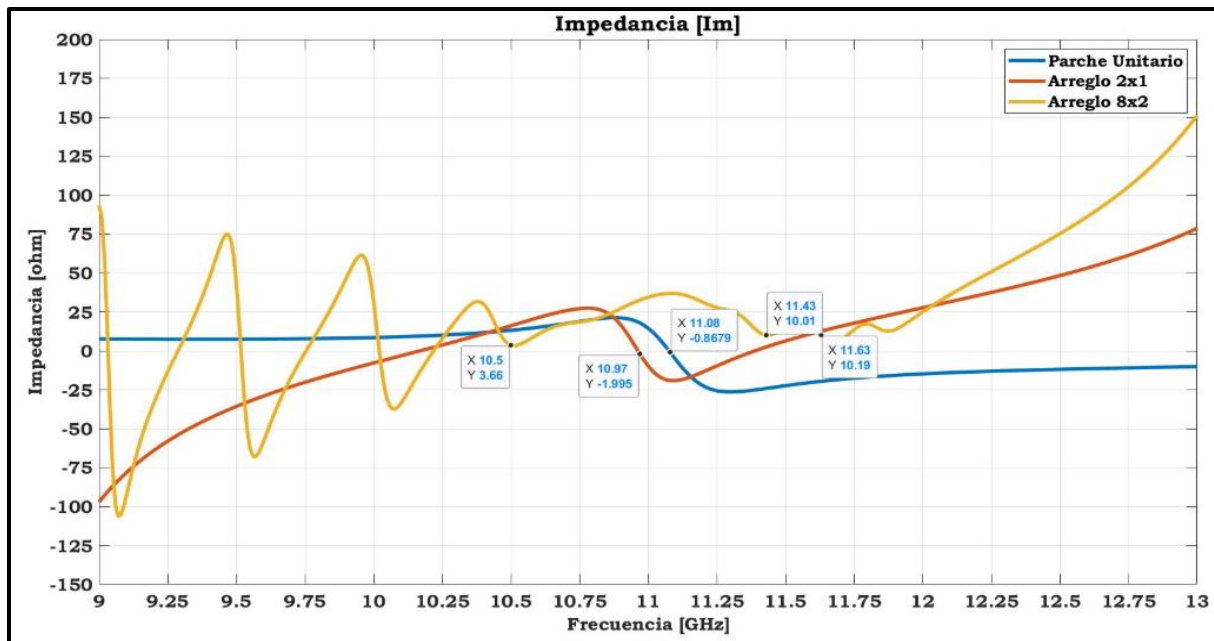


Figura 10. Impedancia imaginaria de los diseños propuestos.

Por medio de la tabla 3 se resumen los resultados mostrados en la gráfica de impedancia imaginaria.

	Diseño				
	Antena Unitaria	Arreglo 1x2	Arreglo 8x2		
Frecuencia de Resonancia	11,08 GHz	10,97 GHz	10,5 GHz	11,43 GHz	11,66 GHz
Impedancia Imaginaria [Ω]	-0,86	-1,99	3.66	10.01	10.19

Tabla 4. Impedancia imaginaria de los diferentes diseños.

Como se observa en la figura 10 y en la tabla 3 se aprecian los diferentes valores de impedancia imaginaria para los tres diseños propuestos. El objetivo de lograr un buen acople en las antenas es aproximar la impedancia imaginaria lo más cercana a cero posible. Observamos que en este caso la antena parche unitaria presenta la impedancia más pequeña seguido del arreglo de antenas 1x2.

● Ganancia de los diseños propuestos

La Ganancia se refiere a la potencia entregada a la antena. Se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que irradiará una antena isotrópica. Esta medida ya toma en cuenta el efecto de la adaptación, es decir en donde hay más energía en el parámetro S11 (mayor atenuación) es donde la antena está radiando más energía. La ganancia de la antena depende de la directividad.

En la figura 11 se observan las comparaciones entre las diferentes ganancias que presentan cada uno de los tres diseños propuestos, se midió la magnitud de esta en dB tanto para la antena parche unitario como para los arreglos de antena 1x2 y 8x2.

