

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
BEAMFORMING UTILIZANDO UNA MATRIZ DE BUTLER
COMPACTA PARA LAS BANDAS AWS Y PCS 1900 MHZ**

ANEXOS

Tesis para optar el Título de Ingeniero de las Telecomunicaciones, que presenta
el bachiller:

RAFAEL DAVID CERNA LOLI

ASESOR: Dr. Manuel Augusto Yarlequé Medina

Lima, diciembre de 2014

ANEXOS

ANEXO 1: FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE UN 'PHASED ANTENNA ARRAY'3

ANEXO 2: SIMULACIONES Y MEDICIONES DE LOS PARÁMETROS S PARA LOS
PUERTOS DE ENTRADA DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X86

ANEXO 3: GRÁFICAS RECTANGULARES Y POLARES DE LOS PATRONES DE
RADIACIÓN GENERADOS POR EL SISTEMA DE BEAMFORMING23





ANEXO 1
FUCIONAMIENTO BÁSICO DE UN 'PHASED ANTENNA ARRAY'

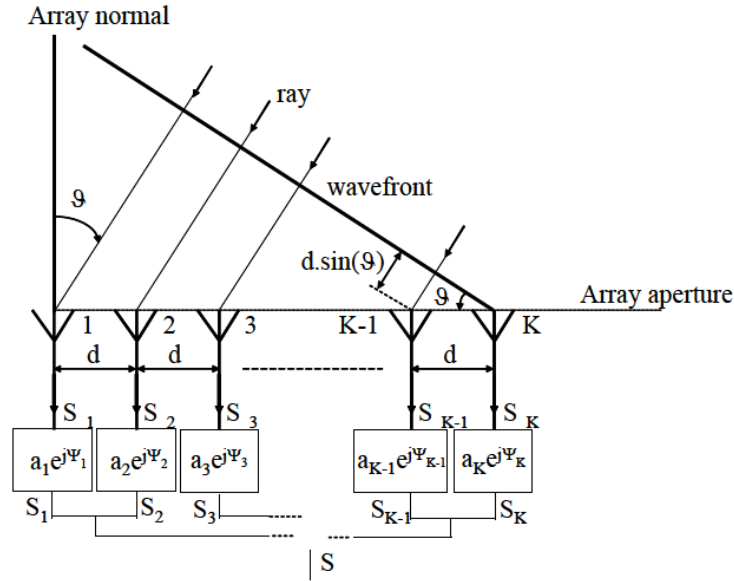


FIGURA 1-1: ARREGLO LINEAL DE K ANTENAS DESFASADAS Y DISTANCIADAS EQUITATIVAMENTE

FUENTE: [1]

En la figura 1-1 se tiene una onda plana que incide al arreglo con un ángulo ϑ respecto a la normal. A partir de esto, se puede observar que la señal recibida por cada uno de los elementos radiantes depende del ángulo de incidencia y está definida por (1.1):

$$S'_i(\vartheta) = S_e(\vartheta) e^{j[k_0(K-1)d \text{sen}(\vartheta)]} \tag{1.1}$$

donde $1 \leq i \leq K$, $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$ (número de onda)

Con esto podemos definir el primer parámetro de un arreglo de antenas:

1. *Factor de elemento* ($S_e(\vartheta)$) : Es el patrón de radiación de un único elemento radiante. La amplitud de la onda recibida dependerá de este parámetro.

Luego, cada una de estas señales ingresa a red de 2 puertos que permitirá cambiar la amplitud (con un factor de variación igual a a_i) y, más importante, la fase de la señal recibida (con un factor de variación igual a ψ_i) Es por esta razón que este arreglo de antenas se denomina “*phased antenna array*”. Entonces, a la salida de cada una de estas redes se tiene la expresión definida en la ecuación (1.2):

$$S_i(\vartheta) = S'_i(\vartheta) a_i e^{j\psi_i} = S_e(\vartheta) a_i e^{j[k_0(K-1)d \text{sen}(\vartheta) + \psi_i]} \quad (1.2)$$

Finalmente, estas señales son sumadas para obtener la señal deseada total, según la ecuación (1.3):

$$S(\vartheta) = \sum_{n=1}^K S'_i(\vartheta) = S_e(\vartheta) \sum_{n=1}^K a_i e^{j[k_0(K-1)d \text{sen}(\vartheta) + \psi_i]} \quad (1.3)$$

Con este resultado, podemos definir los dos siguientes parámetros de un *phased array*:

2. *Factor de arreglo* ($S_a(\vartheta)$) : es el patrón de radiación de un arreglo de K antenas isotrópicas, definido en la ecuación (1.4). Este parámetro puede ser optimizado según los requerimientos del diseño para dirigir el patrón de radiación del arreglo.

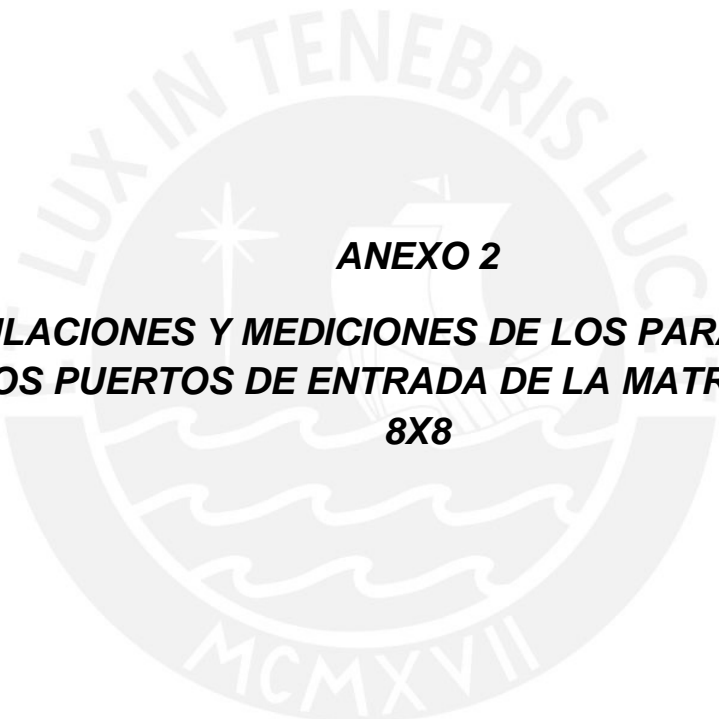
$$S_a(\vartheta) = \sum_{n=1}^K e^{j[k_0(K-1)d \text{sen}(\vartheta) + \psi_i]} \quad (1.4)$$

3. *Patrón de radiación del arreglo* ($S(\vartheta)$) : entonces, el patrón de radiación del arreglo puede ser definido con la ecuación (1.5)

$$S(\vartheta) = S_e(\vartheta) * S_a(\vartheta) \quad (1.5)$$

Bibliografía:

- [1] Visser, Hubregt J. “*Array and Phased Array Antenna Basics*“. Primera edición, Wiley, 2005



ANEXO 2

***SIMULACIONES Y MEDICIONES DE LOS PARÁMETROS S
PARA LOS PUERTOS DE ENTRADA DE LA MATRIZ DE BUTLER
8X8***

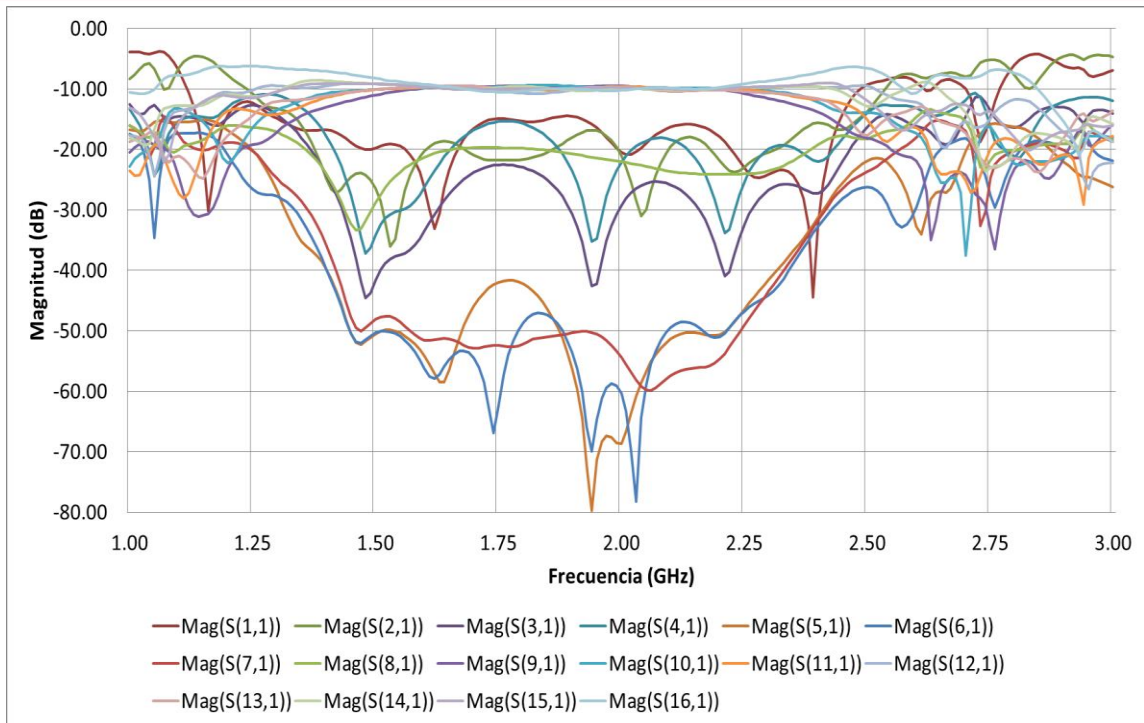


FIGURA 2-1: RESPUESTA EN MAGNITUD SIMULADA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 1 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

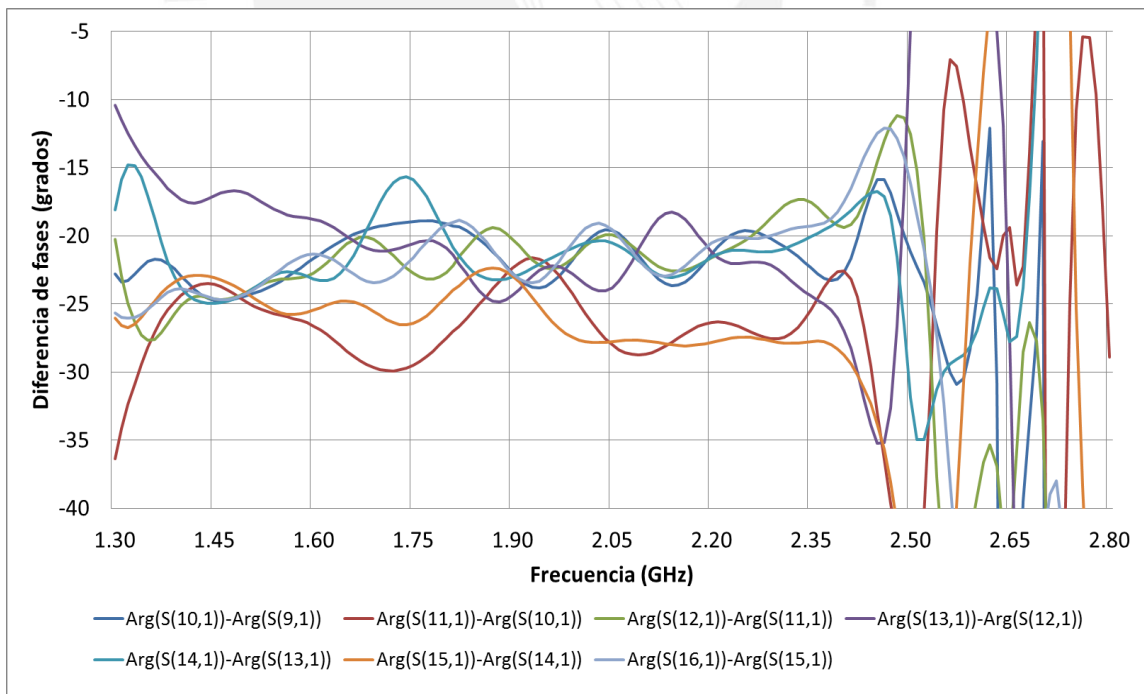


FIGURA 2-2: DIFERENCIA DE FASES SIMULADA ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 2 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

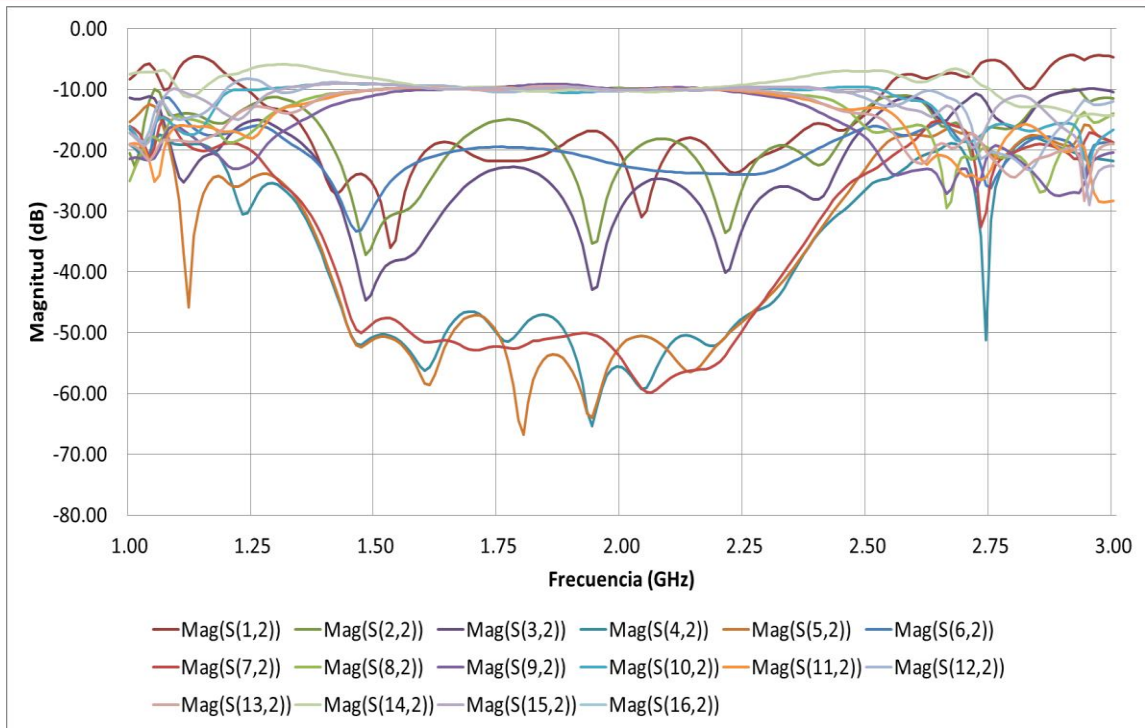


FIGURA 2-3: RESPUESTA EN MAGNITUD SIMULADA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 2 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

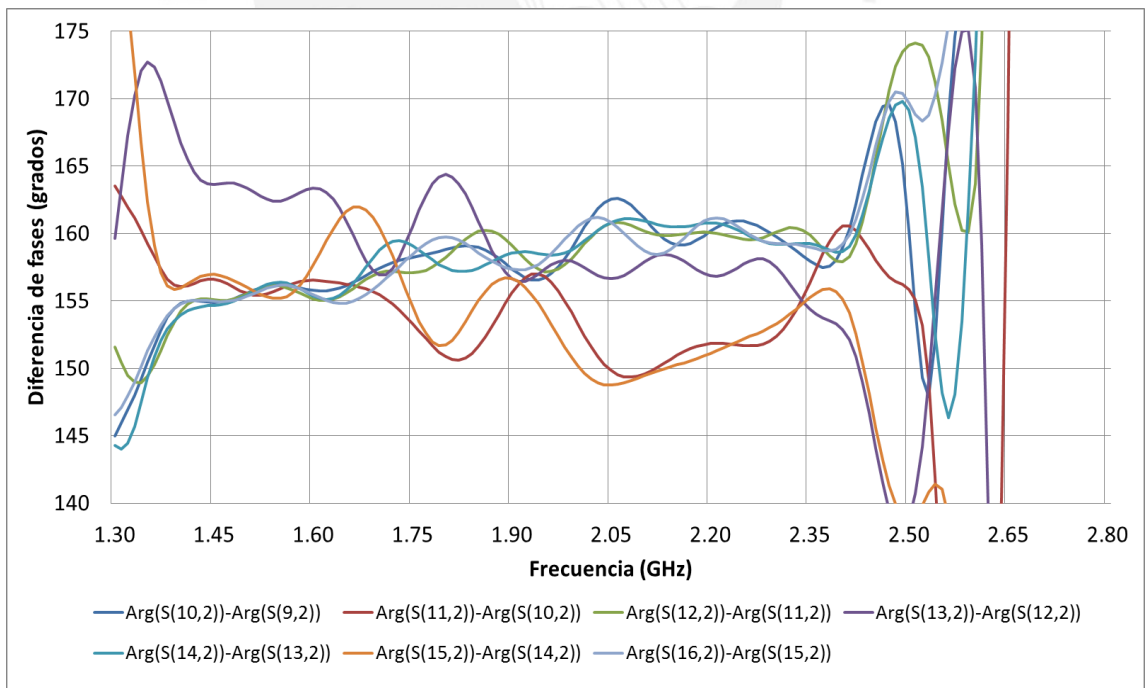


FIGURA 2-4: DIFERENCIA DE FASES SIMULADA ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 2 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

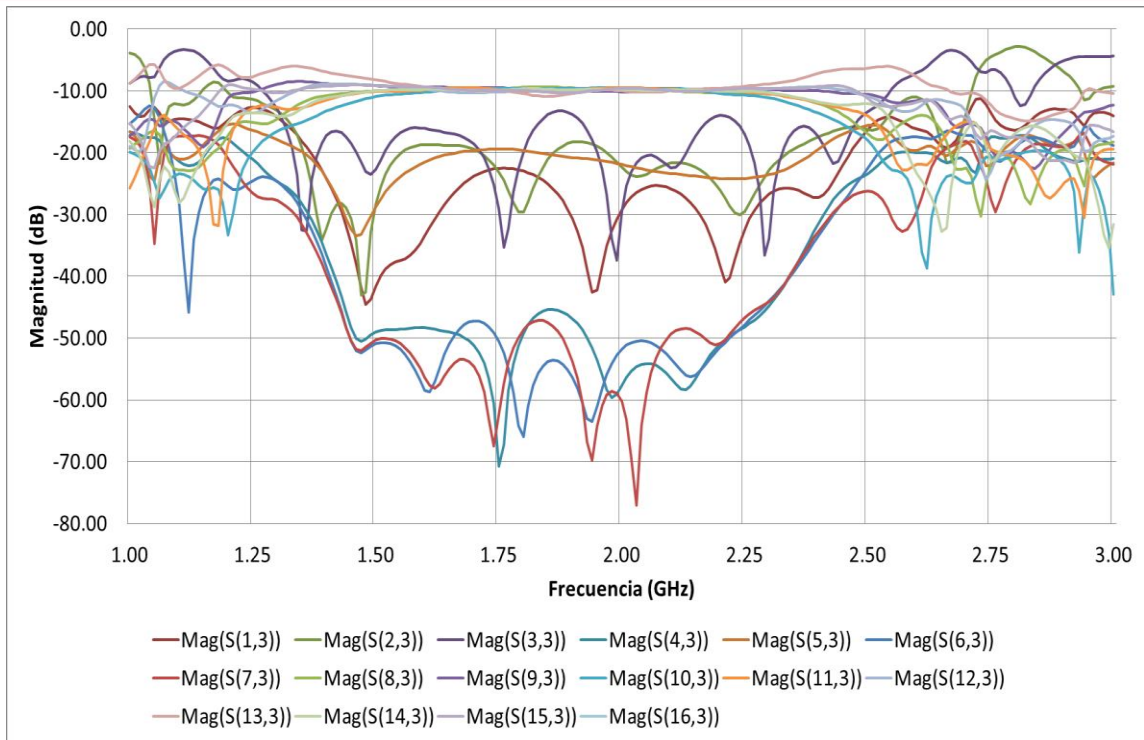


FIGURA 2-5: RESPUESTA EN MAGNITUD SIMULADA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 3 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

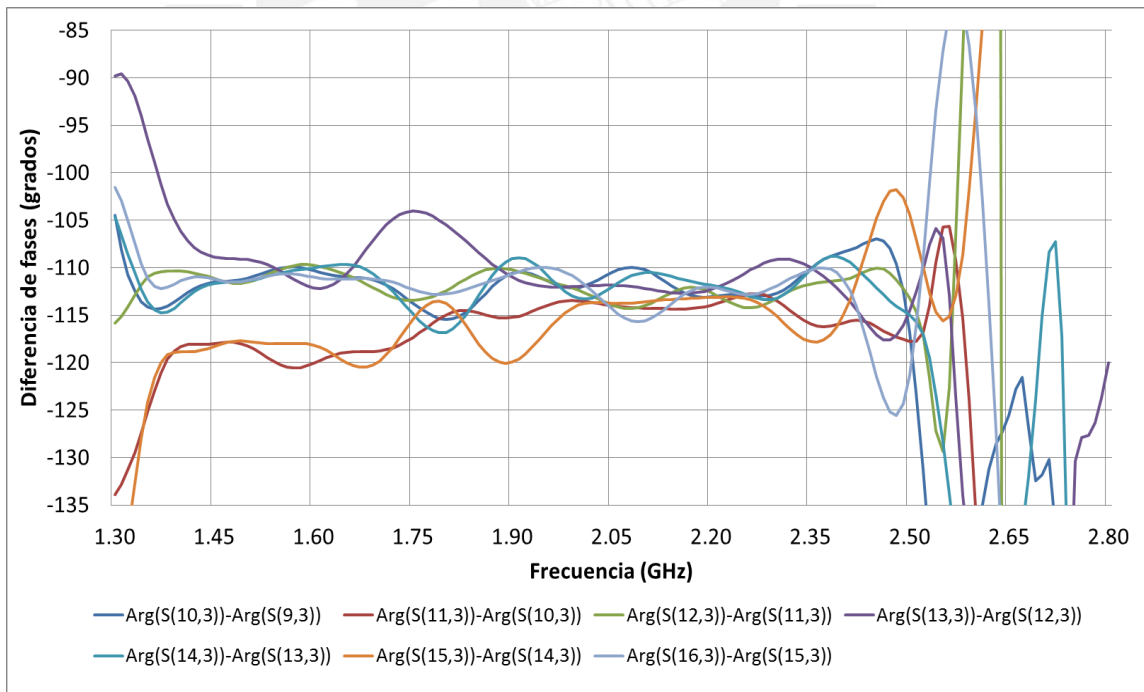


FIGURA 2-6: DIFERENCIA DE FASES SIMULADA ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 3 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

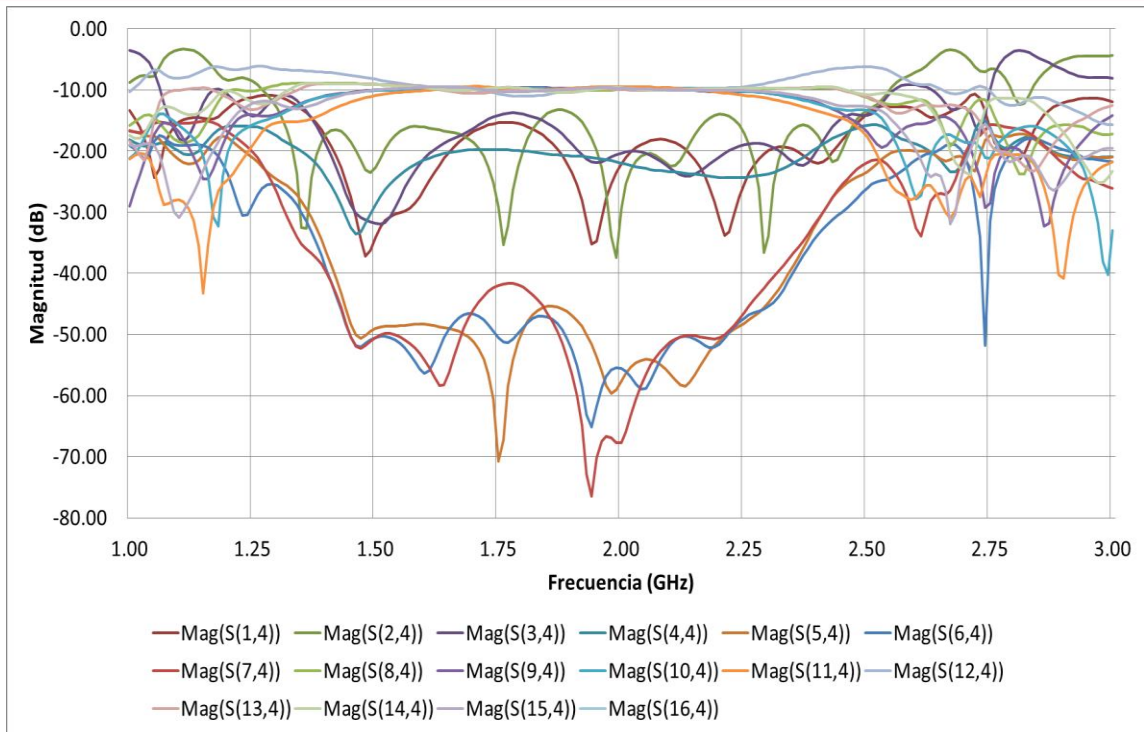


FIGURA 2-7: RESPUESTA EN MAGNITUD SIMULADA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 4 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