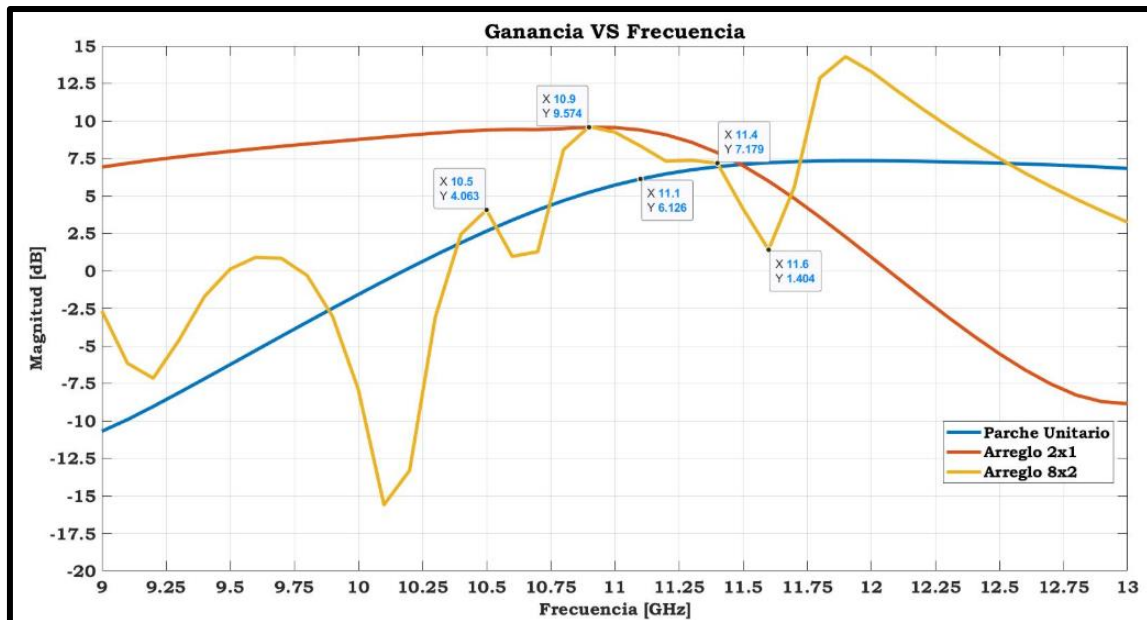


Figura 11. Ganancia de los diseños propuestos.

Como se observa en la figura anterior vemos que el comportamiento de la ganancia de los tres diseños propuestos es el correcto puesto que para el arreglo de antenas 8x2 la ganancia presenta sus picos máximos en las frecuencias de resonancia, así mismo observamos que para el arreglo 1x2 después de la frecuencia de resonancia la ganancia empieza a disminuir y para el caso de la antena parche unitaria observamos que después de su frecuencia de resonancia la ganancia permanece constante y aproximadamente en 13 GHz comienza a disminuir.

Por medio de la tabla 4 se resumen los resultados de las gráficas de ganancia vs frecuencia para cada uno de los diseños propuestos.

	Diseño				
	Antena Unitaria	Arreglo 1x2	Arreglo 8x2		
Frecuencia de Resonancia	11,08 GHz	10,97 GHz	10,5 GHz	11,43 GHz	11,66 GHz
Ganancia [dB]	6.12	9.57	4.06	7.17	1.4

Tabla 5. Ganancia de los diferentes diseños.

● Directividad de los diseños propuestos

La Directividad puede definirse como la potencia radiada por la antena. La Directividad no toma en cuenta la adaptación que se tiene en la antena, sino que toma en cuenta lo que se irradia por esta misma, sin importar que tanta energía se le está entregando a nivel de adaptación. En pocas palabras es una medida de calidad de cómo está radiando la antena.

En la figura 12 se evidencian las comparaciones entre las diferentes directividades que presentan cada uno de los tres diseños propuestos, se midió la directividad de esta en dB.

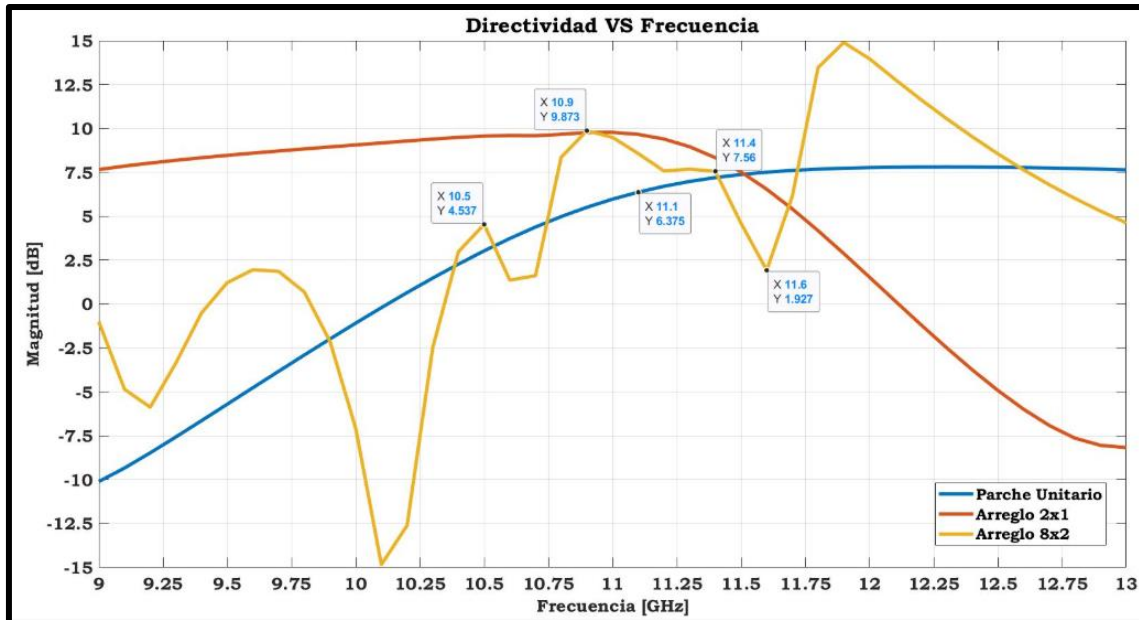


Figura 12. Comparación de la directividad de los diseños propuestos.

Como se observa en la figura anterior vemos que para el arreglo de antenas 8x2 la directividad presenta sus picos máximos en las frecuencias de resonancia, así mismo observamos que para el arreglo 1x2 después de la frecuencia de resonancia la directividad empieza a disminuir y para el caso de la antena parche unitaria observamos que después de su frecuencia de resonancia la directividad permanece constante y aproximadamente en 13 GHz comienza a disminuir.

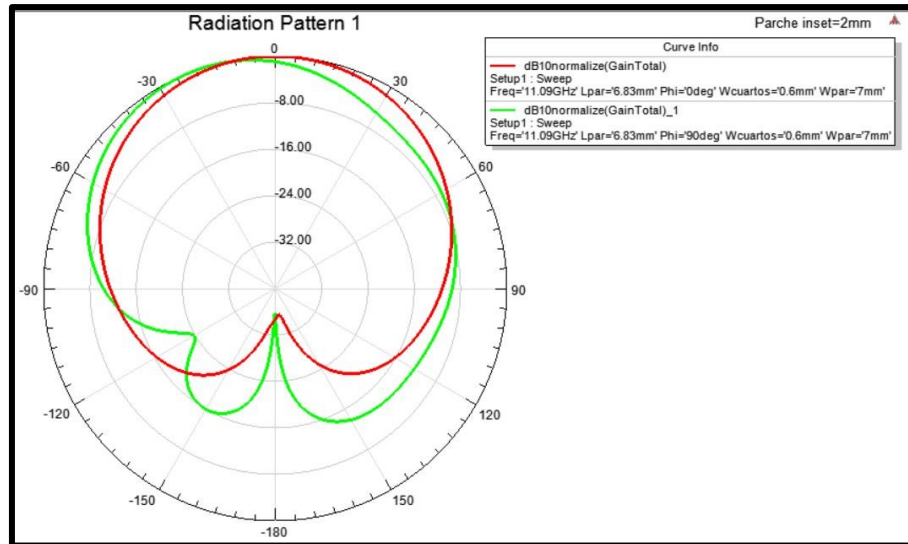
Por medio de la tabla 5 se resumen los resultados de las gráficas de directividad vs frecuencia para cada uno de los diseños propuestos.