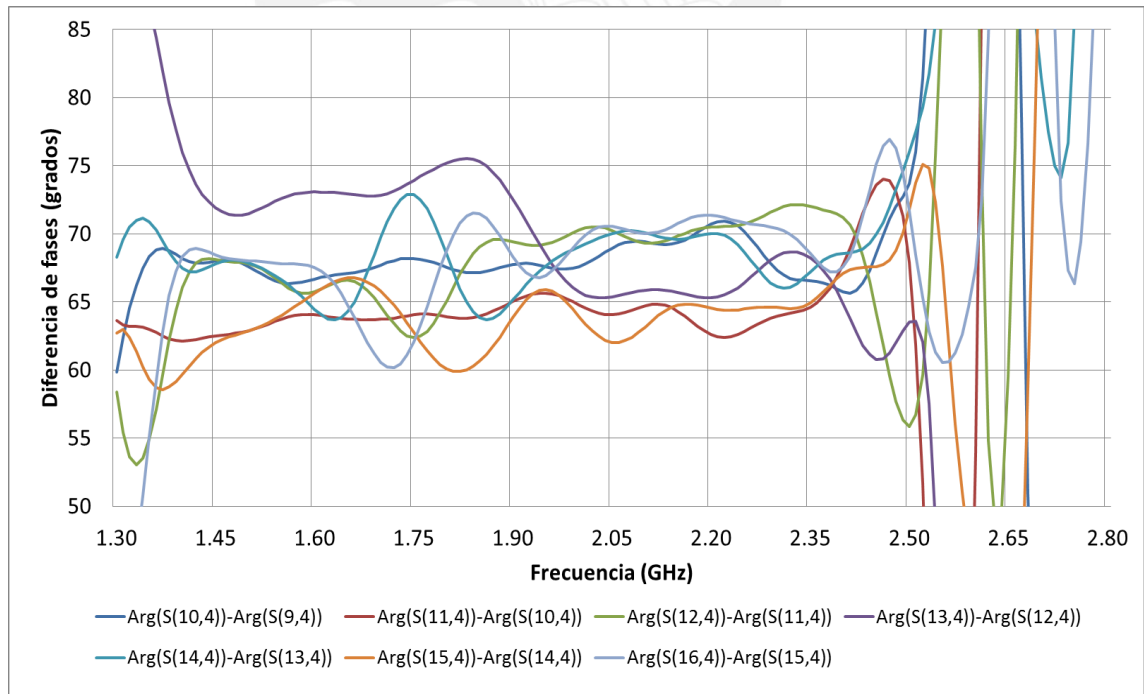


FIGURA 2-8: DIFERENCIA DE FASES SIMULADA ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 4 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

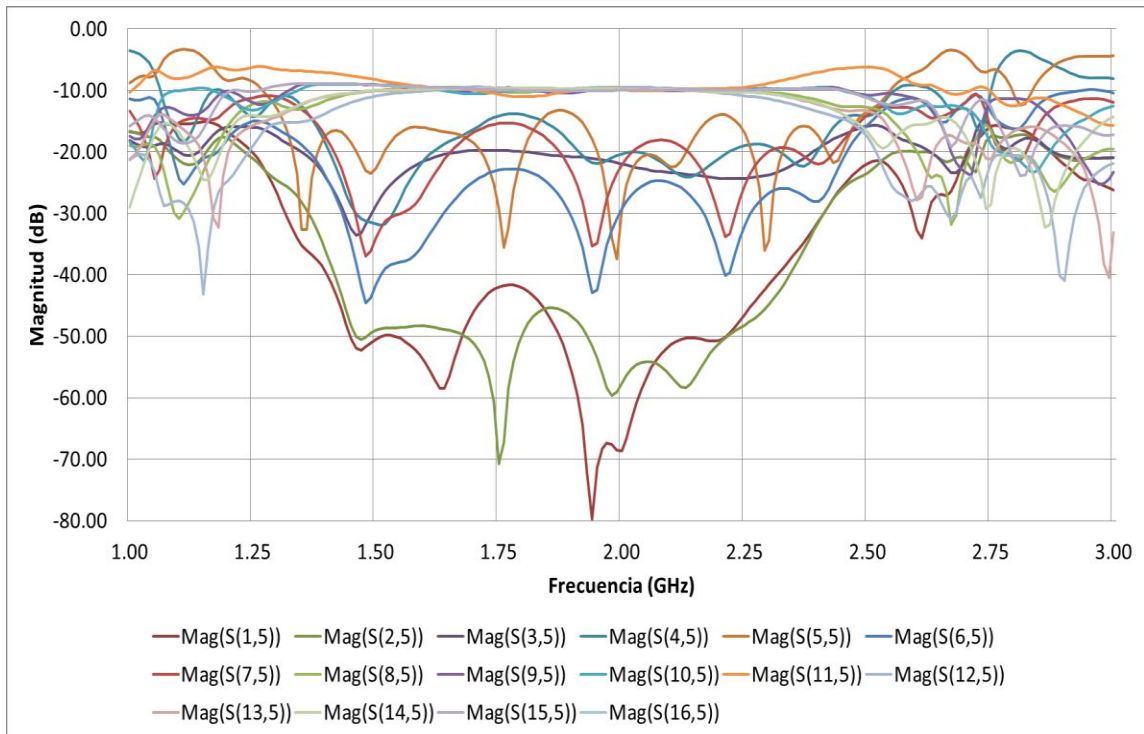


FIGURA 2-9: RESPUESTA EN MAGNITUD SIMULADA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 5 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

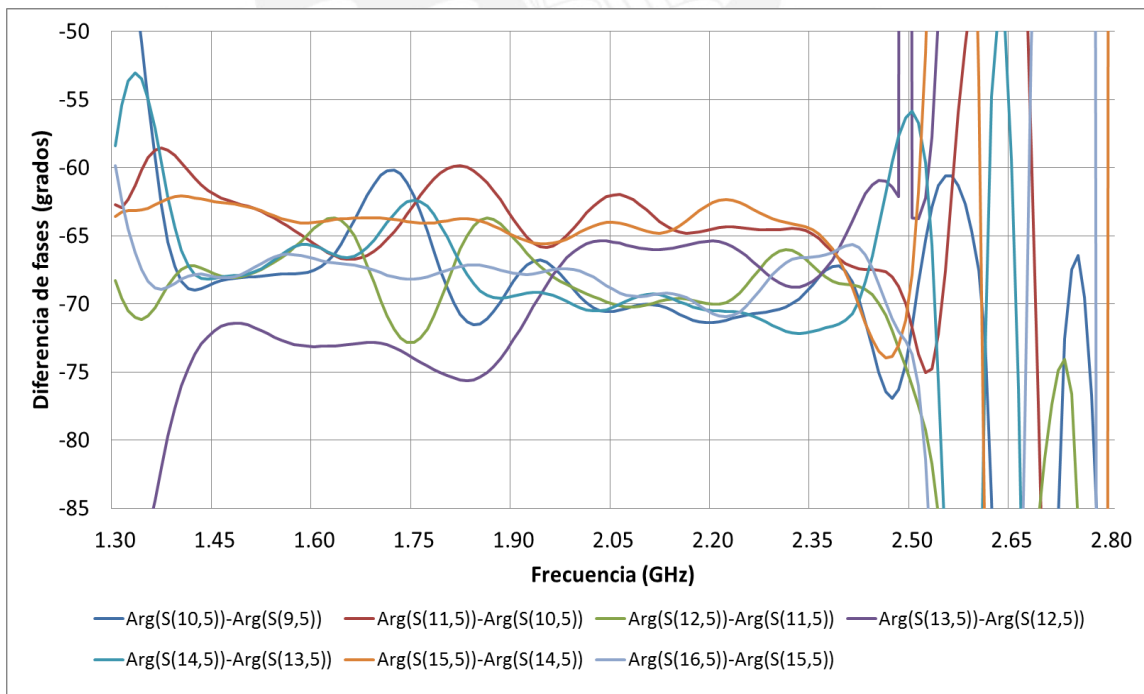


FIGURA 2-10: DIFERENCIA DE FASES SIMULADA ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 5 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

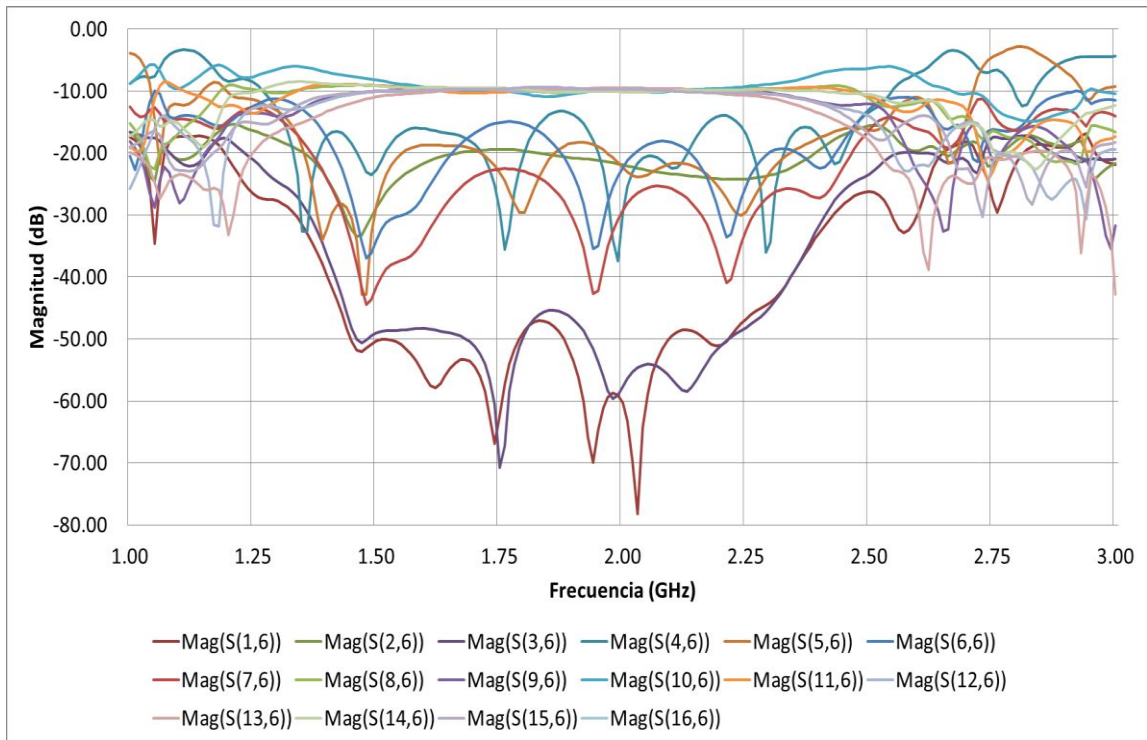


FIGURA 2-11: RESPUESTA EN MAGNITUD SIMULADA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 6 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

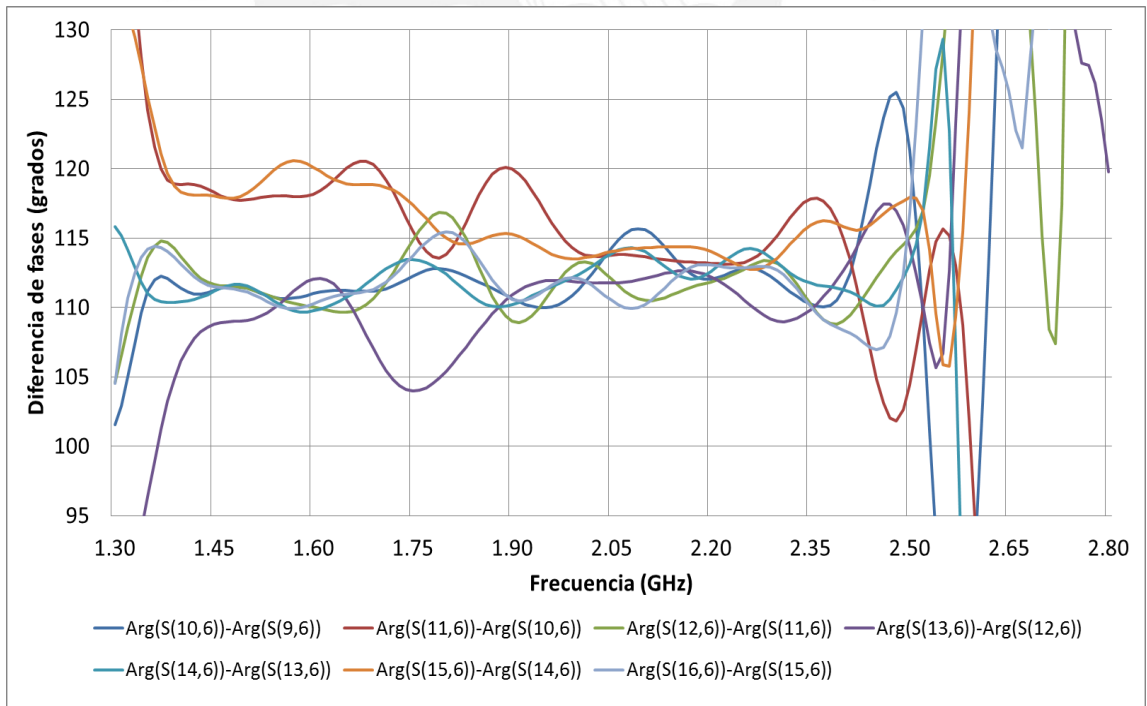


FIGURA 2-12: DIFERENCIA DE FASES SIMULADA ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 6 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

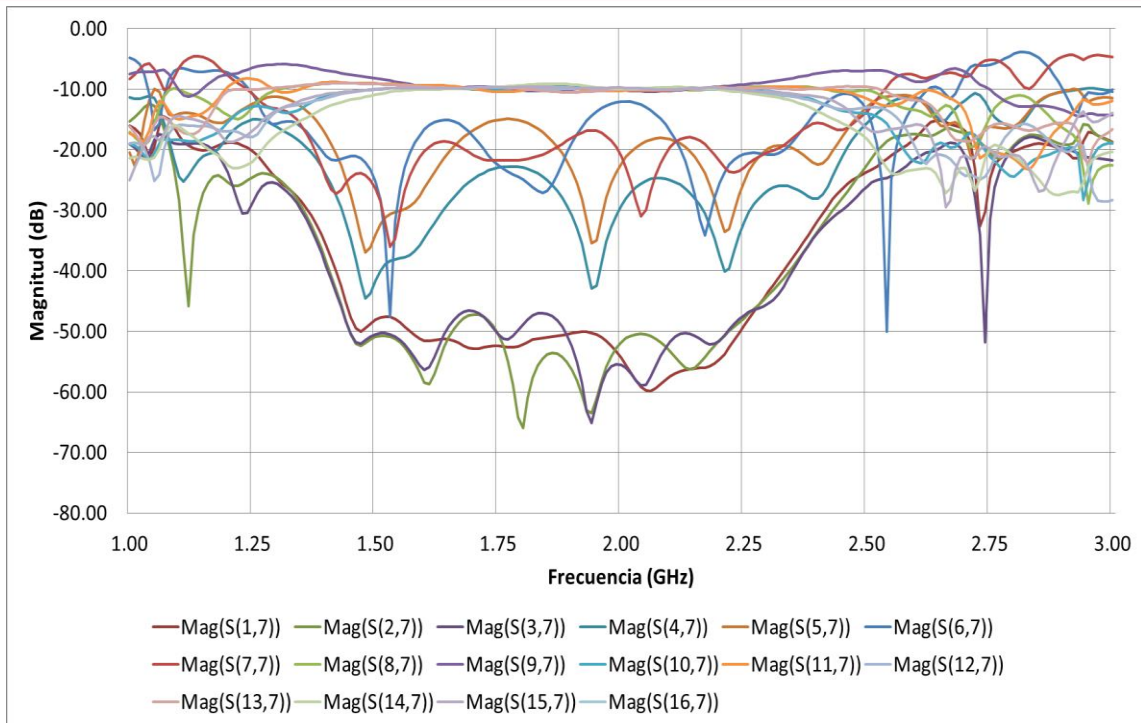


FIGURA 2-13: RESPUESTA EN MAGNITUD SIMULADA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 7 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

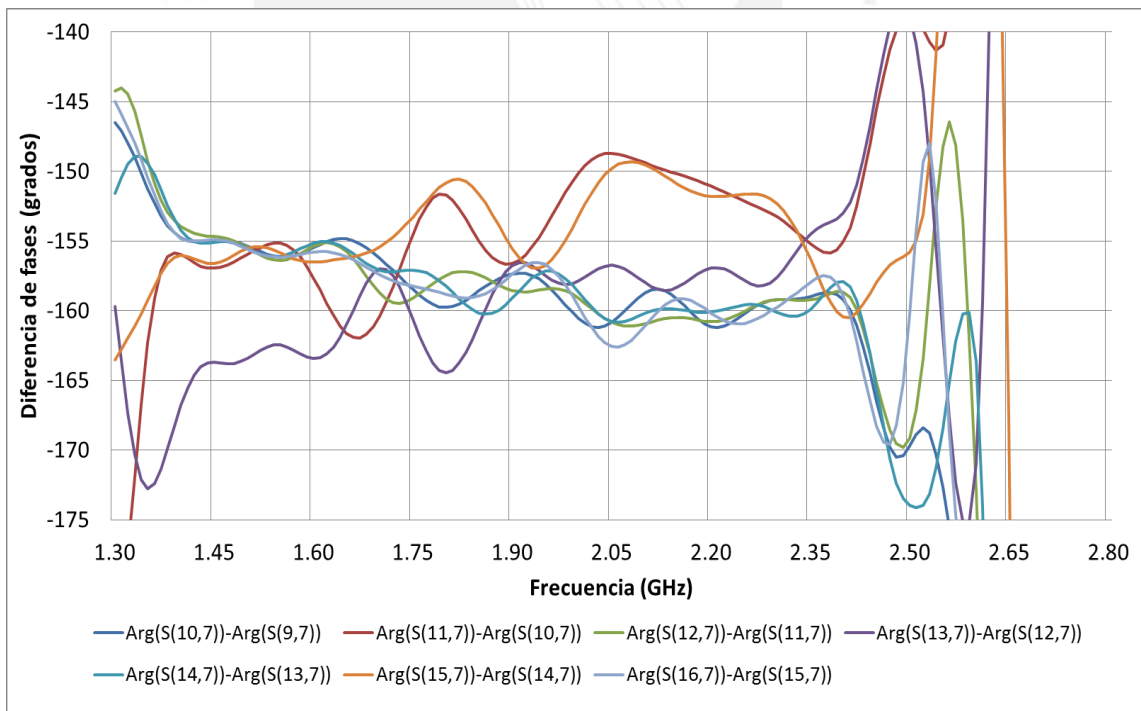


FIGURA 2-14: DIFERENCIA DE FASES SIMULADA ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 7 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

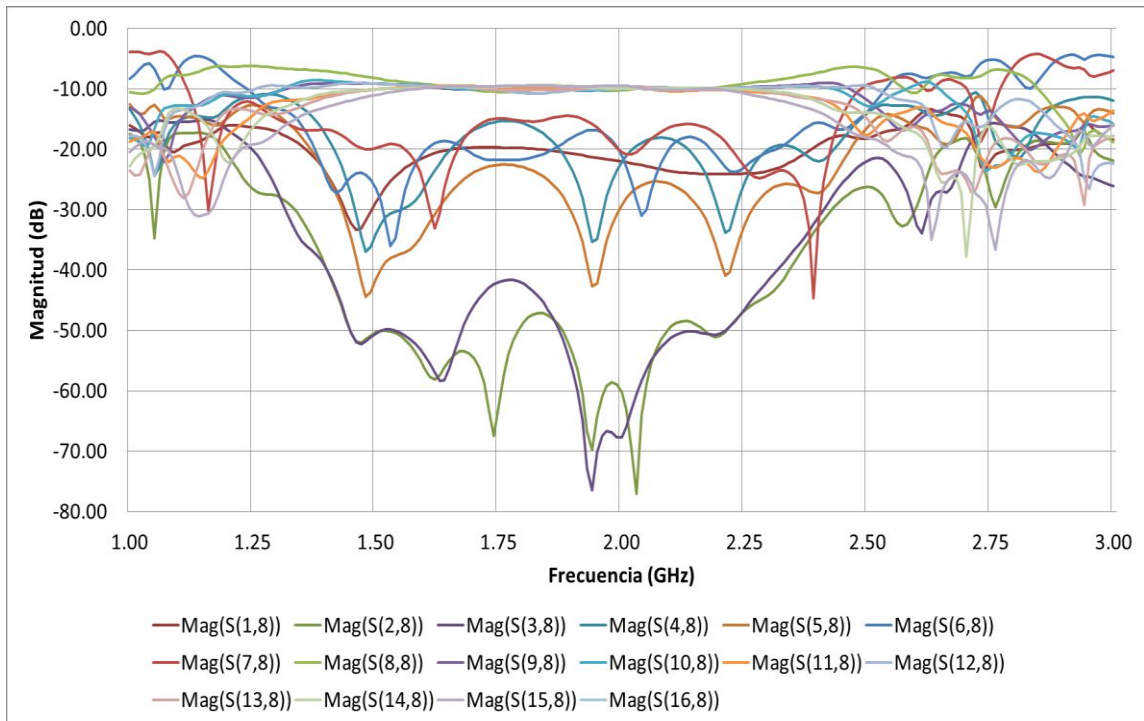


FIGURA 2-15: RESPUESTA EN MAGNITUD SIMULADA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 8 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

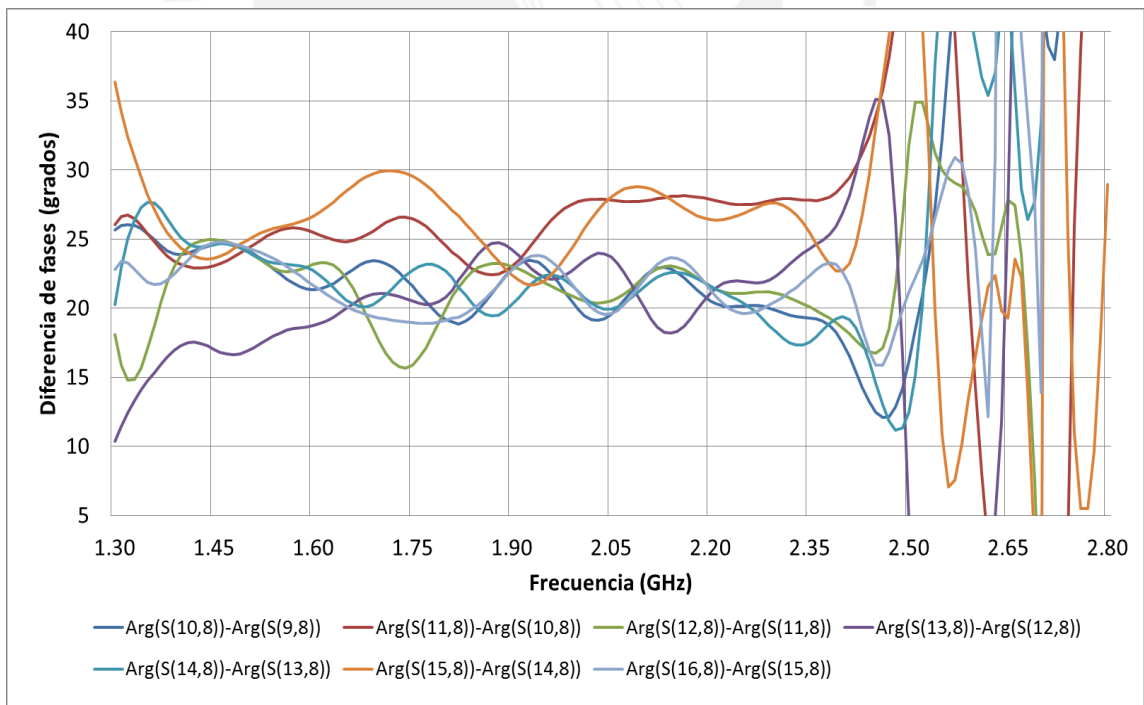


FIGURA 2-16: DIFERENCIA DE FASES SIMULADA ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 8 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

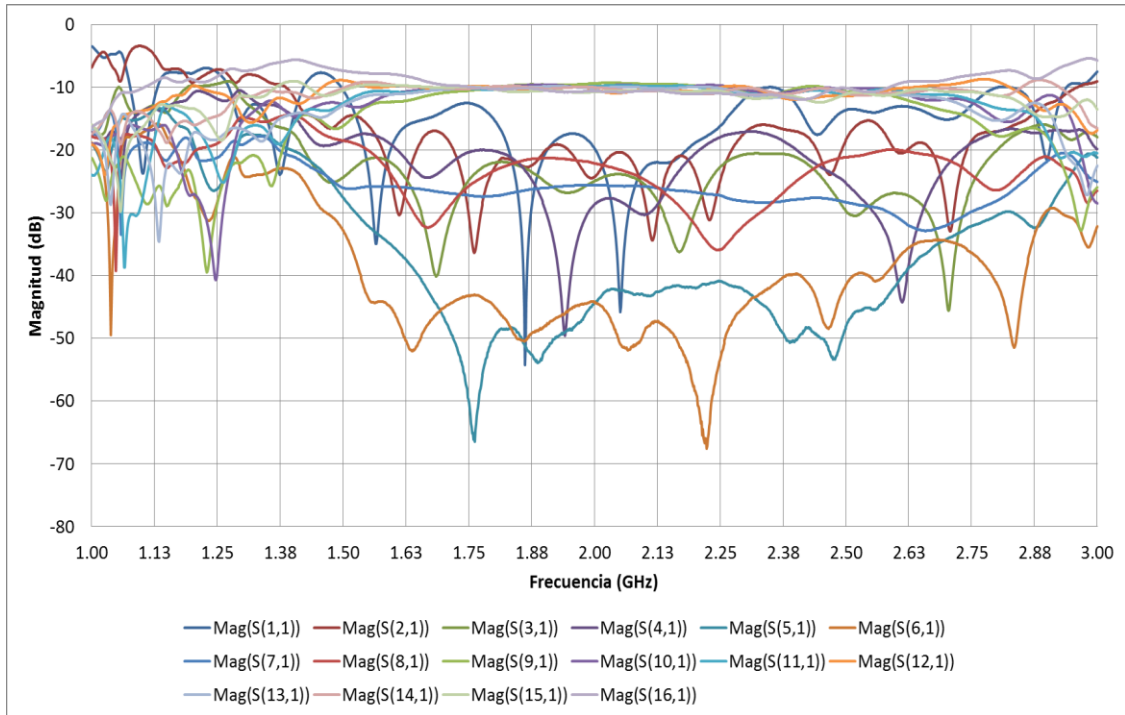


FIGURA 2-17: RESPUESTA EN MAGNITUD MEDIDA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 1 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

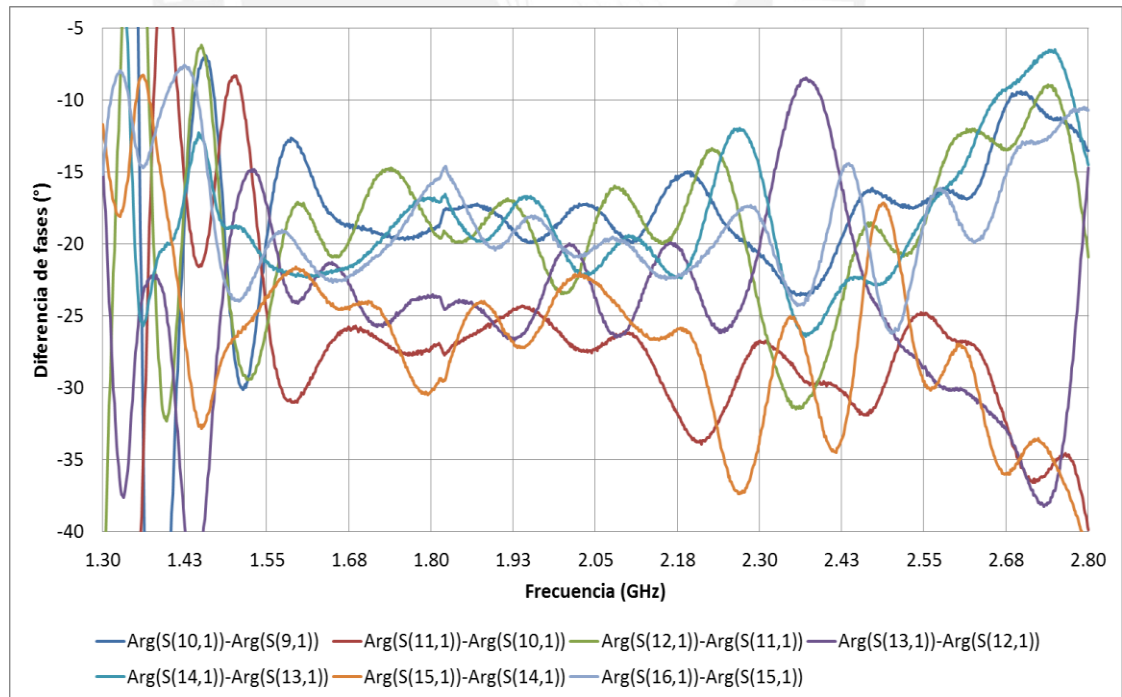


FIGURA 2-18: DIFERENCIA DE FASES MEDIDAS ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 2 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

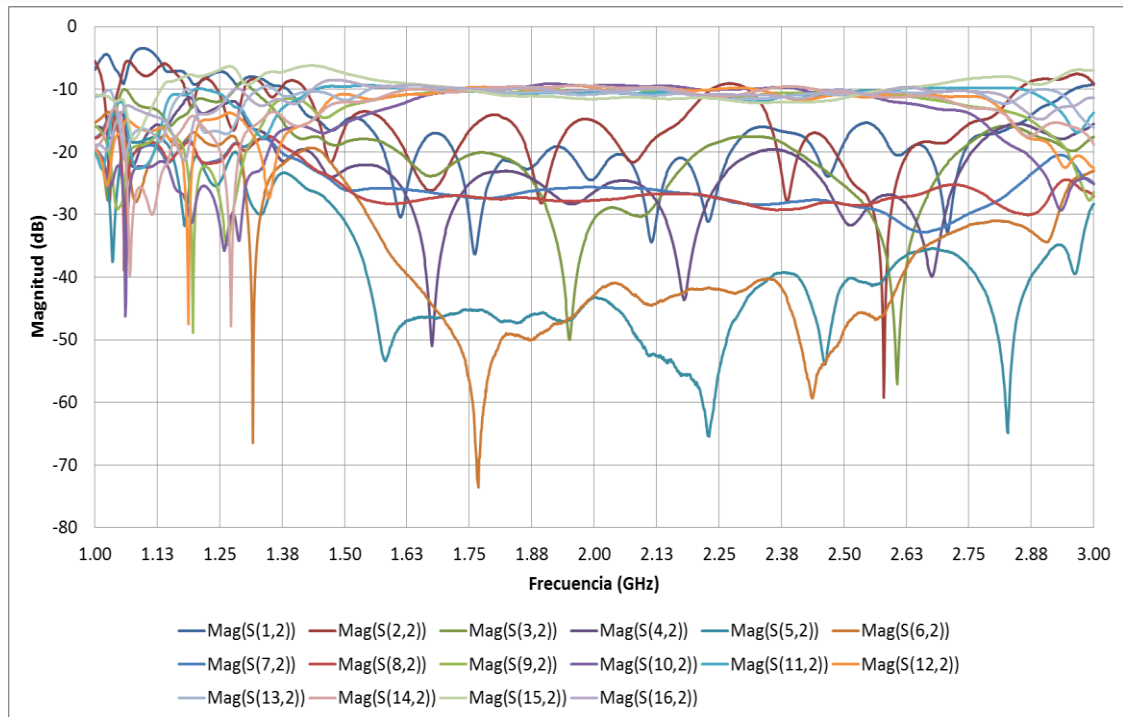


FIGURA 2-19: RESPUESTA EN MAGNITUD MEDIDA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 2 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

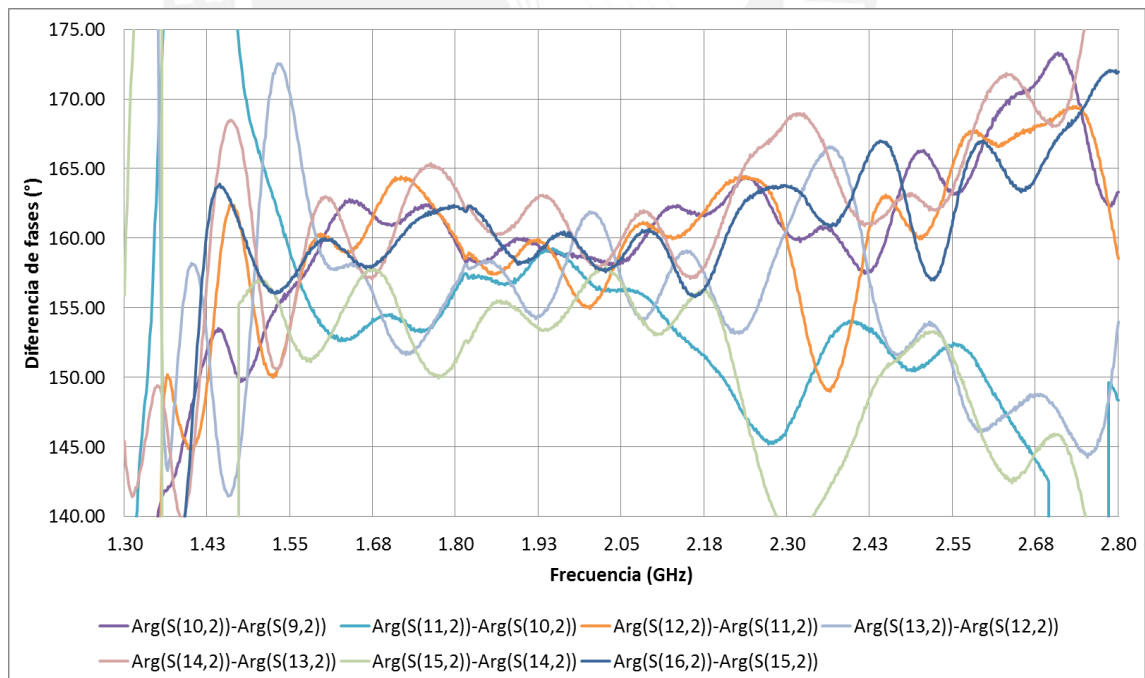


FIGURA 2-20: DIFERENCIA DE FASES MEDIDAS ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 2 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

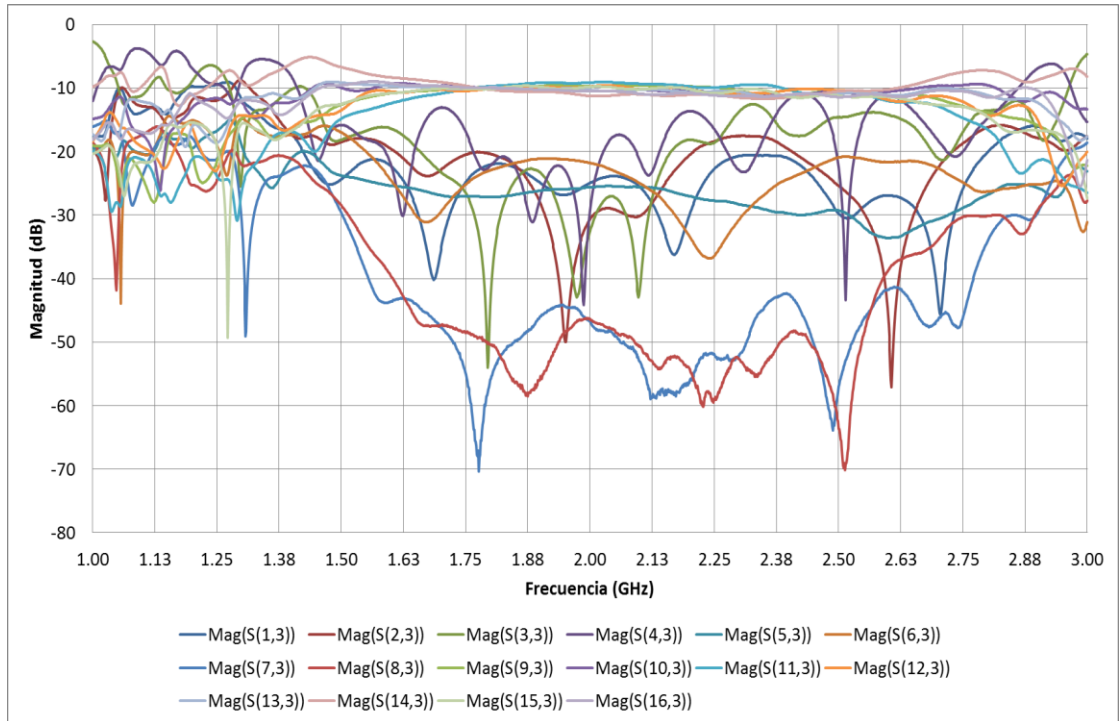


FIGURA 2-21: RESPUESTA EN MAGNITUD MEDIDA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 3 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

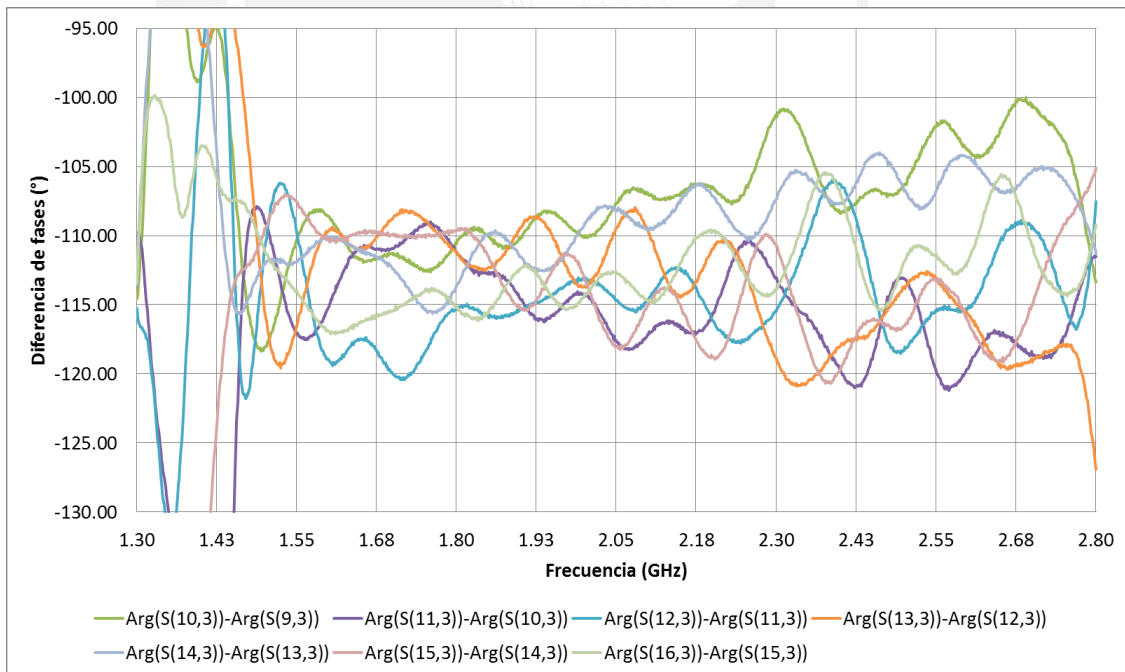


FIGURA 2-22: DIFERENCIA DE FASES MEDIDAS ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 3 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

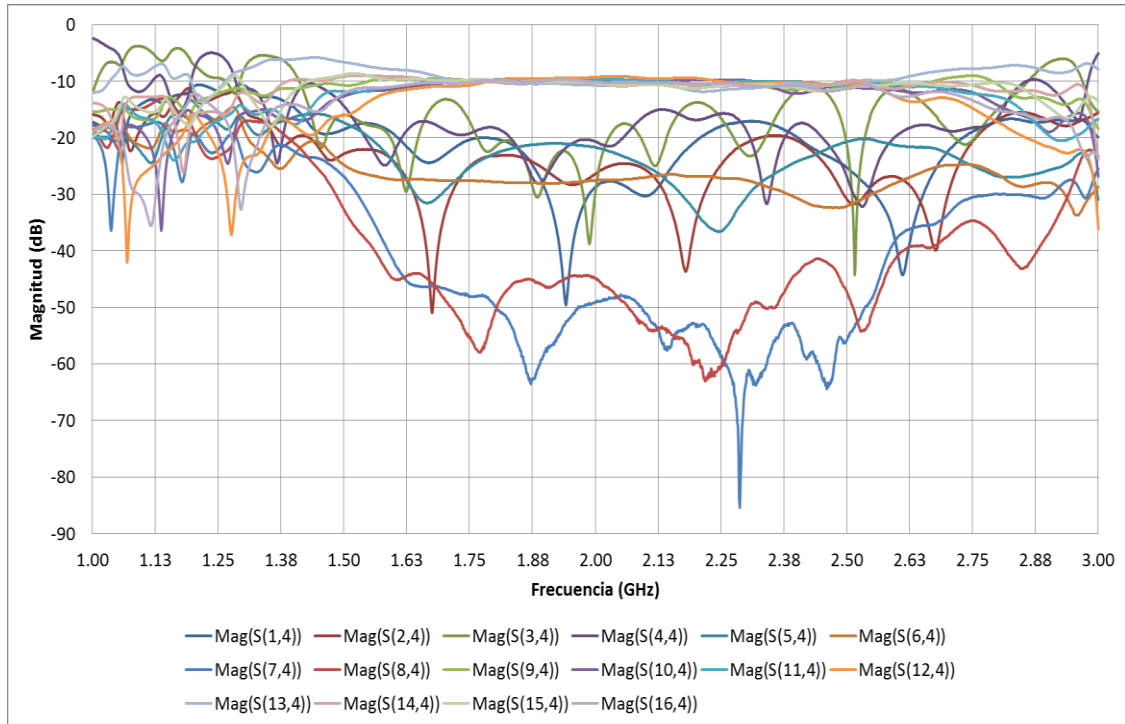


FIGURA 2-23: RESPUESTA EN MAGNITUD MEDIDA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 4 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

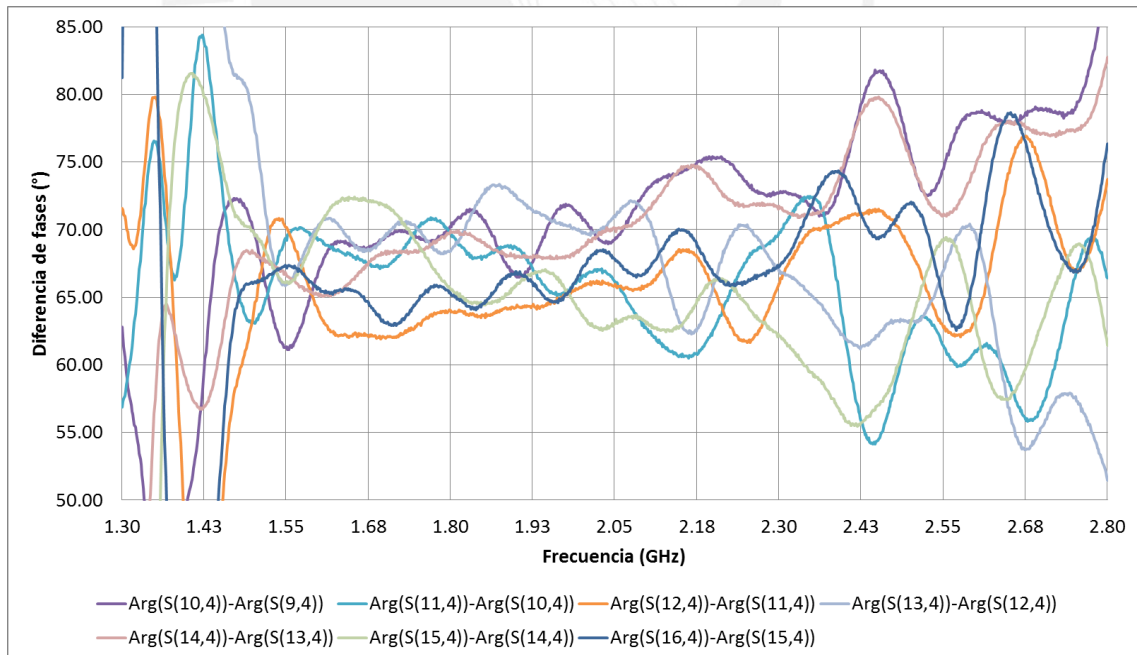


FIGURA 2-24: DIFERENCIA DE FASES MEDIDAS ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 4 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

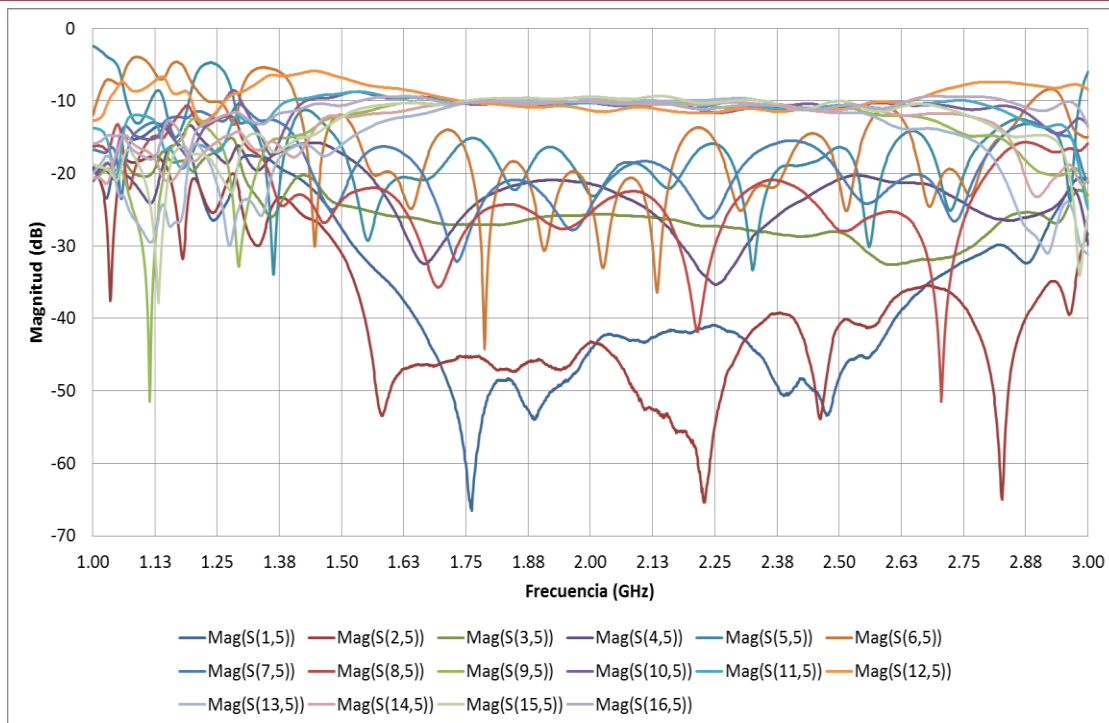


FIGURA 2-25: RESPUESTA EN MAGNITUD MEDIDA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 5 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