	Diseño				
	Antena Unitaria	Arreglo 1x2	Arreglo 8x2		
Frecuencia de Resonancia	11,08 GHz	10,97 GHz	10,5 GHz	11,43 GHz	11,66 GHz
Directividad [dB]	6.37	9.87	4.53	7.56	1.92

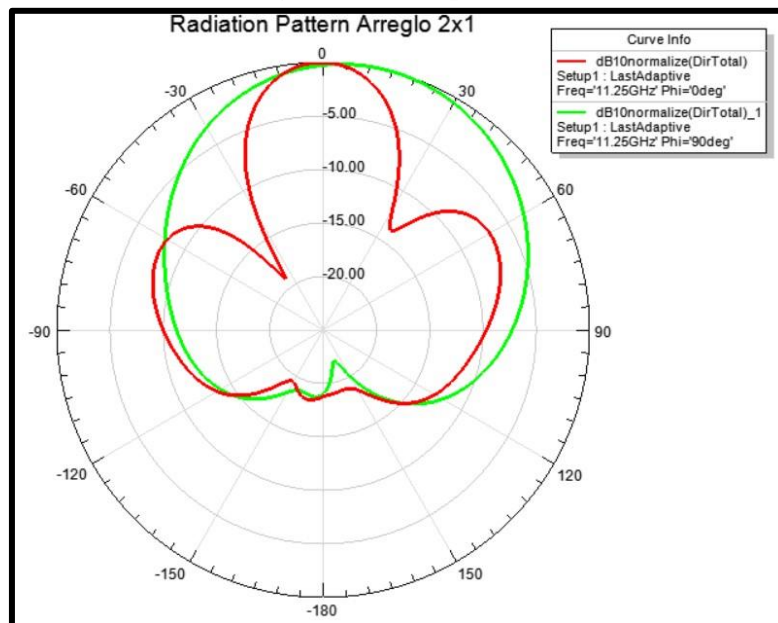
Tabla 6. Directividad de los diferentes diseños.

- Patrones de radiación planos E y H

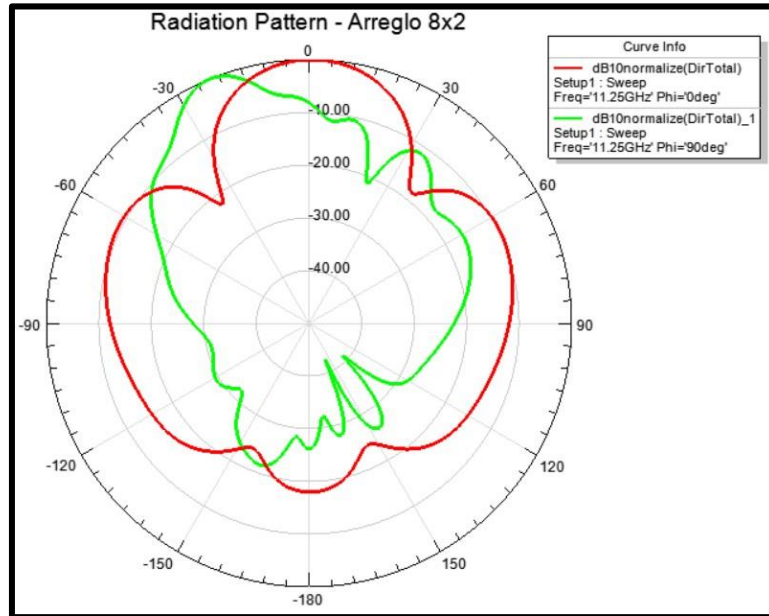
Antena parche 2mm



Arreglo de antena parche 2x1



Arreglo de antena parche 8x2



- **Divisor de potencia**

A continuación, se presenta el parámetro de reflexión S11 y los parámetros de transmisión S12 y S13 respecto a los otros puertos del divisor de potencia, en donde se observa un comportamiento extraño, y el cual se le atribuye a los cambios o modificaciones realizadas tanto al sustrato como a la caja de radiación (realizados en la simulación) los cuales se acomodaron para poder observar tres puertos. Sin embargo, se puede observar que la potencia se distribuye por partes iguales a ambos brazos del arreglo (S12 y S13).