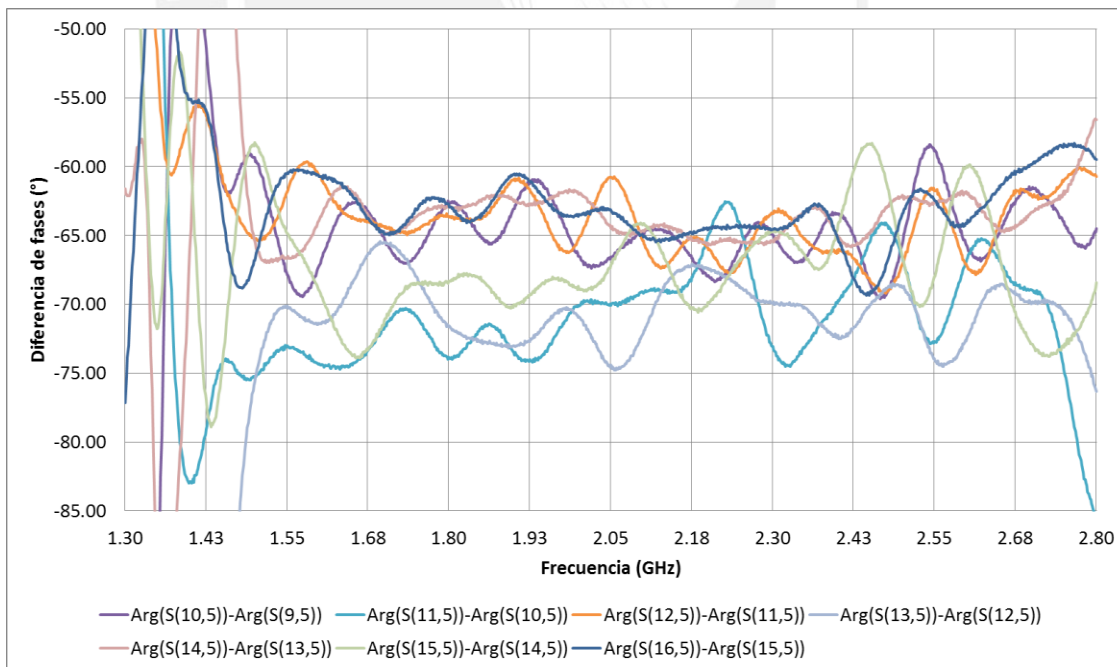


FIGURA 2-26: DIFERENCIA DE FASES MEDIDAS ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 5 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

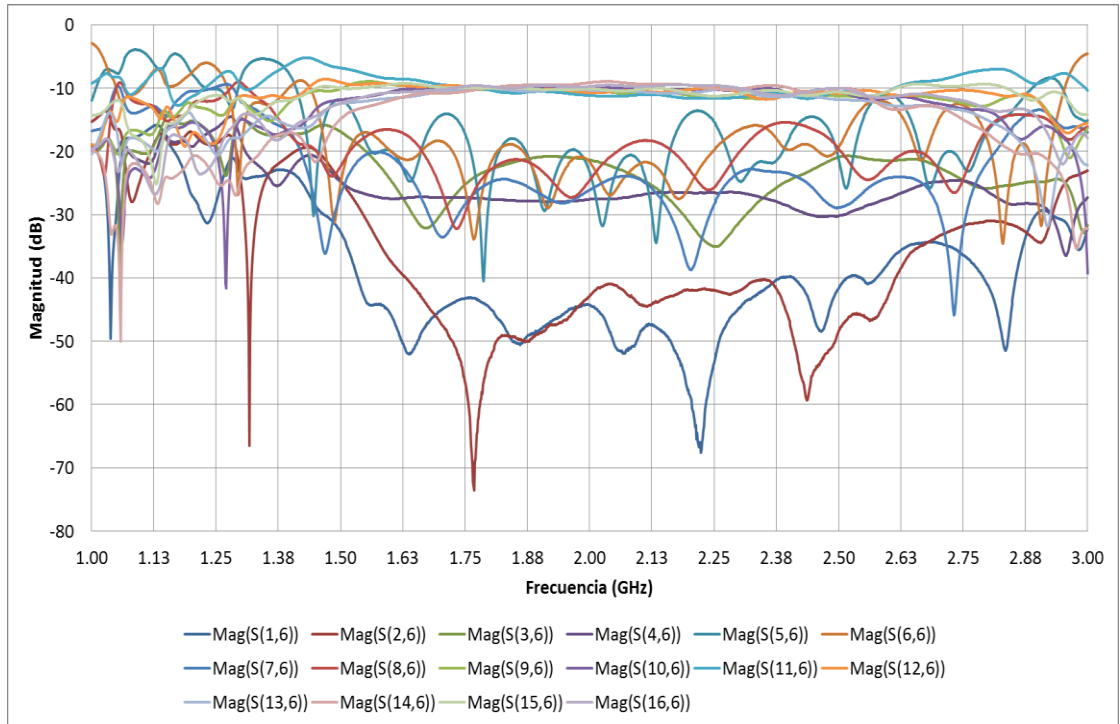


FIGURA 2-27: RESPUESTA EN MAGNITUD MEDIDA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 6 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

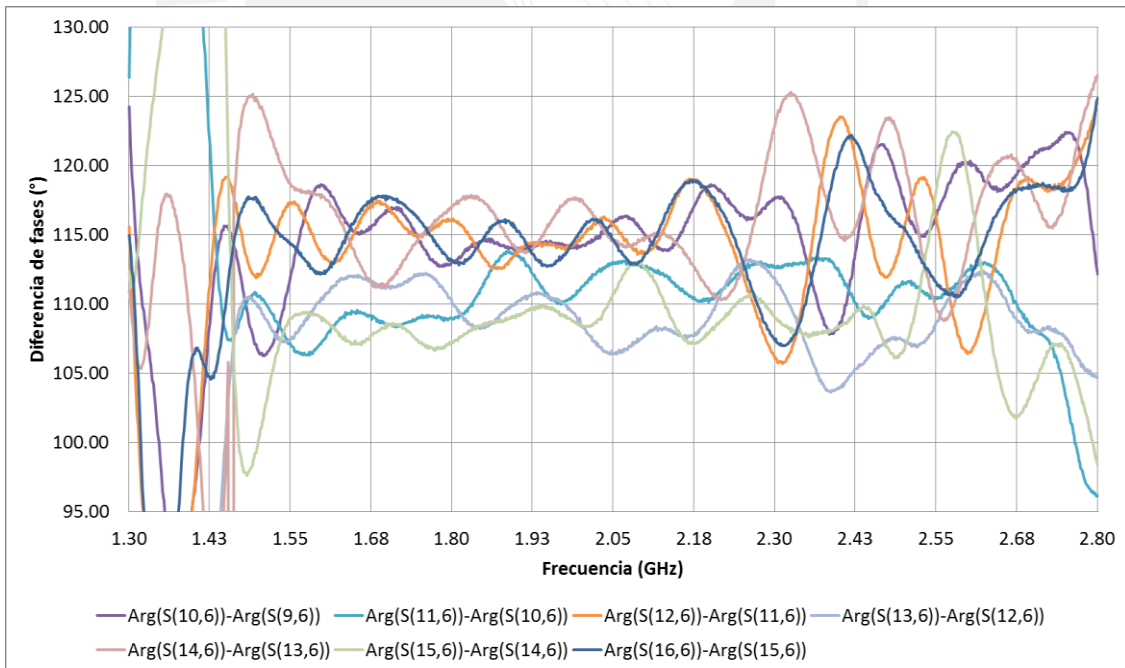


FIGURA 2-28: DIFERENCIA DE FASES MEDIDAS ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 6 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

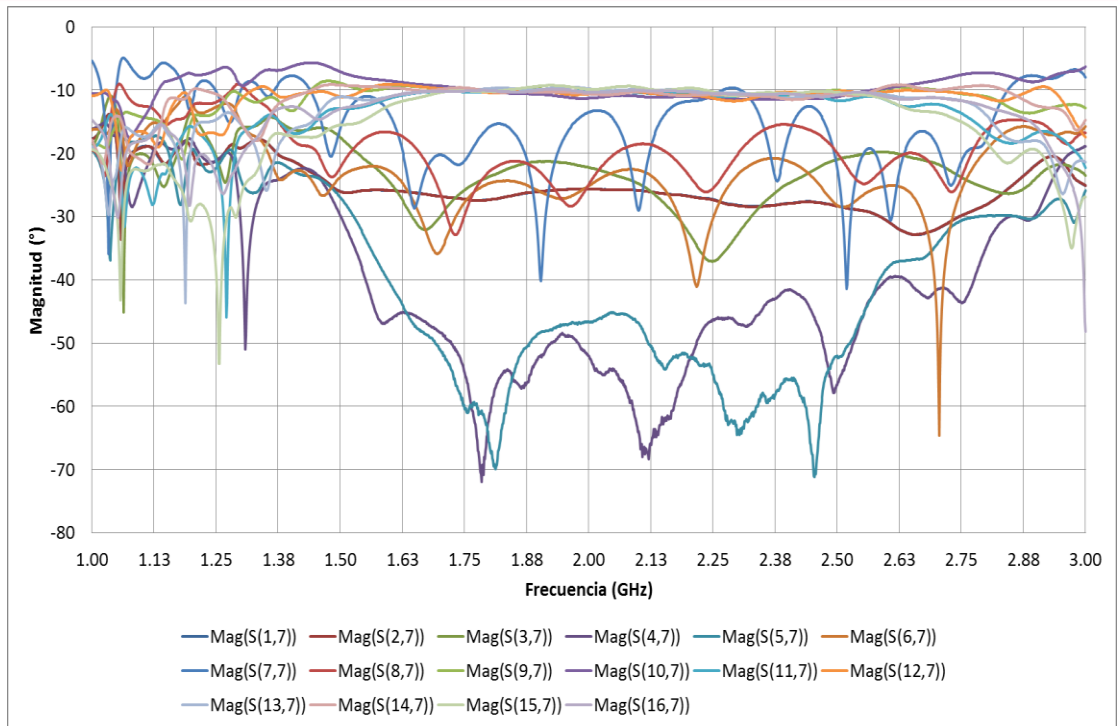


FIGURA 2-29: RESPUESTA EN MAGNITUD MEDIDA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 7 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

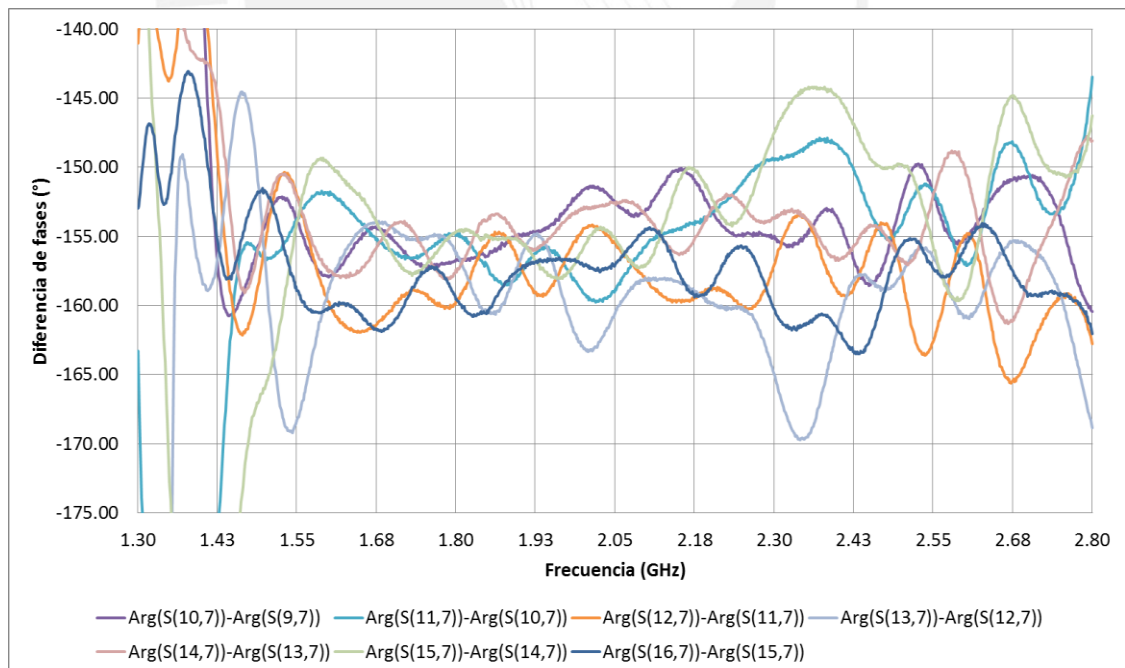


FIGURA 2-30: DIFERENCIA DE FASES MEDIDAS ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 7 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

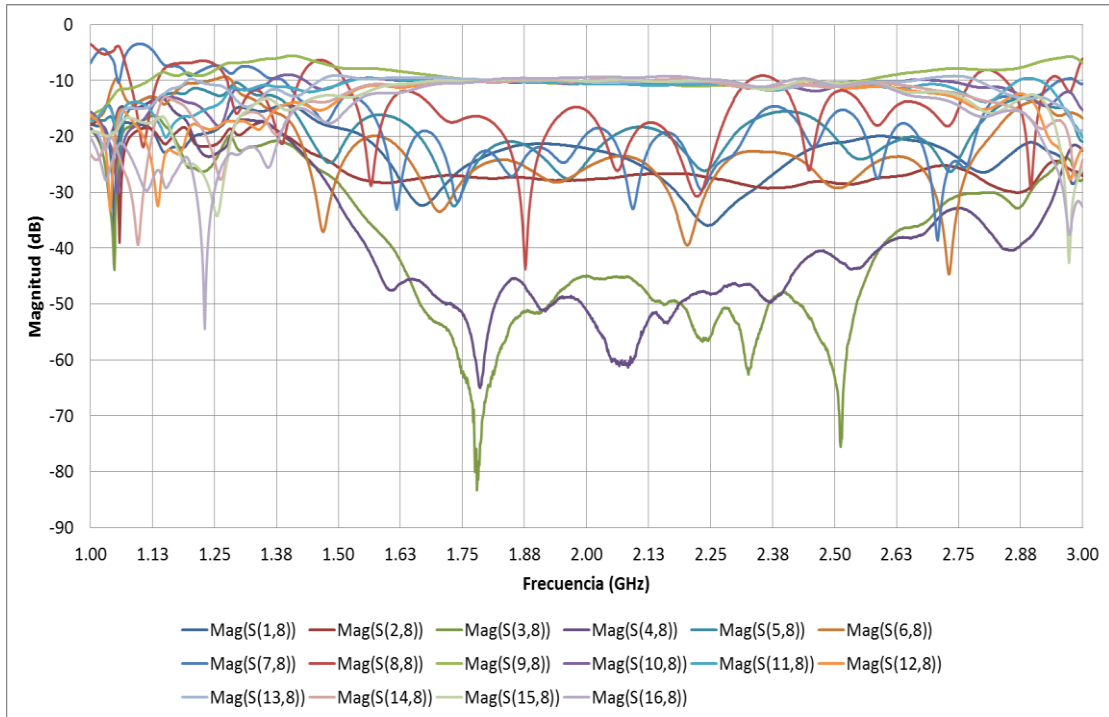


FIGURA 2-31: RESPUESTA EN MAGNITUD MEDIDA DE LOS PARÁMETROS S PARA EL PUERTO DE ENTRADA 8 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8

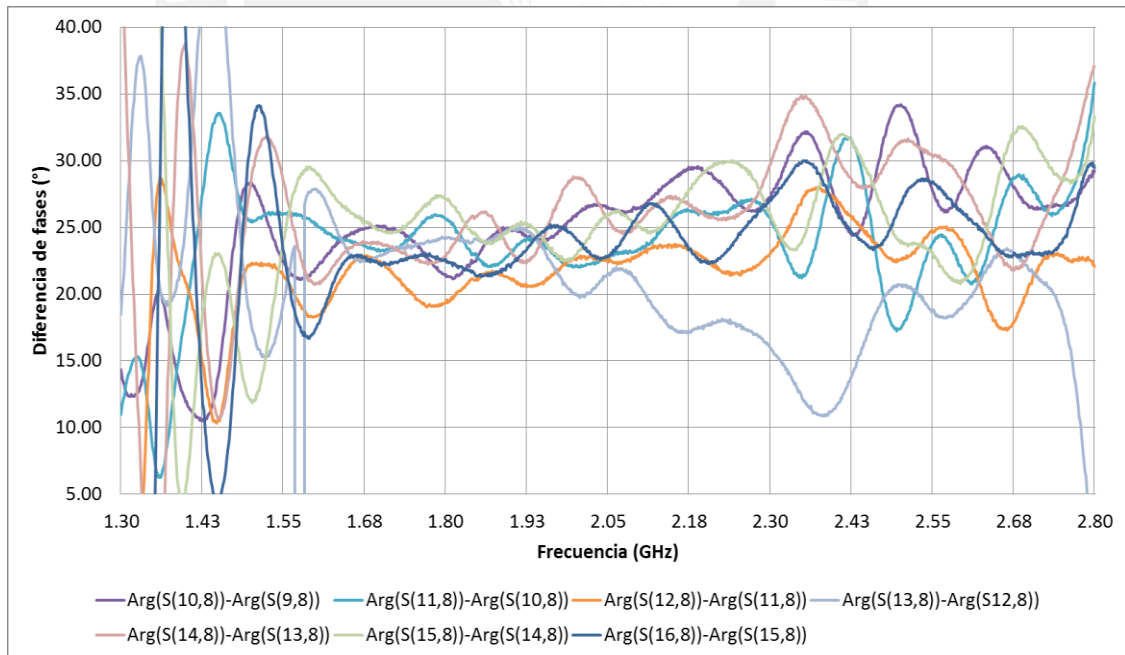
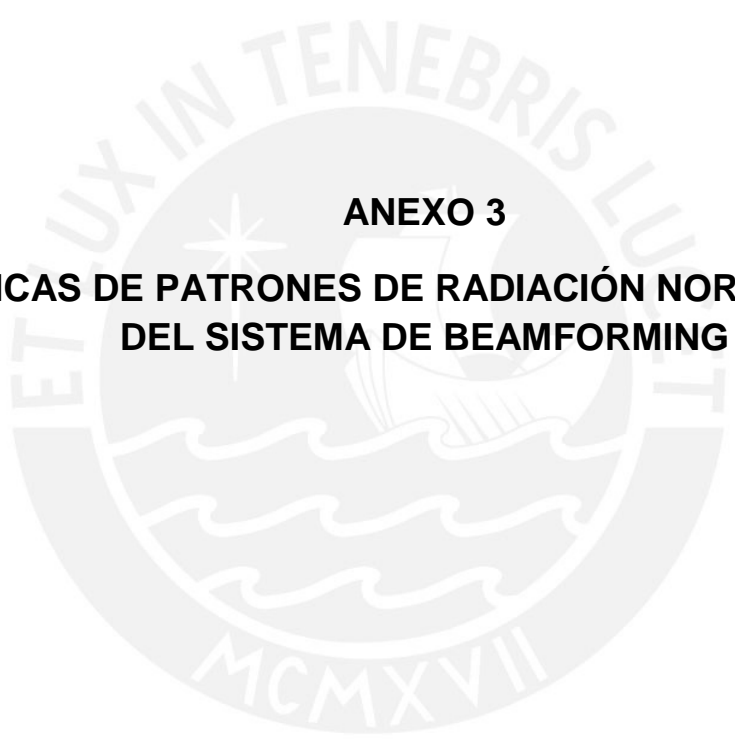


FIGURA 2-32: DIFERENCIA DE FASES MEDIDAS ENTRE LOS PUERTOS DE SALIDA PARA EL PUERTO DE ENTRADA 8 DE LA MATRIZ DE BUTLER 8X8



ANEXO 3
GRÁFICAS DE PATRONES DE RADIACIÓN NORMALIZADOS
DEL SISTEMA DE BEAMFORMING

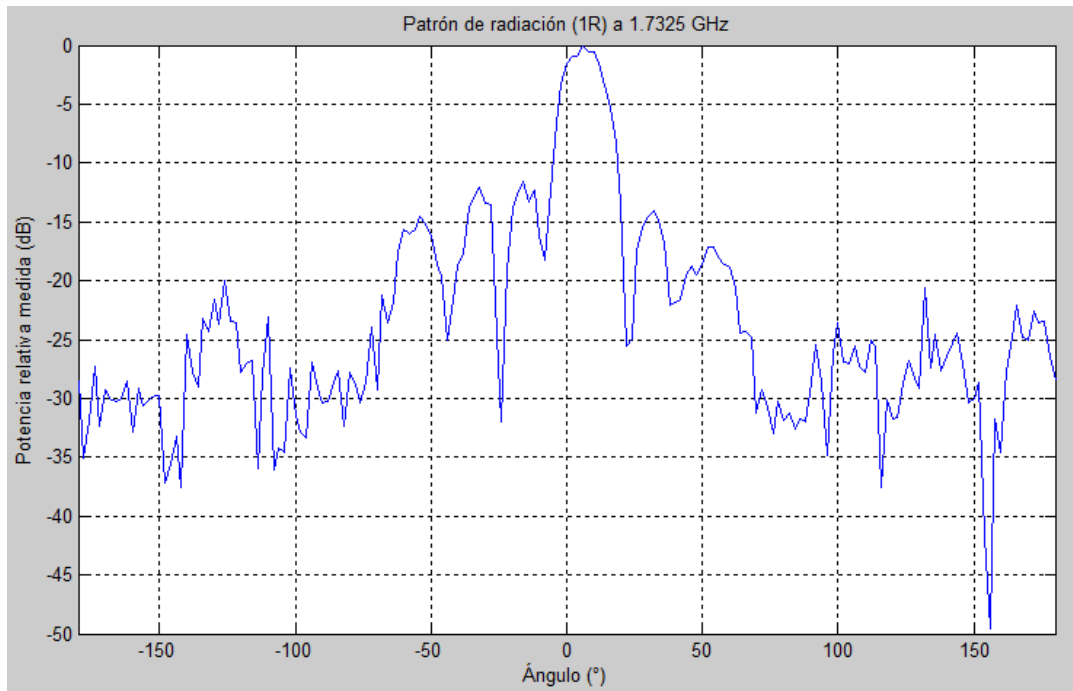


FIGURA 3-1: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1R) DEL PUERTO 1 A 1.7325 GHz

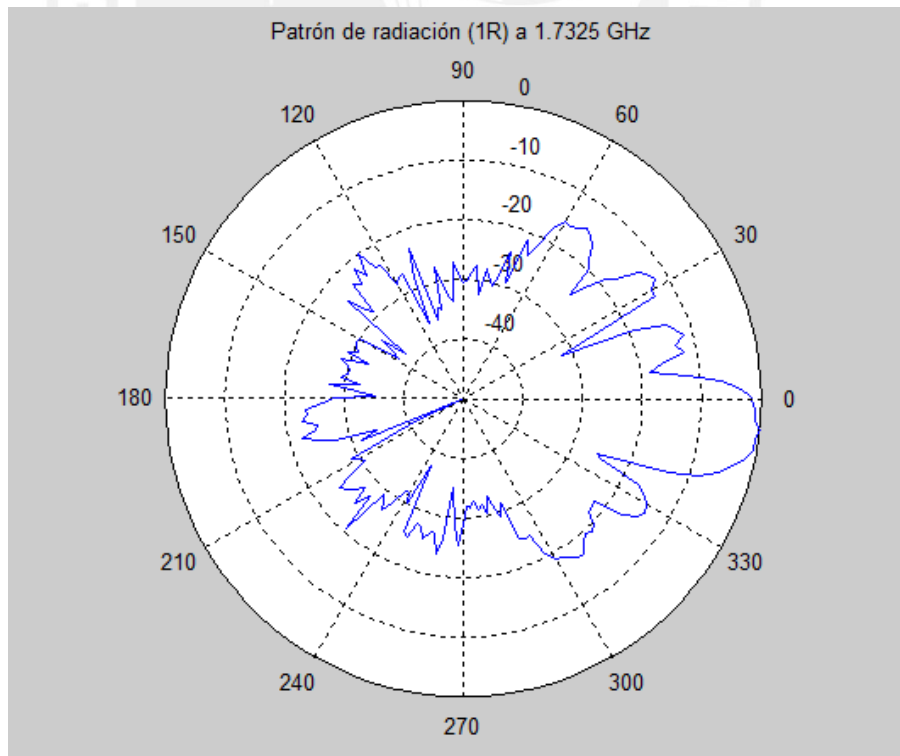


FIGURA 3-2: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1R) DEL PUERTO 1 A 1.7325 GHz