En el siguiente link se encuentran unos videos que muestran el funcionamiento y comportamiento del campo electrico (en el sustrato) y la corriente superficial en el divisor de potencia:

<https://drive.google.com/drive/folders/1rHEGU60LyRLyFTr45oMS7e2oRwA04CJH?usp=sharing>

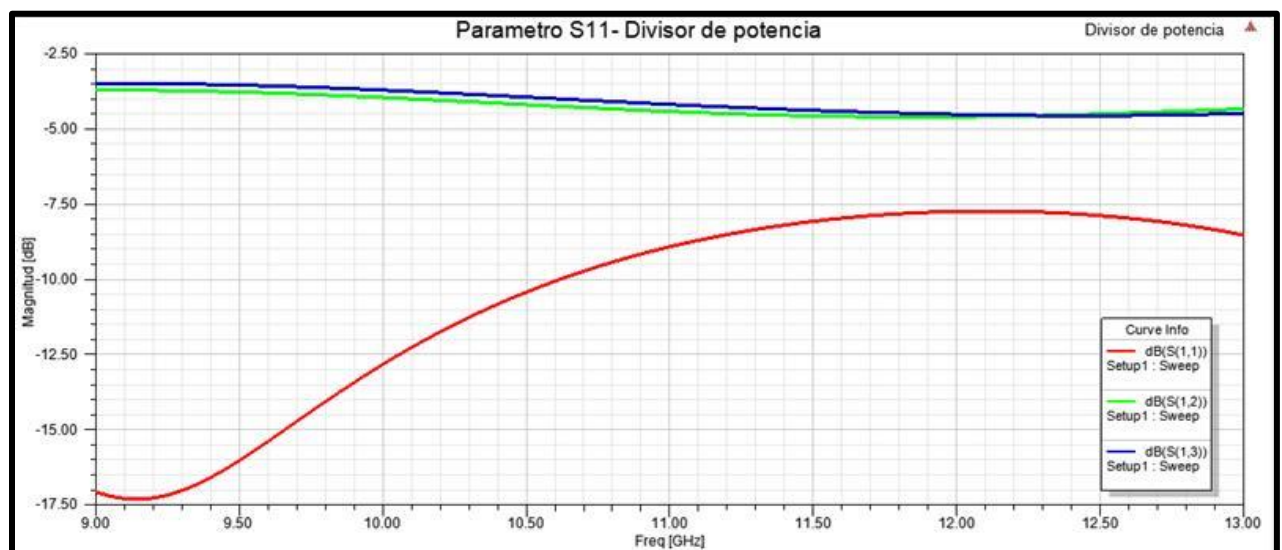


Figura 13. Parámetros de reflexión y transmisión del divisor de potencia.

A continuación, se muestra el **3D Polar Plot** del divisor de potencia y del arreglo de antenas parche 8x2

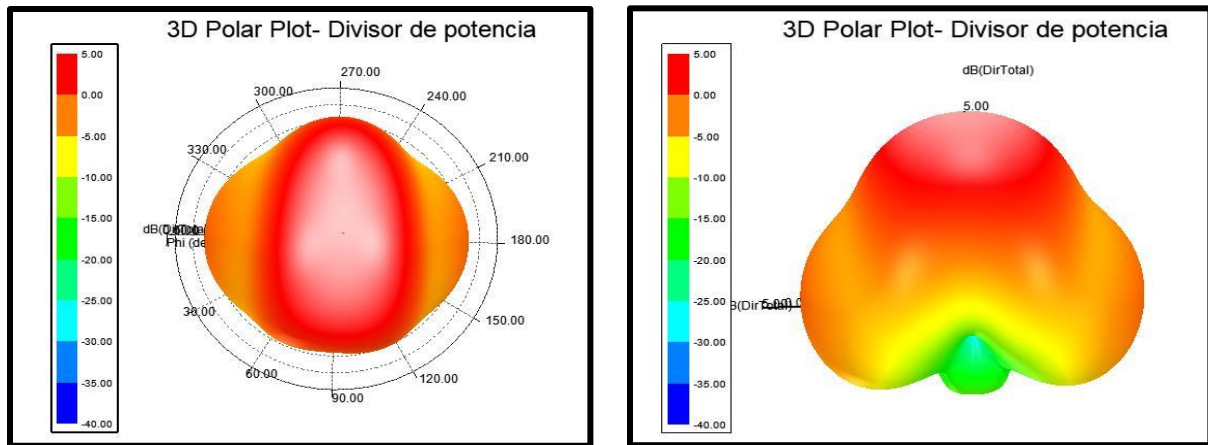


Figura 14. 3D divisor de potencia.