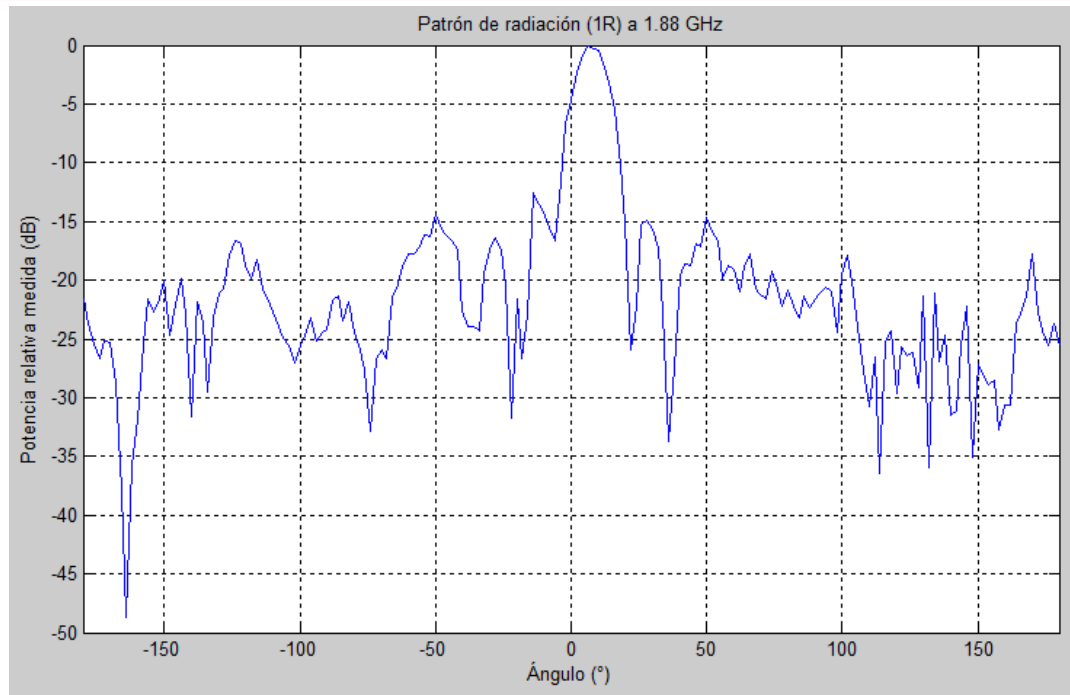


FIGURA 3-3: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1R) DEL PUERTO 1 A 1.88 GHz

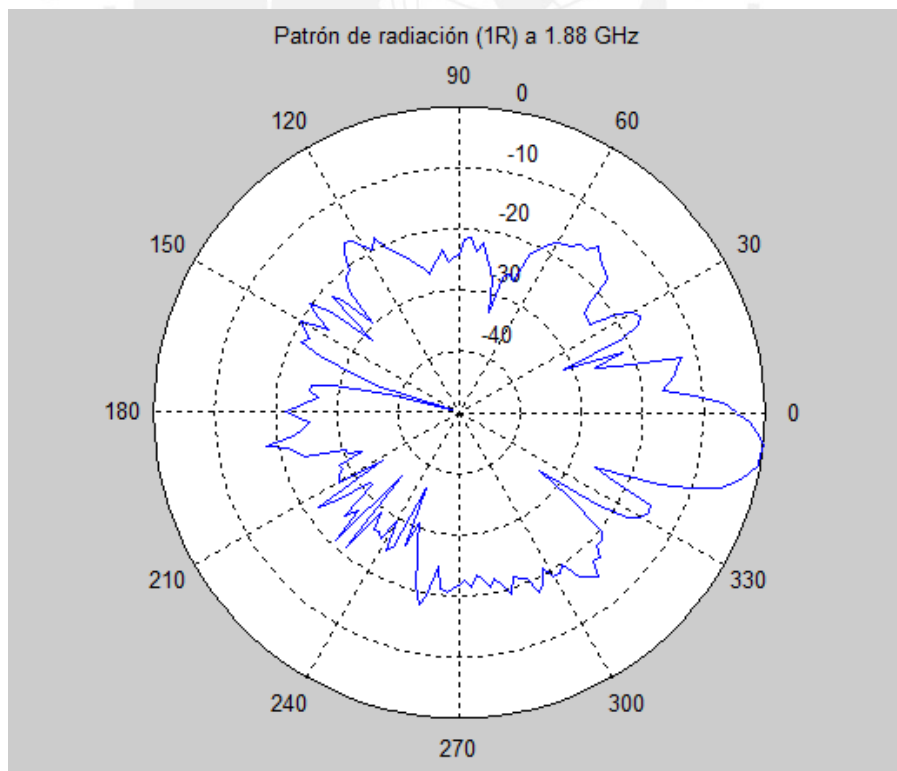


FIGURA 3-4: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1R) DEL PUERTO 1 A 1.7325 GHz

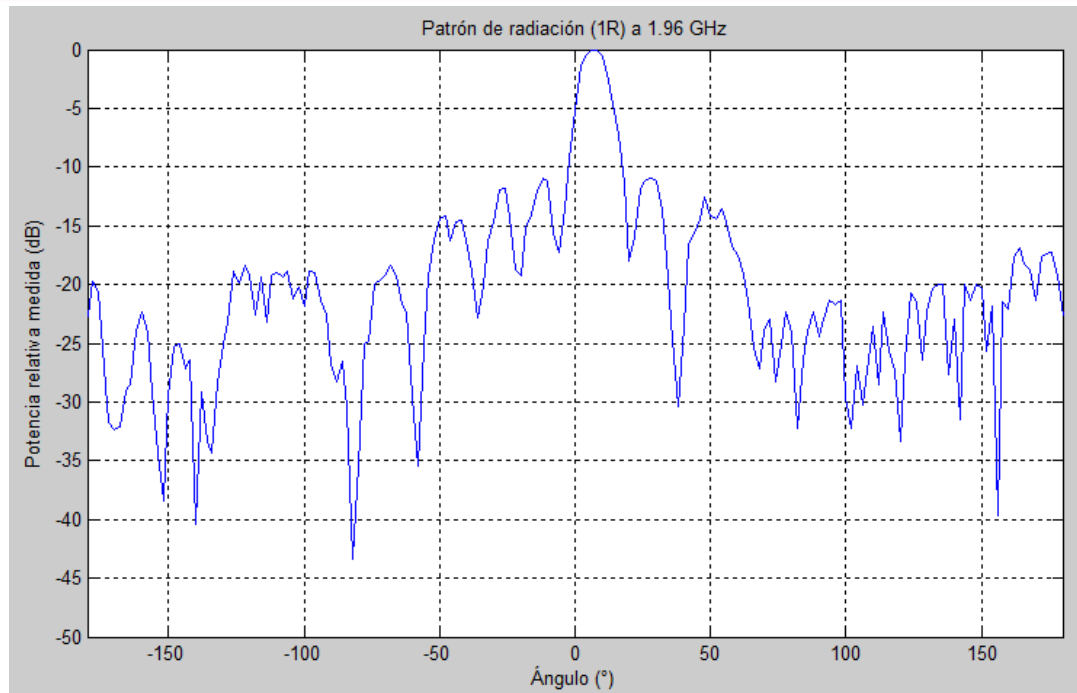


FIGURA 3-5: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1R) DEL PUERTO 1 A 1.96 GHz

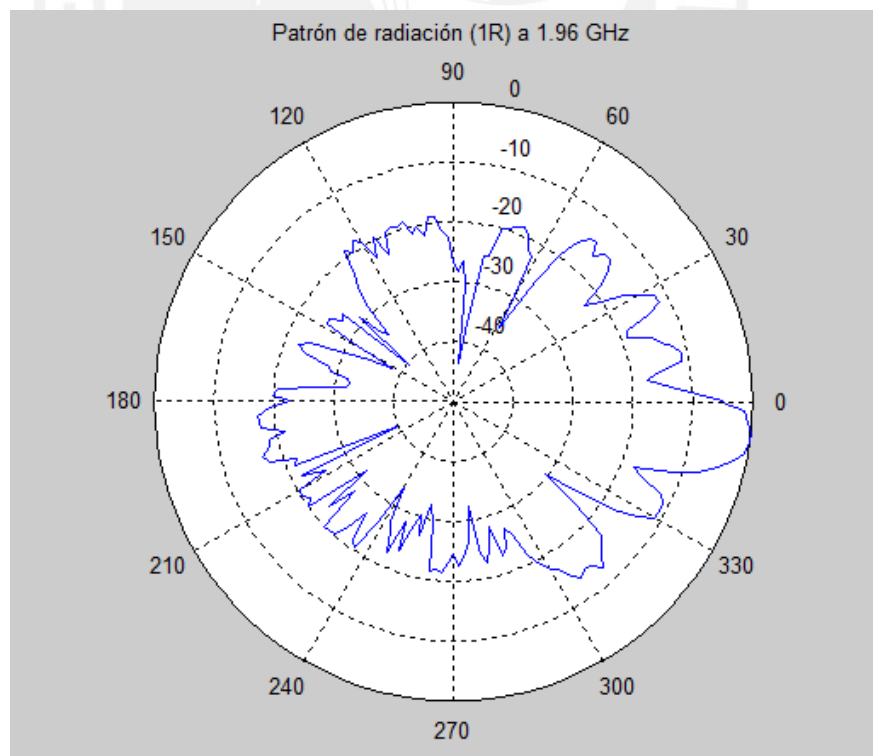


FIGURA 3-6: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1R) DEL PUERTO 1 A 1.96 GHz

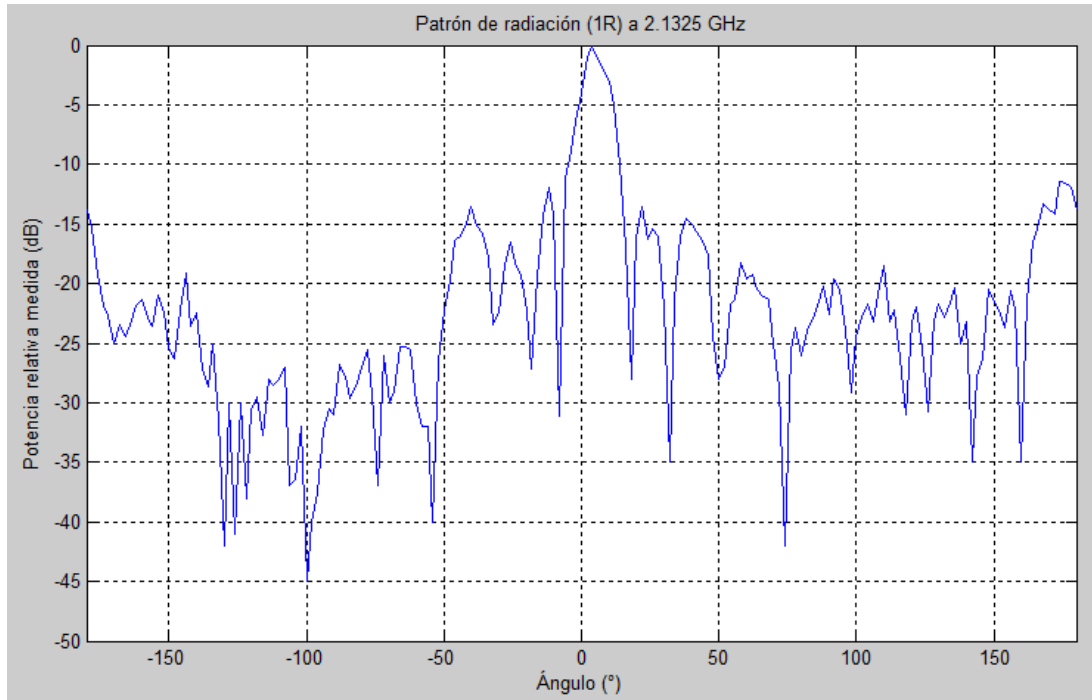


FIGURA 3-7: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1R) DEL PUERTO 1 A 2.1325 GHz

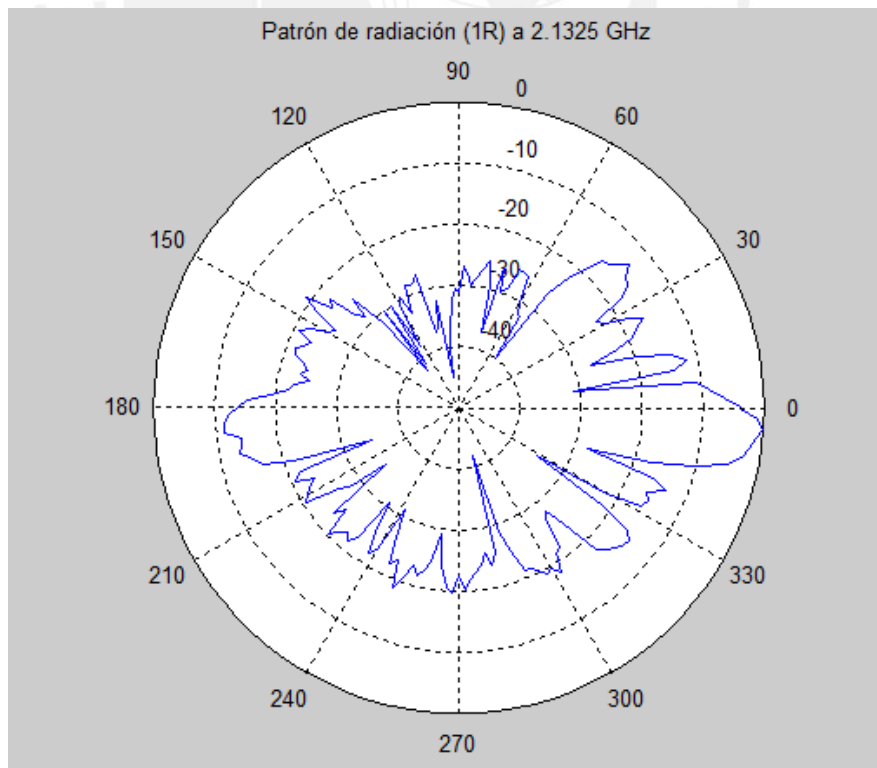


FIGURA 3-8: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1R) DEL PUERTO 1 A 2.1325 GHz

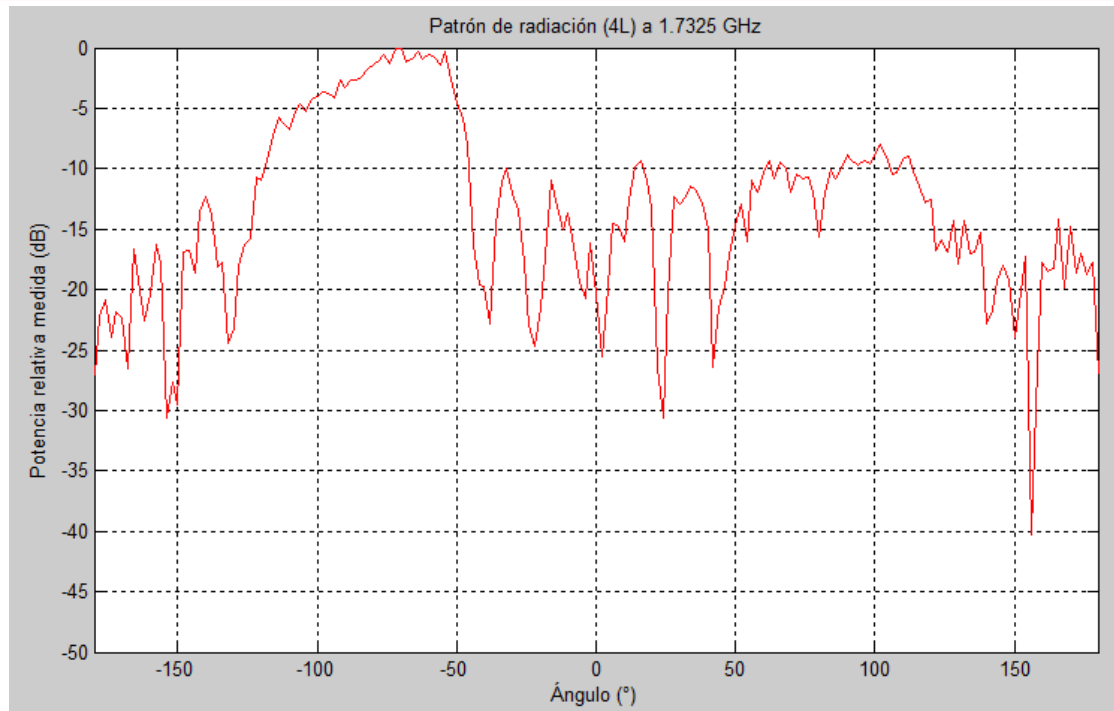


FIGURA 3-9: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4L) DEL PUERTO 2 A 1.7325 GHz

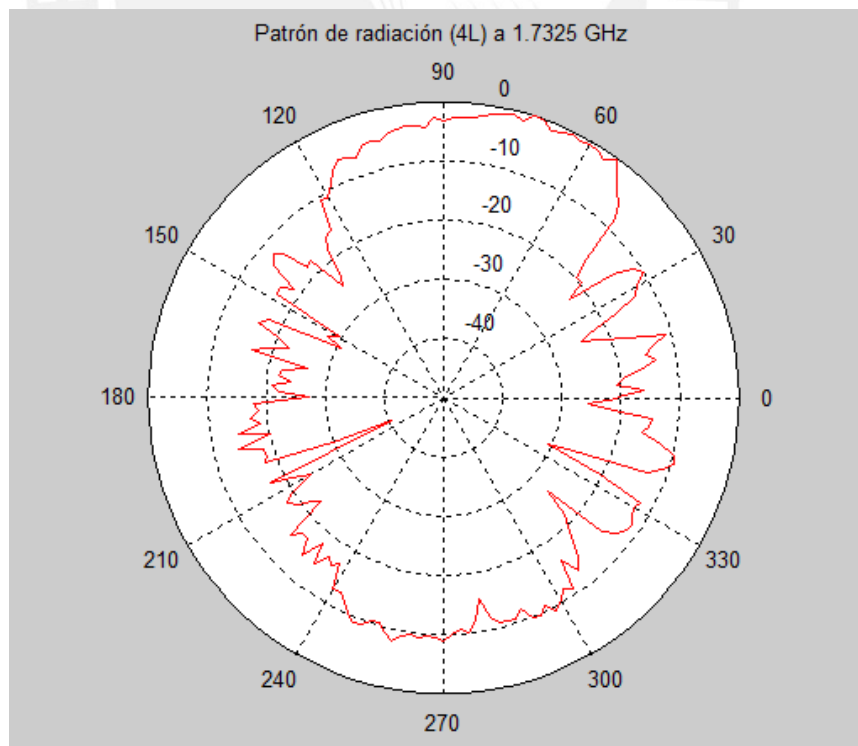


FIGURA 3-10: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4L) DEL PUERTO 2 A 1.7325 GHz

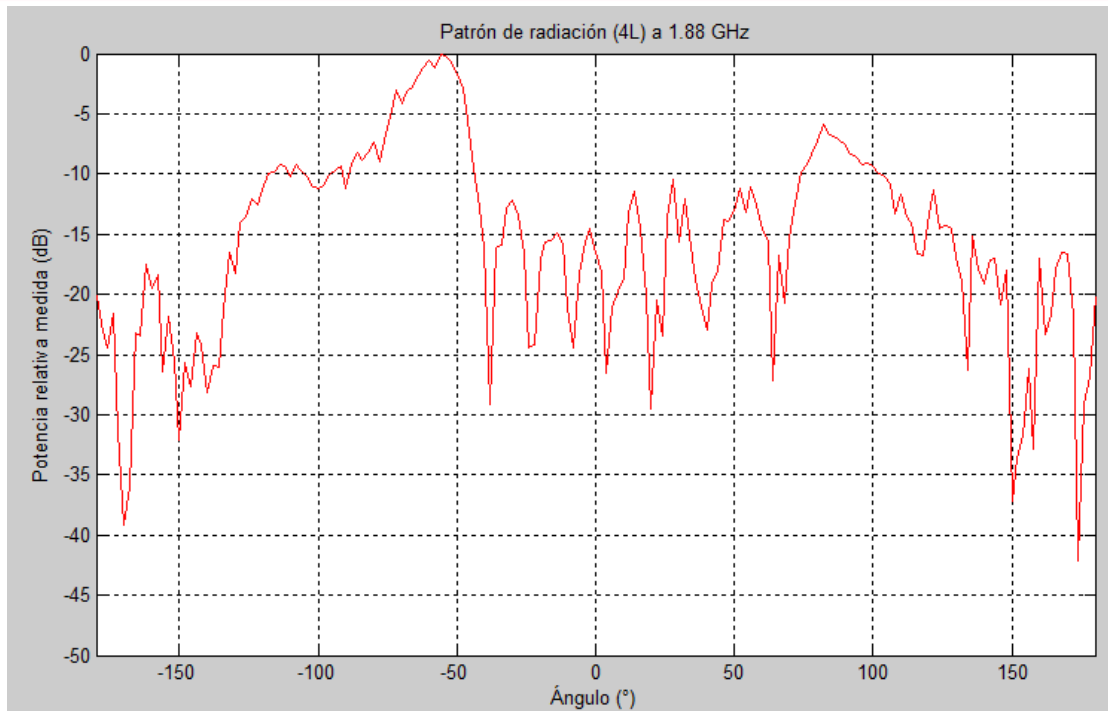


FIGURA 3-11: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4L) DEL PUERTO 2 A 1.88 GHz

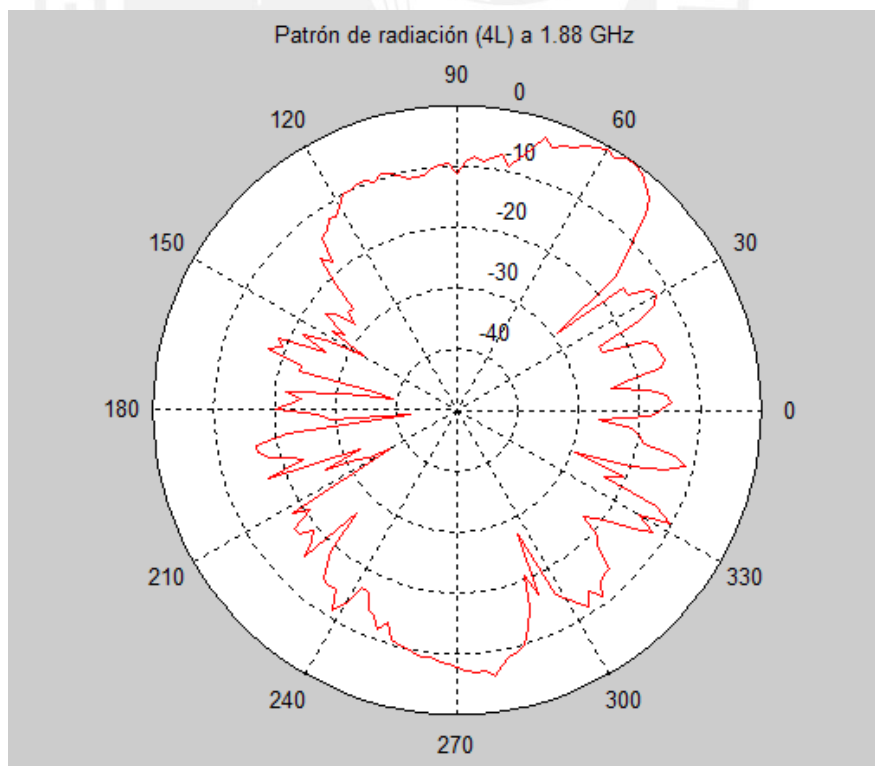


FIGURA 3-12: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4L) DEL PUERTO 2 A 1.88 GHz

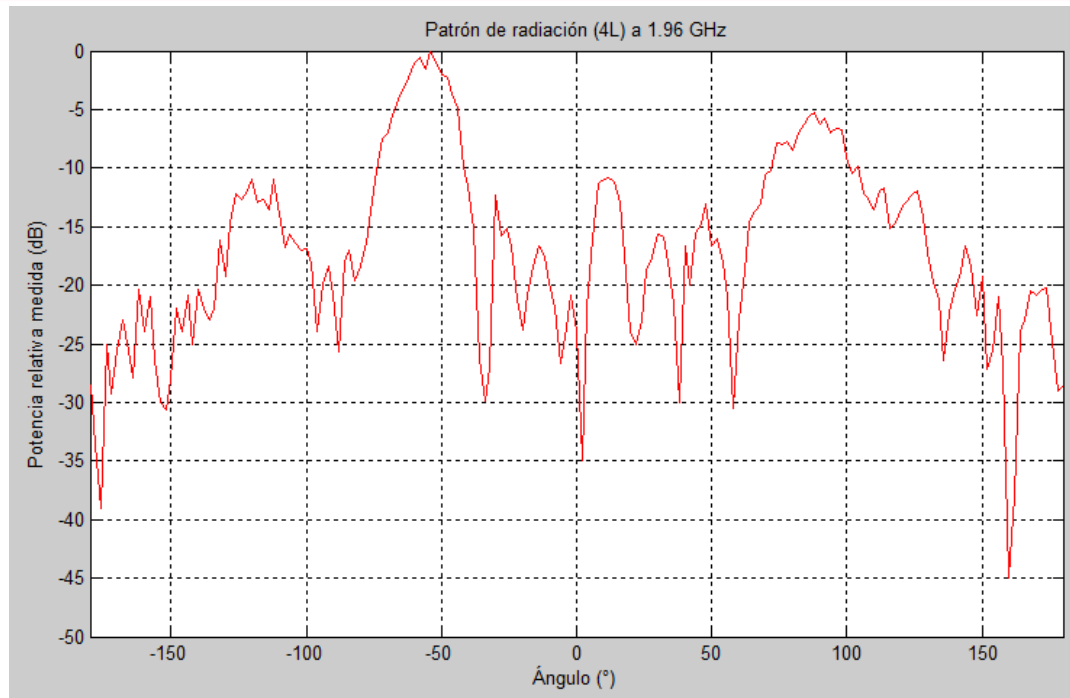


FIGURA 3-13: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4L) DEL PUERTO 2 A 1.96 GHz