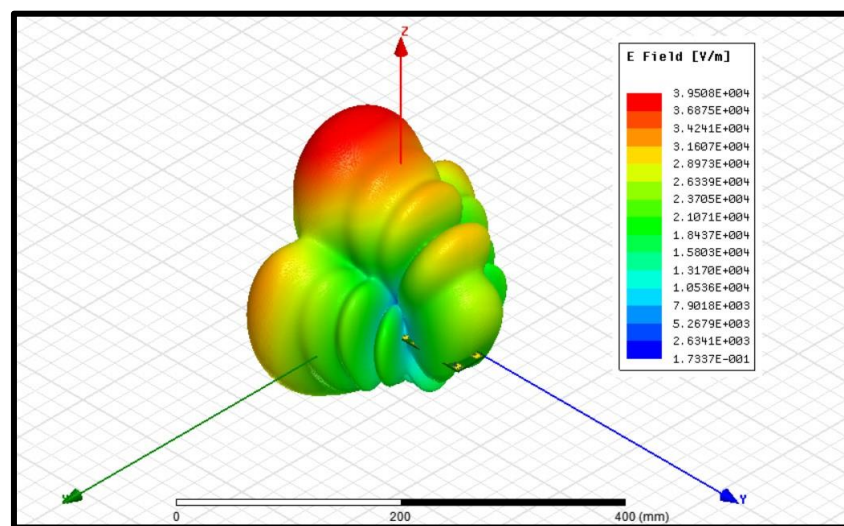


Figura 15. 3D Arreglo de antenas parche 8x2.

IV. Conclusiones

- El patrón de radiación cosecante al cuadrado busca tener diferentes picos de frecuencia con una ganancia aproximadamente de -20dB para que al ser transmitida esta pueda ser recibida por el receptor, para llegar a este patrón fue necesario un arreglo de antenas en nuestro caso 8x2 en los que cada parche irradiaba energía con mayor o menor magnitud dependiendo de la distancia y la frecuencia en la que se encuentra, al principio se creyó que a medida de que la frecuencia va creciendo esta va perder en ganancia, al comprobarlo con las simulaciones esto no es cierto por lo que se muestran que en frecuencias de mayor magnitud se tiene una ganancia mayor a la de una frecuencia de menor magnitud.
- Se concluye que por medio del estudio paramétrico del largo de la antena parche y del acoplador $\lambda/4$ fue posible alcanzar las frecuencias de resonancia y acoples de la antena parche con inset. Estas antenas parametrizadas se usaron posteriormente en el arreglo 8x2 que efectivamente gracias al estudio paramétrico fue posible emular el patrón de radiación cosecante al cuadrado y buen un acople de impedancias gracias a la alimentación por inset.
- El paper en el que se basó esta investigación tiene bastantes incongruencias tanto en las medidas como en los resultados de simulación. Además, se encontraron varias incógnitas respecto a la caja de radiación debido a que no se encontraba ninguna medida ni visualización de esta. Por lo tanto, se realizó una extensa y ardua parametrización para encontrar las medidas idóneas para el correcto funcionamiento del proyecto.

- El uso de la herramienta de simulación y análisis ANSYS ELETCRONICS presento varias incongruencias y diferencias en el momento de llevar a cabo las mismas simulaciones en versiones diferentes del programa, lo cual en algunos casos demoro y dificulto la realización de este proyecto.
- Haciendo a una los problemas que se presentaron con las versiones del programa usado, se resalta la insmesa posibilidad que otorga esté para el entendimiento y estudio de proyectos como el desarrollado en este informe.

Referencias

- UWB Microstrip Antenna Based on Circular Patch Topology with Stepped Feedline and Partial Ground Plane
- A Design Rule for Inset-fed Rectangular Microstrip Patch Antenna
- Inset Feed Microstrip Patch Antenna
- Diapositivas consultadas de clase
- Microstrip patch antenna array with cosecant-squared radiation pattern profile