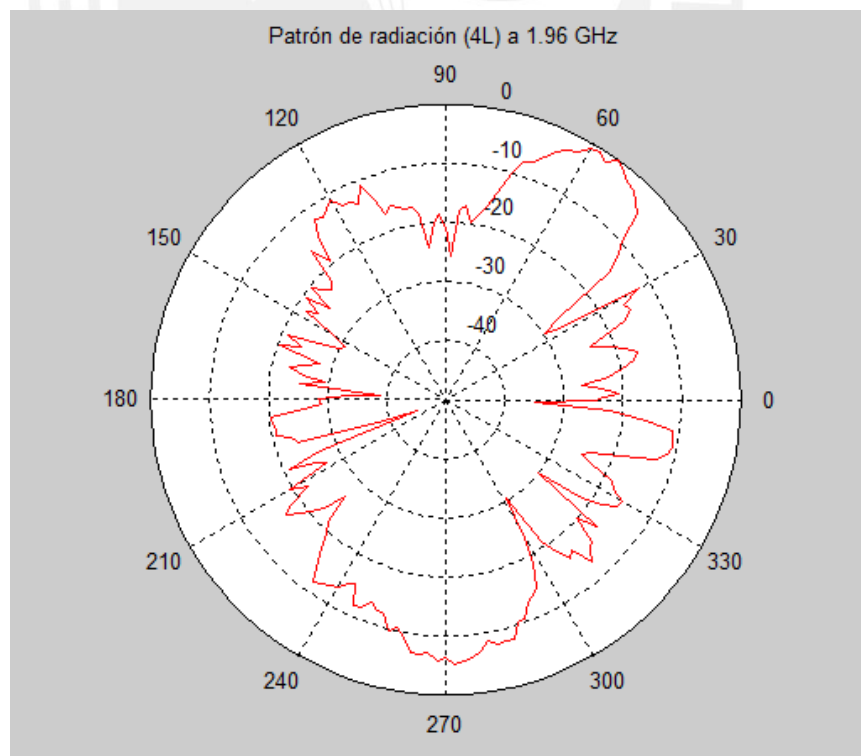


FIGURA 3-14: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4L) DEL PUERTO 2 A 1.96 GHz

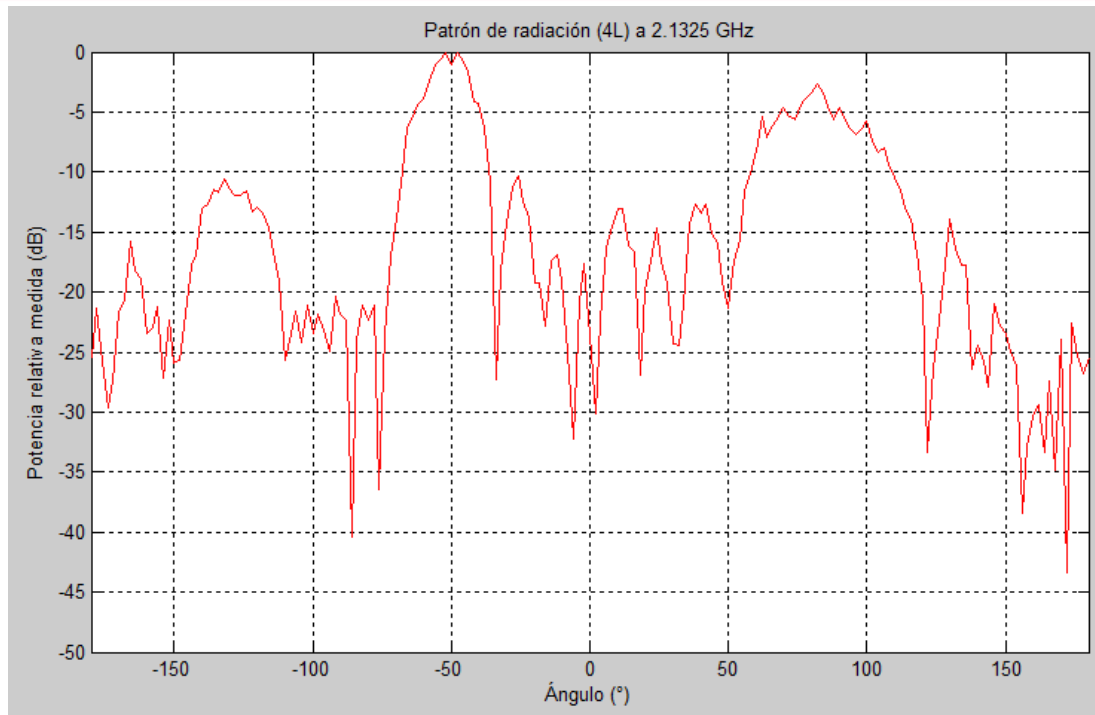


FIGURA 3-15: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4L) DEL PUERTO 2 A 2.1325 GHz

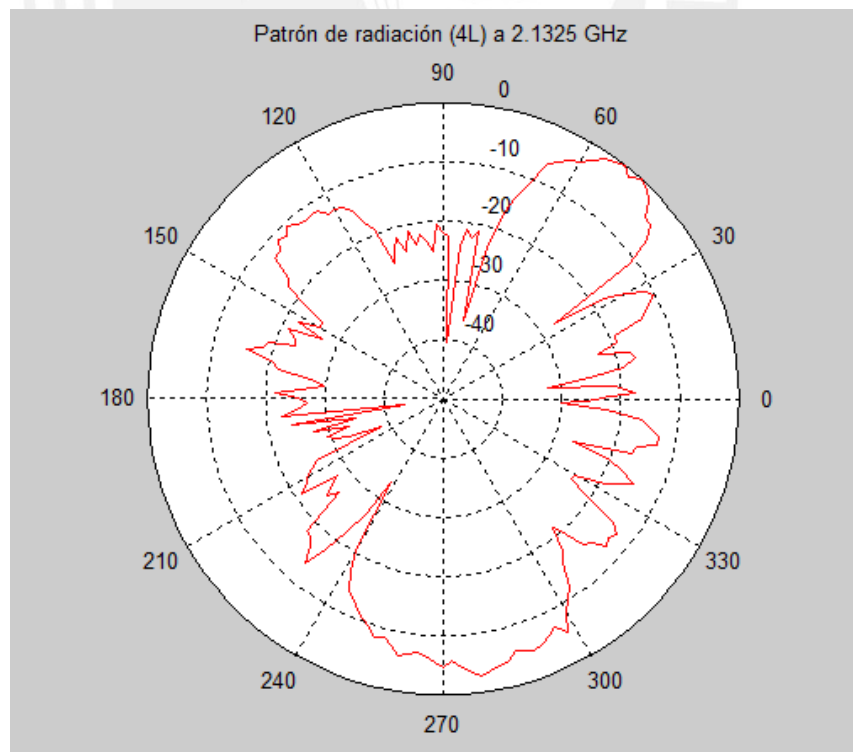


FIGURA 3-16: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4L) DEL PUERTO 2 A 2.1325 GHz

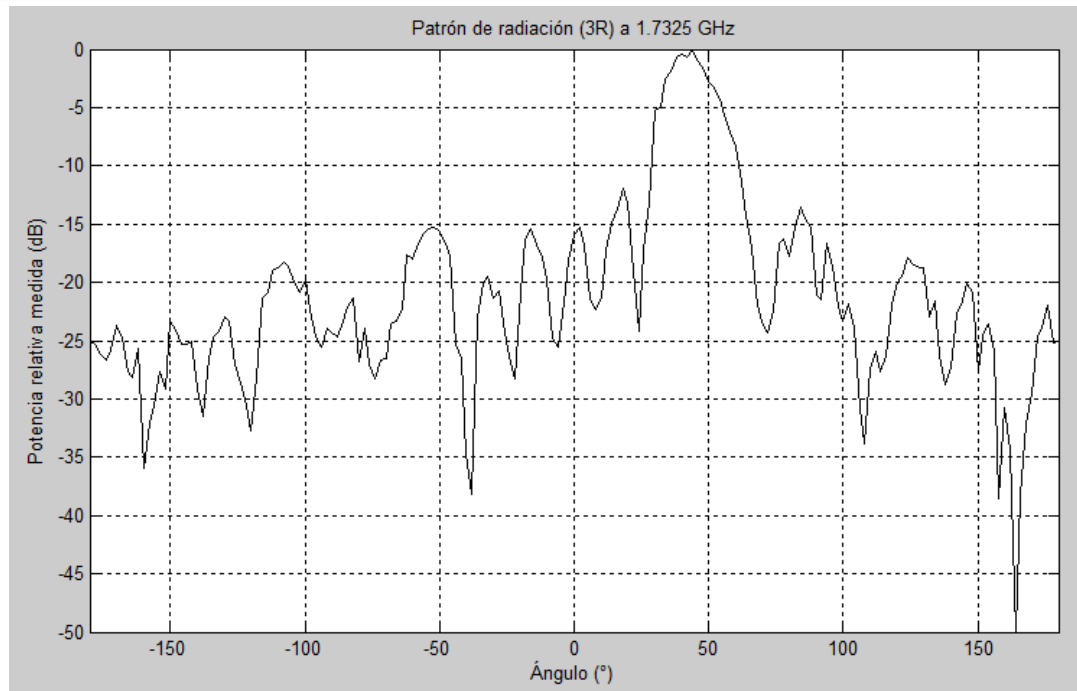


FIGURA 3-17: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3R) DEL PUERTO 3 A 1.7325 GHz

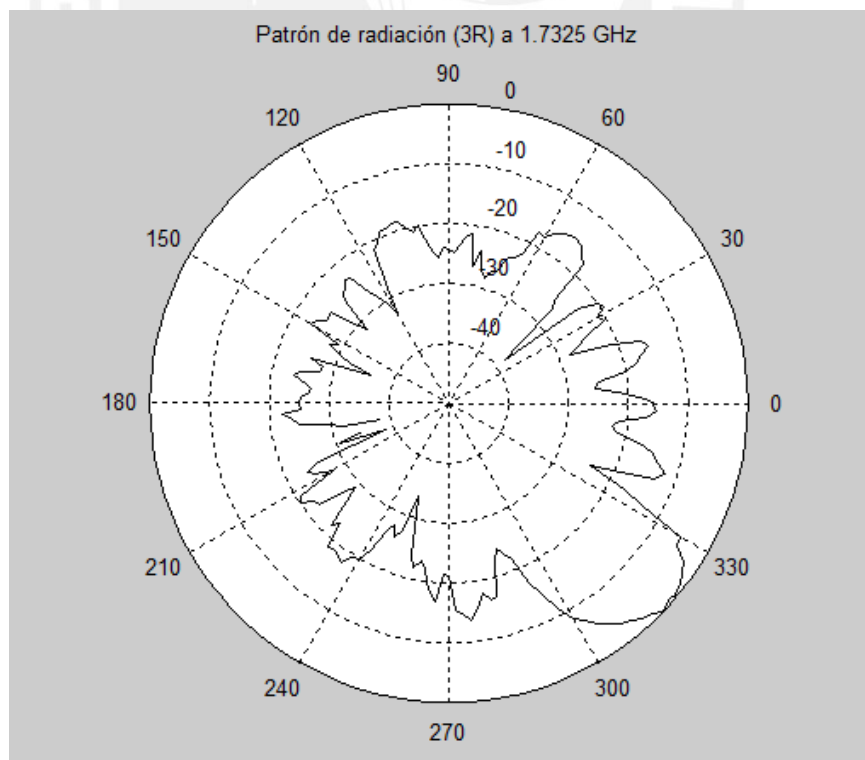


FIGURA 3-18: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3R) DEL PUERTO 3 A 1.7325 GHz

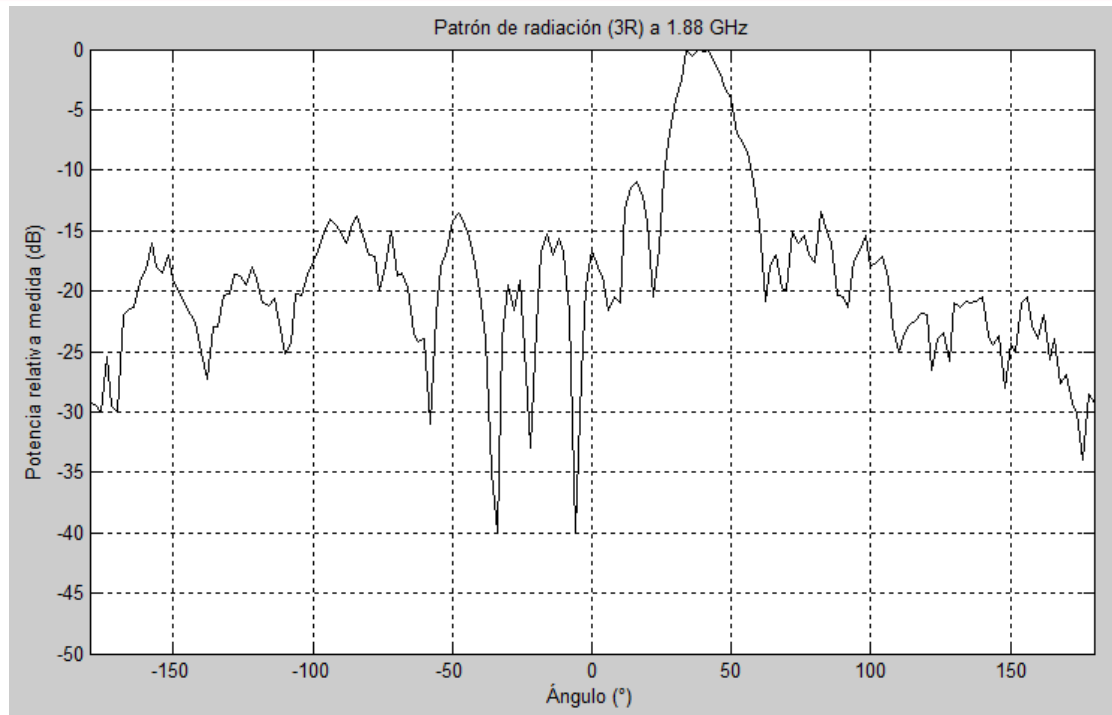


FIGURA 3-19: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3R) DEL PUERTO 3 A 1.88 GHz

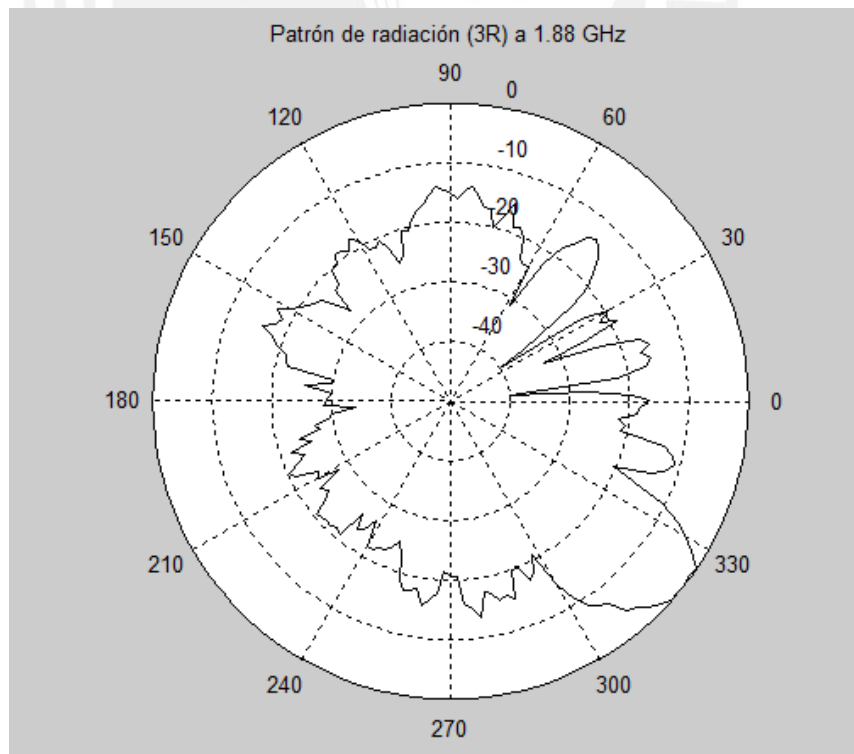


FIGURA 3-20: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3R) DEL PUERTO 3 A 1.88 GHz

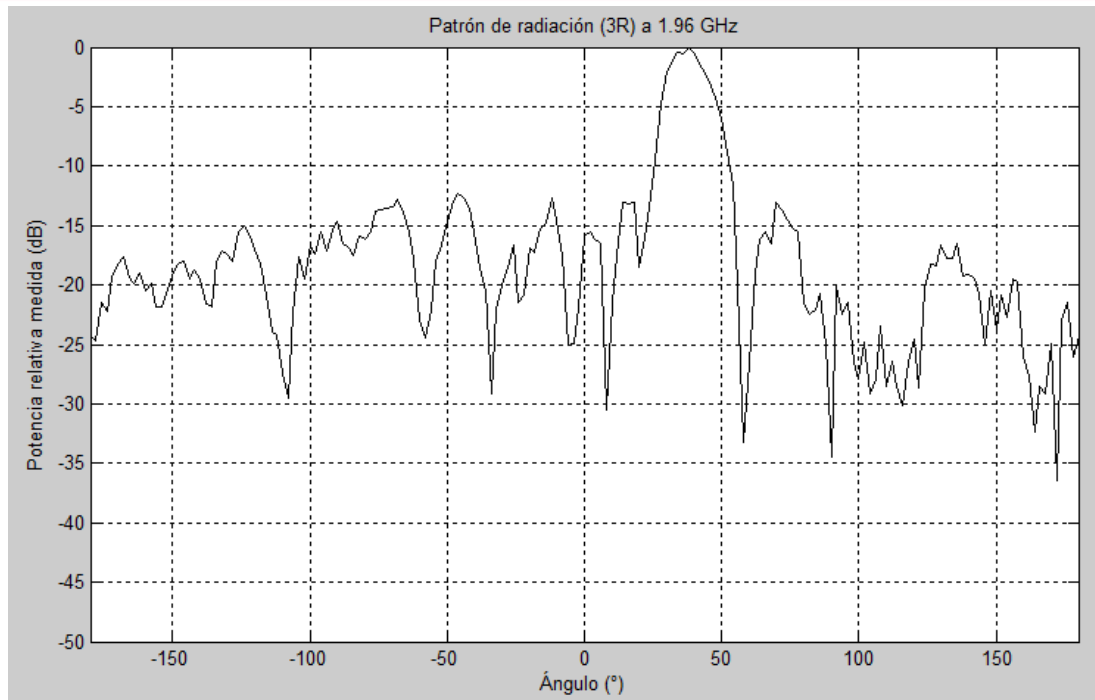


FIGURA 3-21: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3R) DEL PUERTO 3 A 1.96 GHz

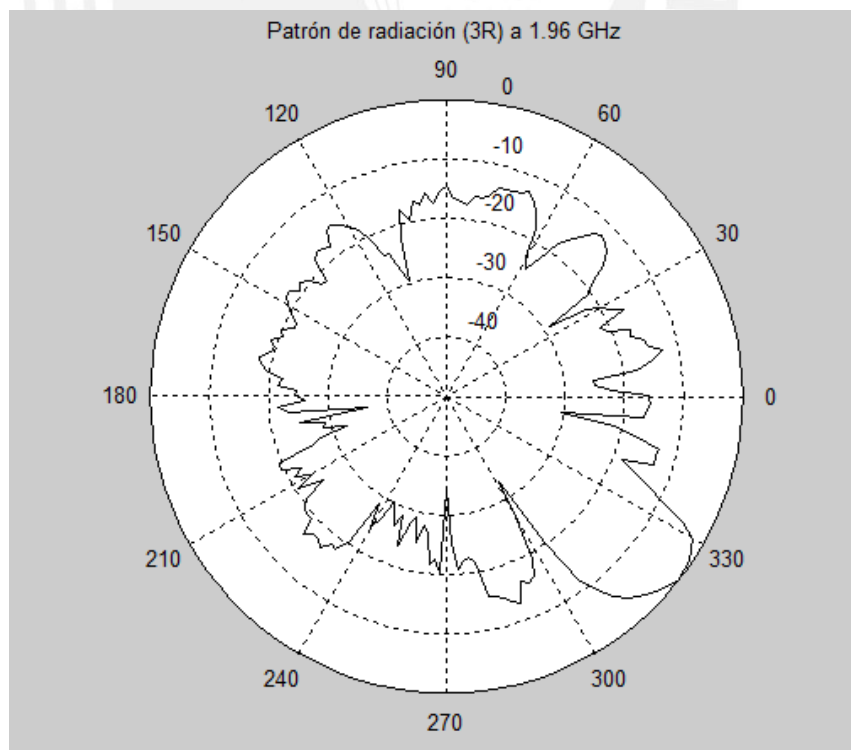


FIGURA 3-22: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3R) DEL PUERTO 3 A 1.96 GHz

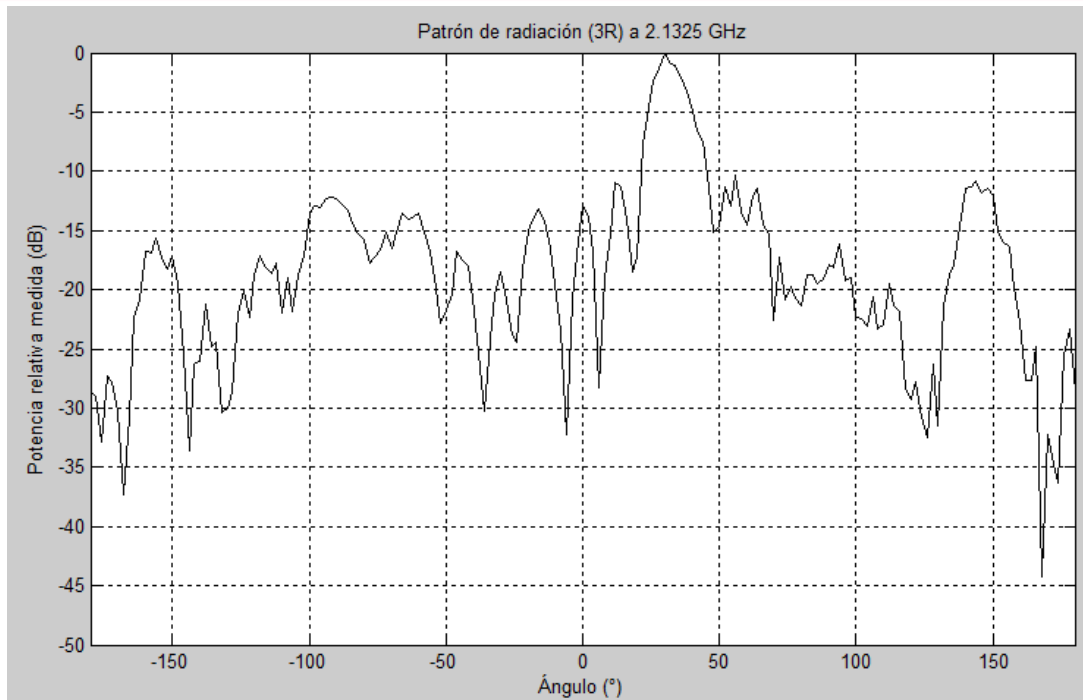


FIGURA 3-23: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3R) DEL PUERTO 3 A 2.1325 GHz

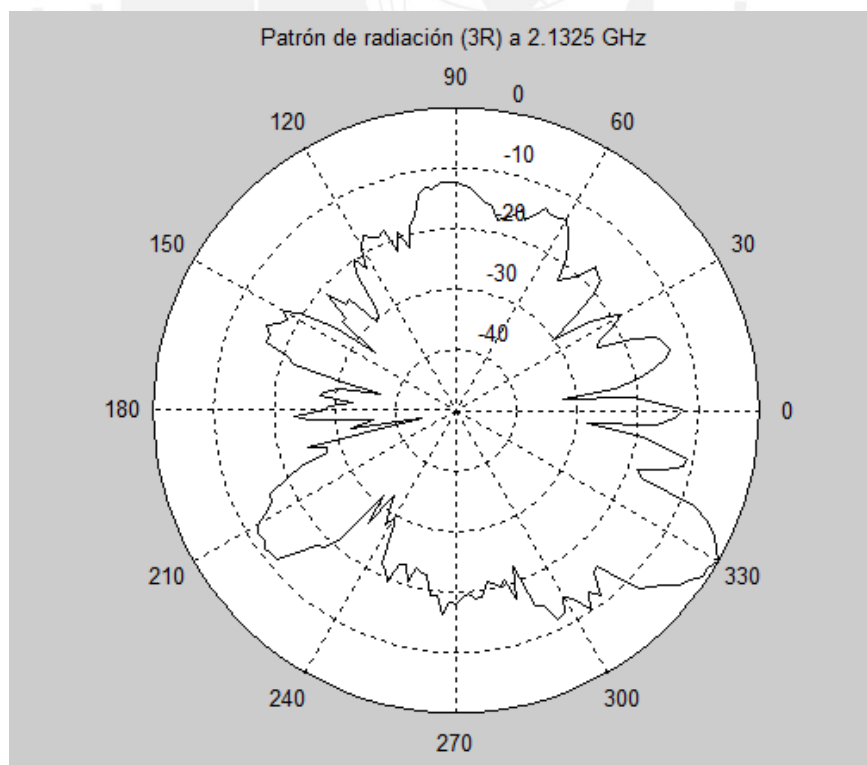


FIGURA 3-24: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3R) DEL PUERTO 3 A 2.1325 GHz

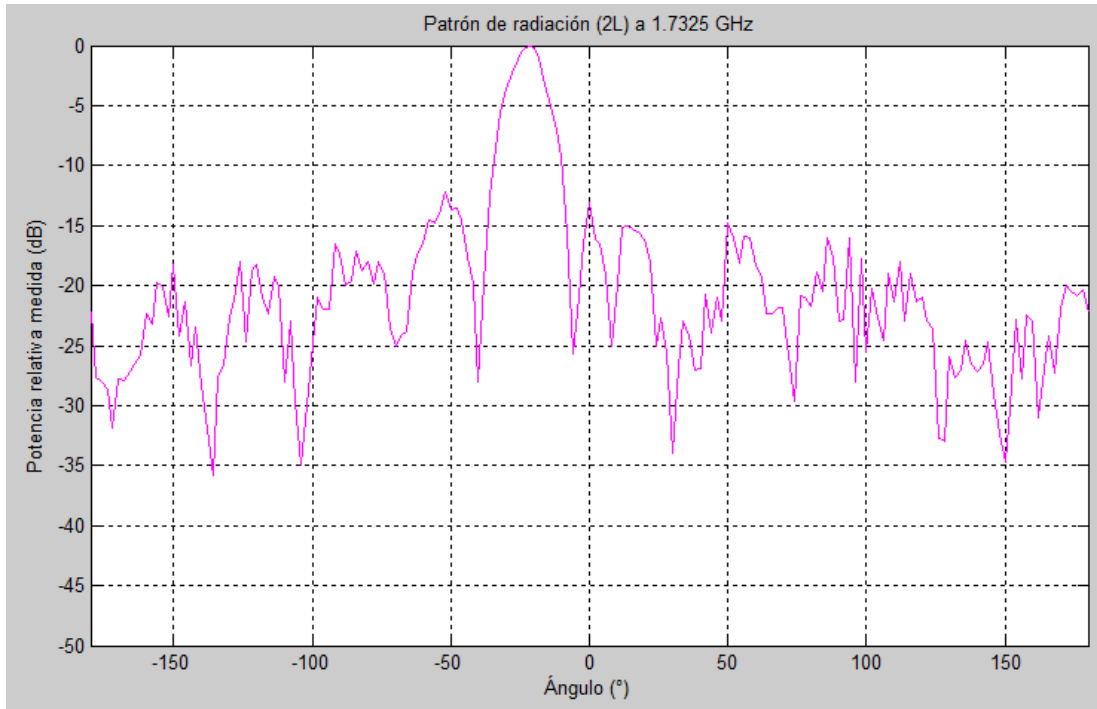


FIGURA 3-25: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2L) DEL PUERTO 4 A 1.7325 GHz

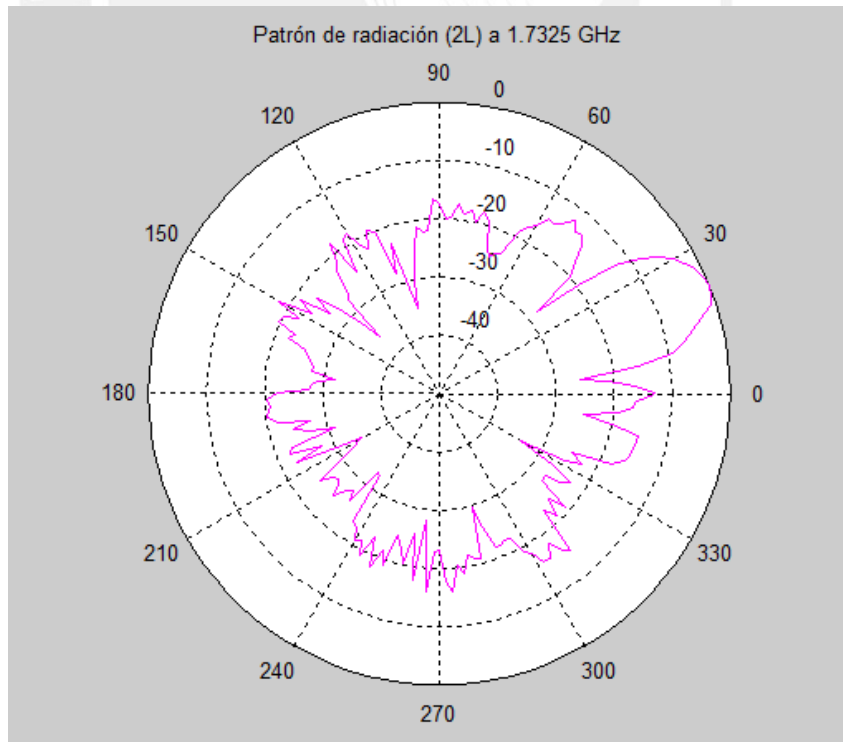


FIGURA 3-26: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2L) DEL PUERTO 4 A 1.7325 GHz

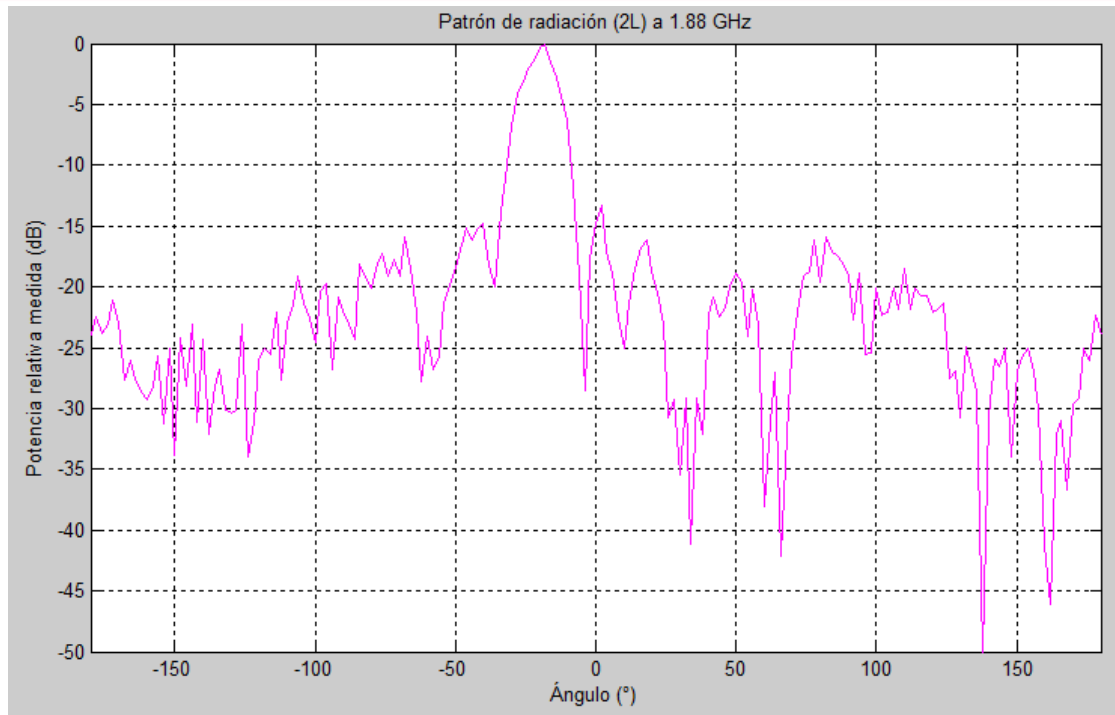


FIGURA 3-27: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2L) DEL PUERTO 4 A 1.88 GHz

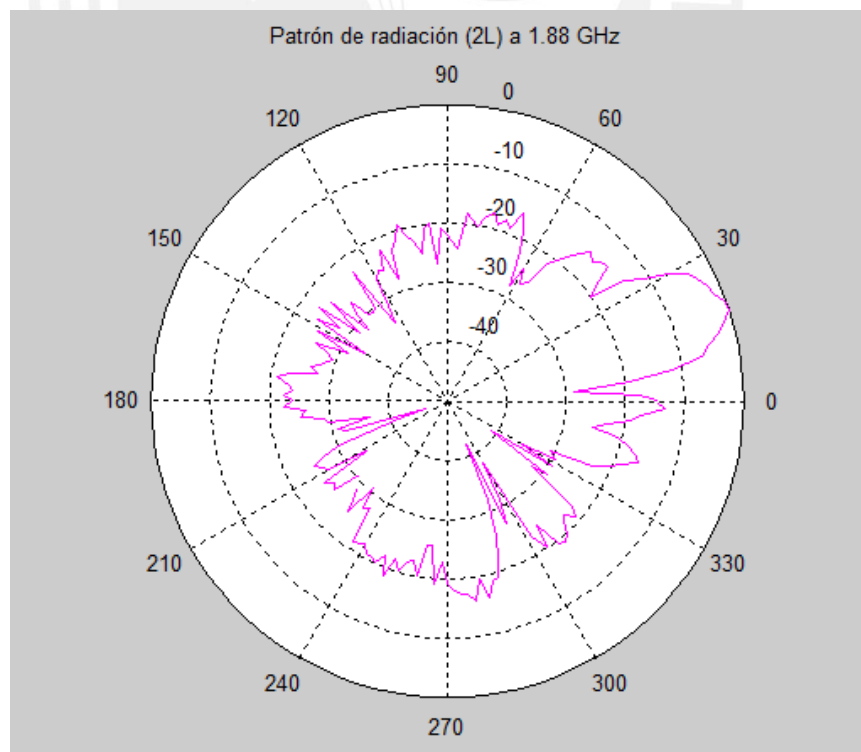


FIGURA 3-28: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2L) DEL PUERTO 4 A 1.88 GHz

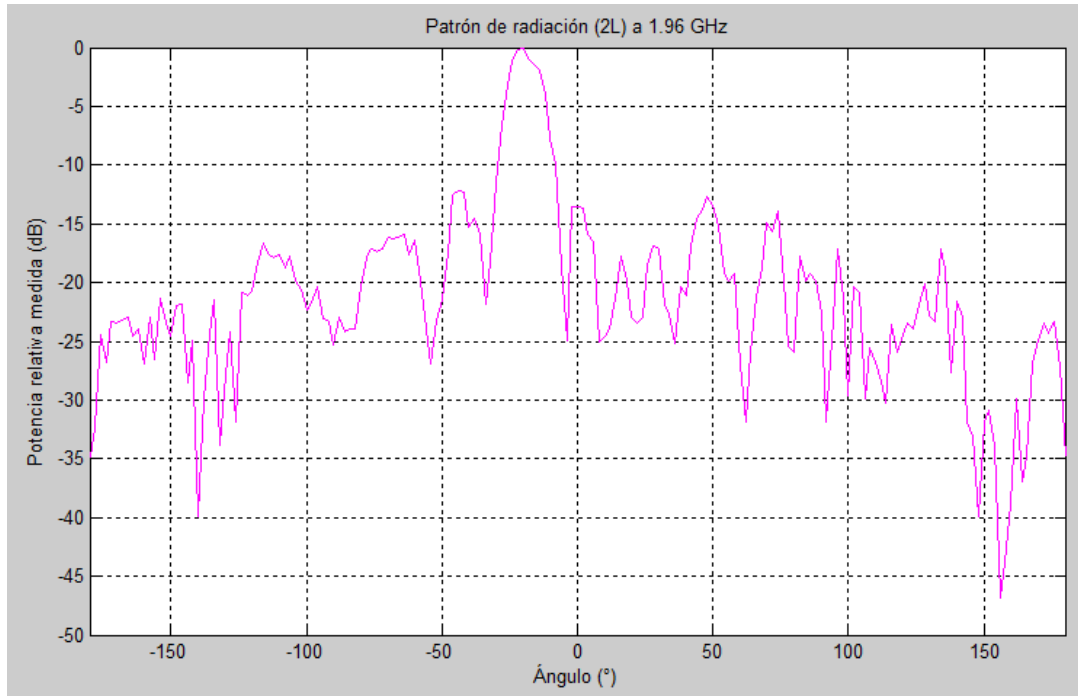


FIGURA 3-29: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2L) DEL PUERTO 4 A 1.96 GHz

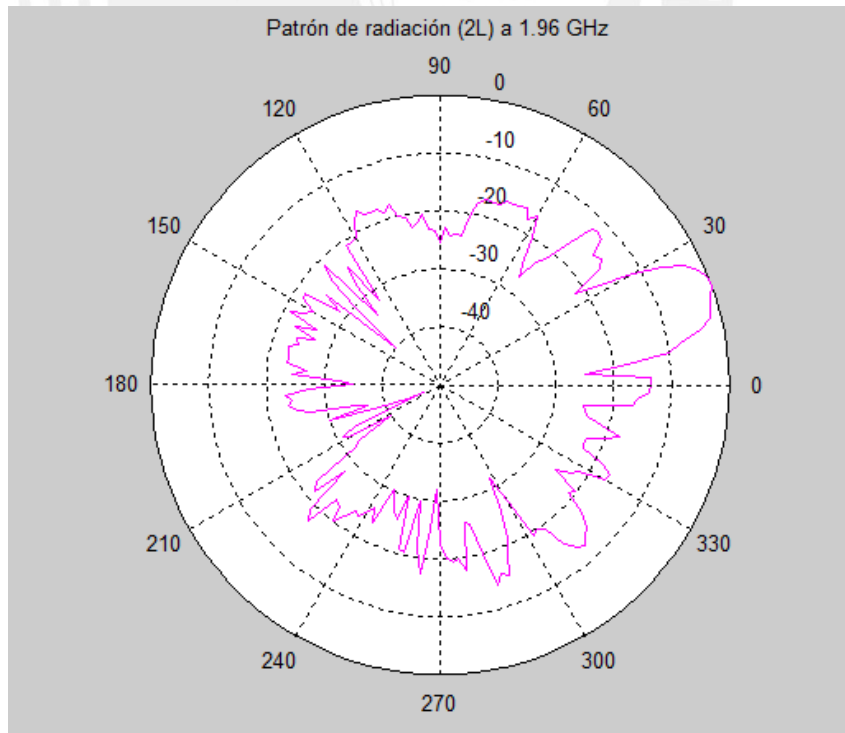


FIGURA 3-30: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2L) DEL PUERTO 4 A 1.96 GHz

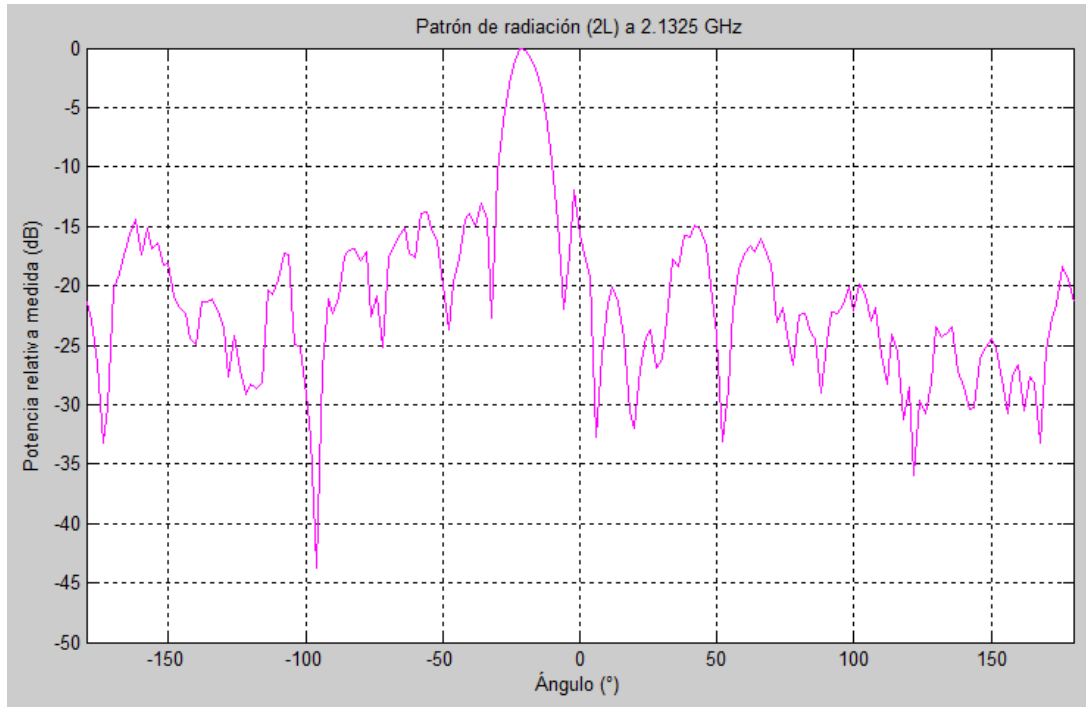


FIGURA 3-31: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2L) DEL PUERTO 4 A 2.1325 GHz

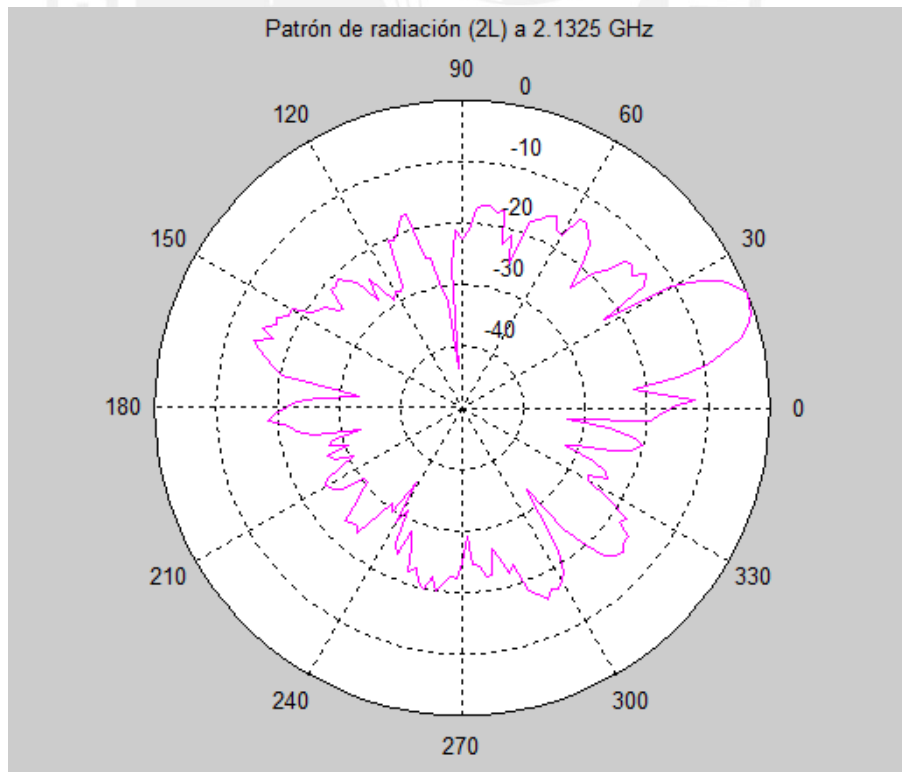


FIGURA 3-32: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2L) DEL PUERTO 4 A 2.1325 GHz

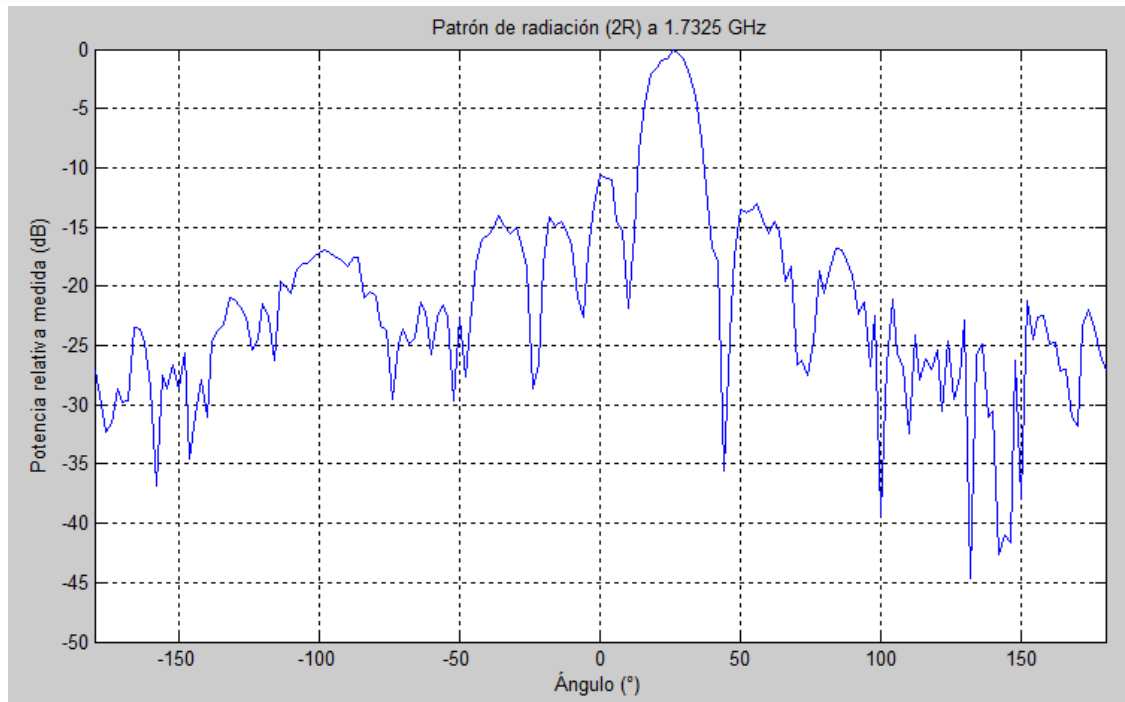


FIGURA 3-33: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2R) DEL PUERTO 5 A 1.7325 GHz

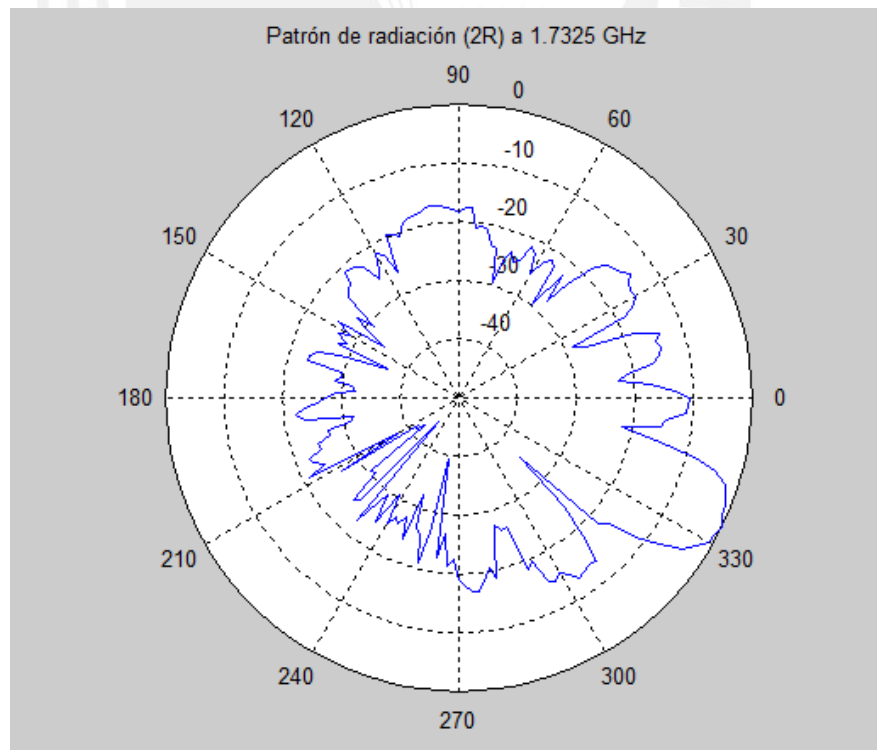


FIGURA 3-34: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2R) DEL PUERTO 5 A 1.7325 GHz

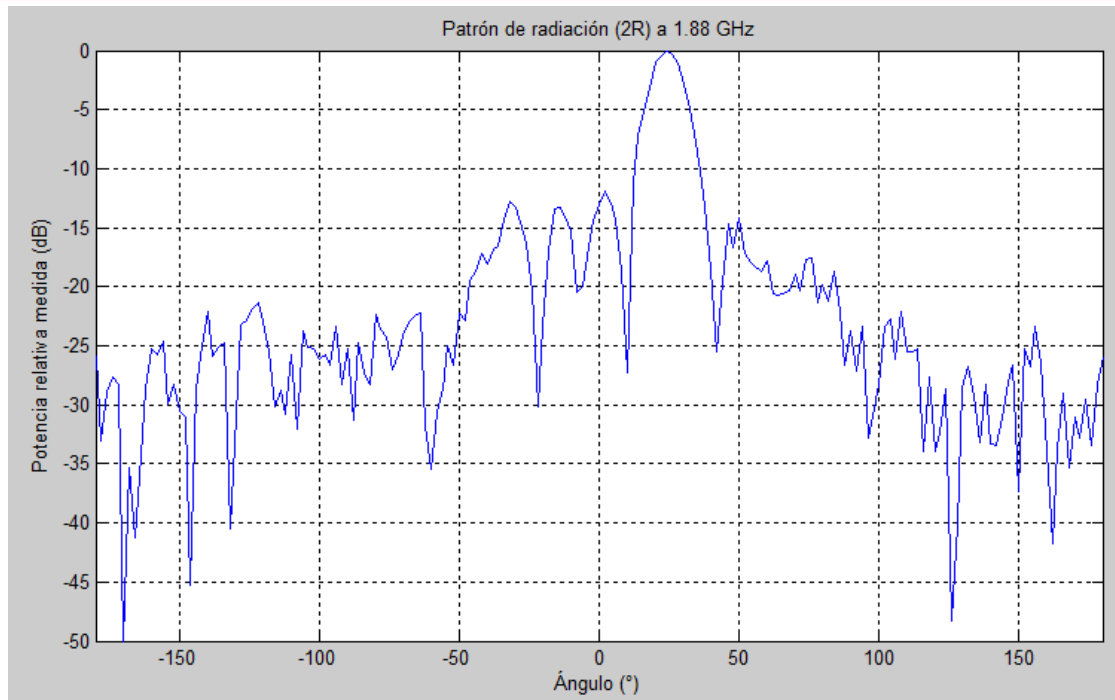


FIGURA 3-35: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2R) DEL PUERTO 5 A 1.88 GHz

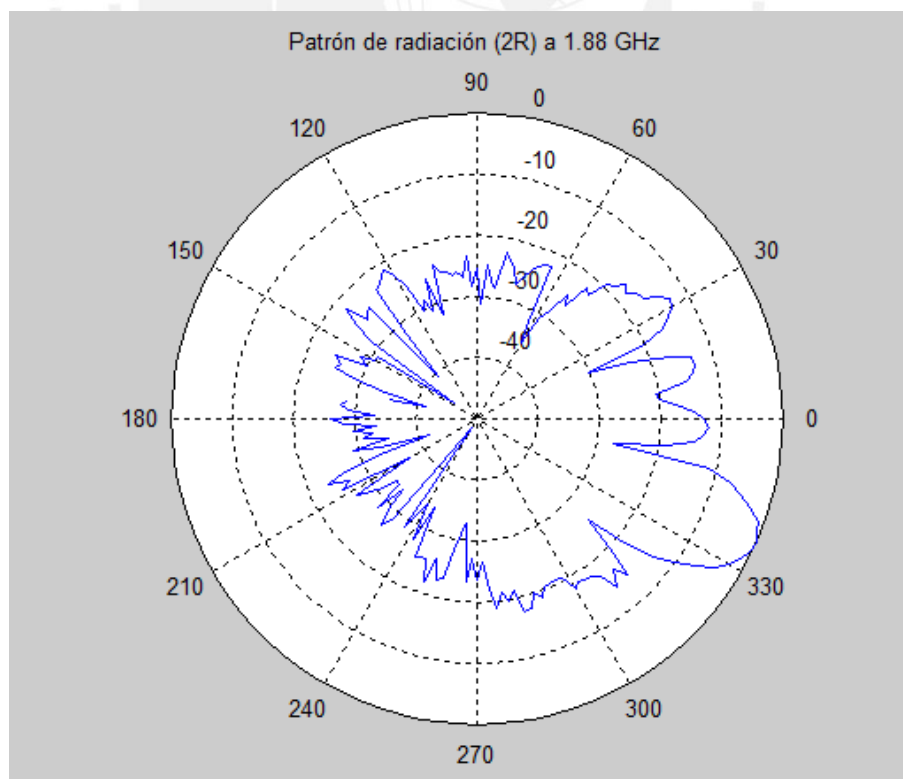


FIGURA 3-36: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2R) DEL PUERTO 5 A 1.88 GHz

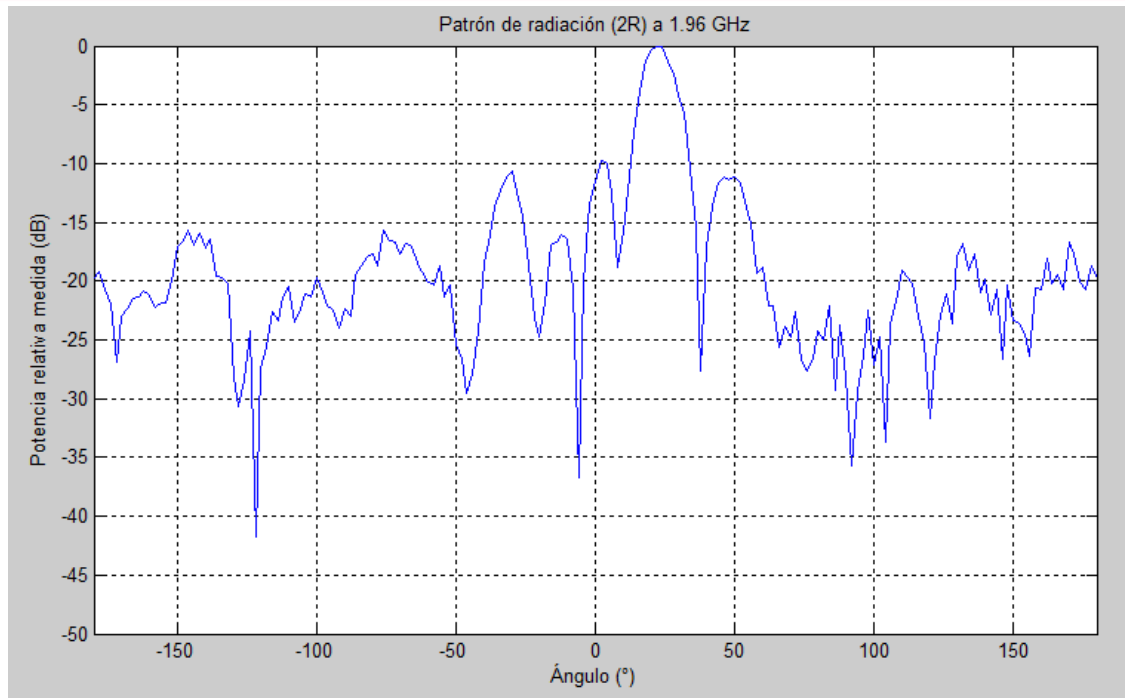


FIGURA 3-37: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2R) DEL PUERTO 5 A 1.96 GHz

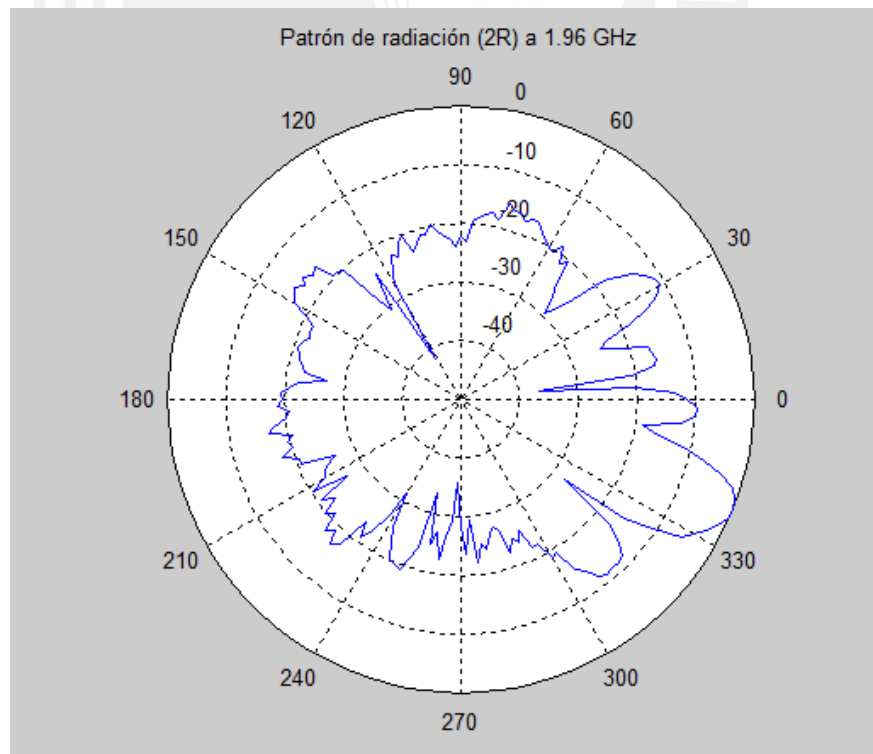


FIGURA 3-38: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2R) DEL PUERTO 5 A 1.96 GHz

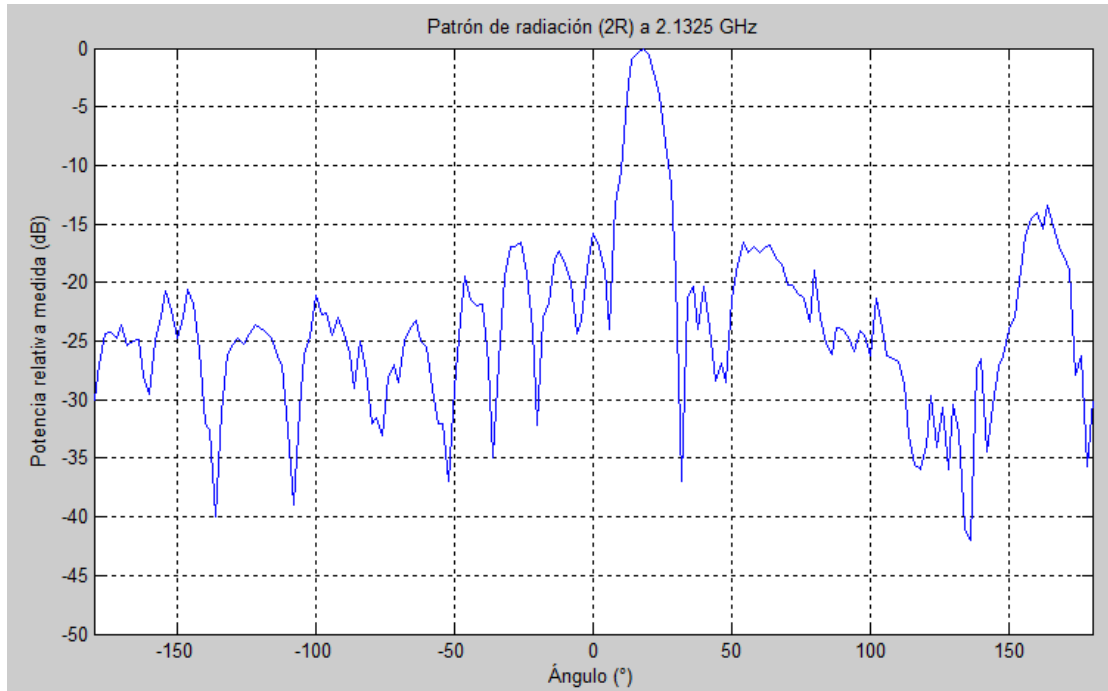


FIGURA 3-39: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2R) DEL PUERTO 5 A 2.1325 GHz

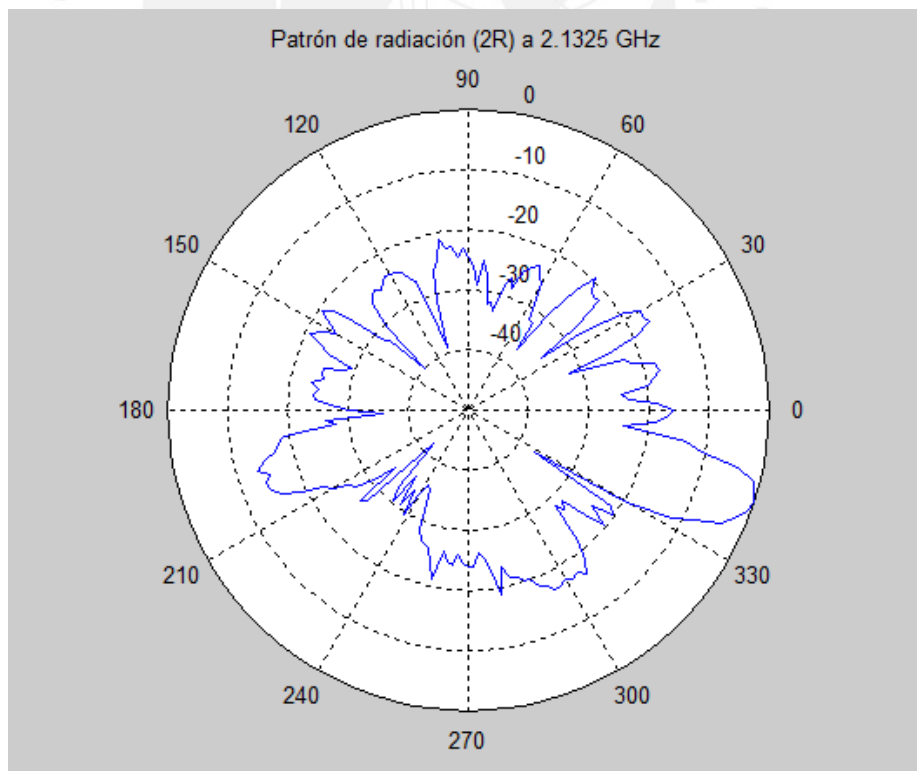


FIGURA 3-40: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (2R) DEL PUERTO 5 A 2.1325 GHz

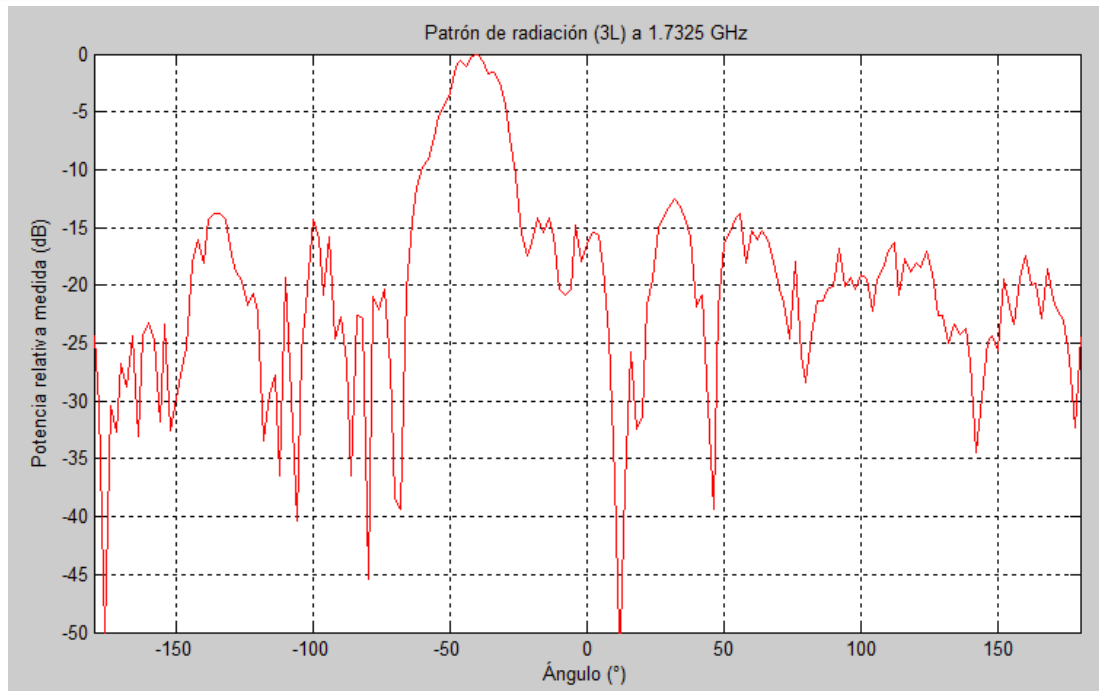


FIGURA 3-41: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3L) DEL PUERTO 6 A 1.7325 GHz

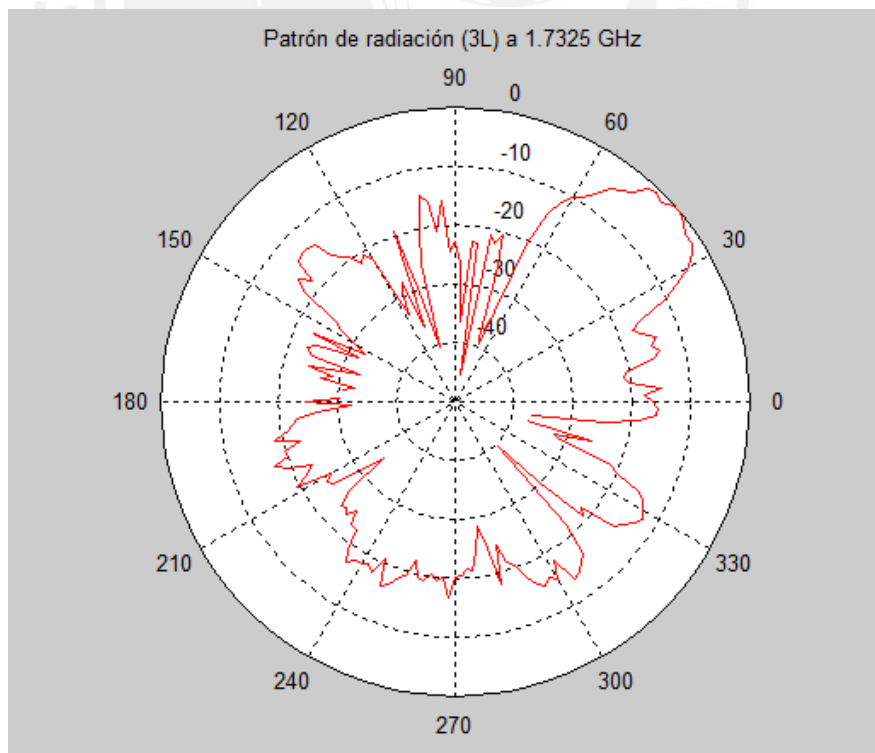


FIGURA 3-42: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3L) DEL PUERTO 6 A 1.7325 GHz

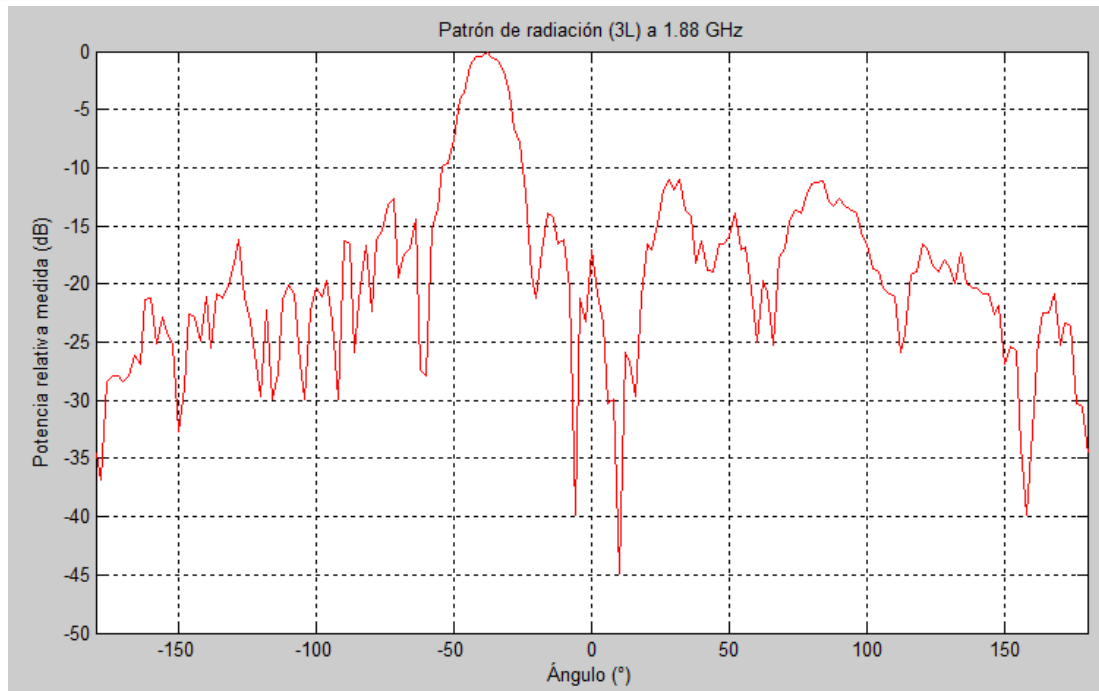


FIGURA 3-43: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3L) DEL PUERTO 6 A 1.88 GHz

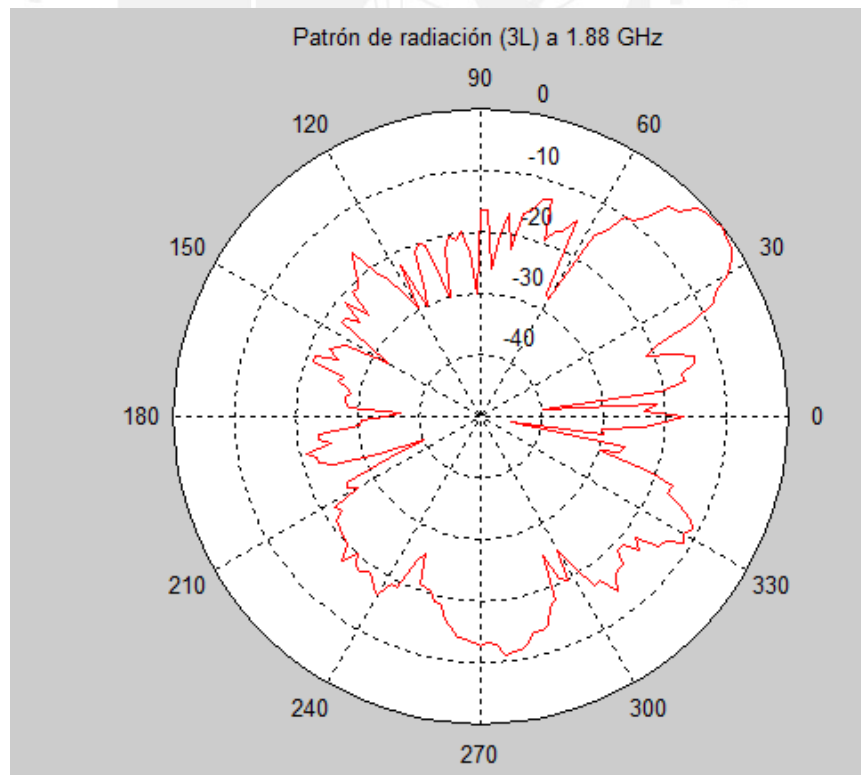


FIGURA 3-44: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3L) DEL PUERTO 6 A 1.88 GHz

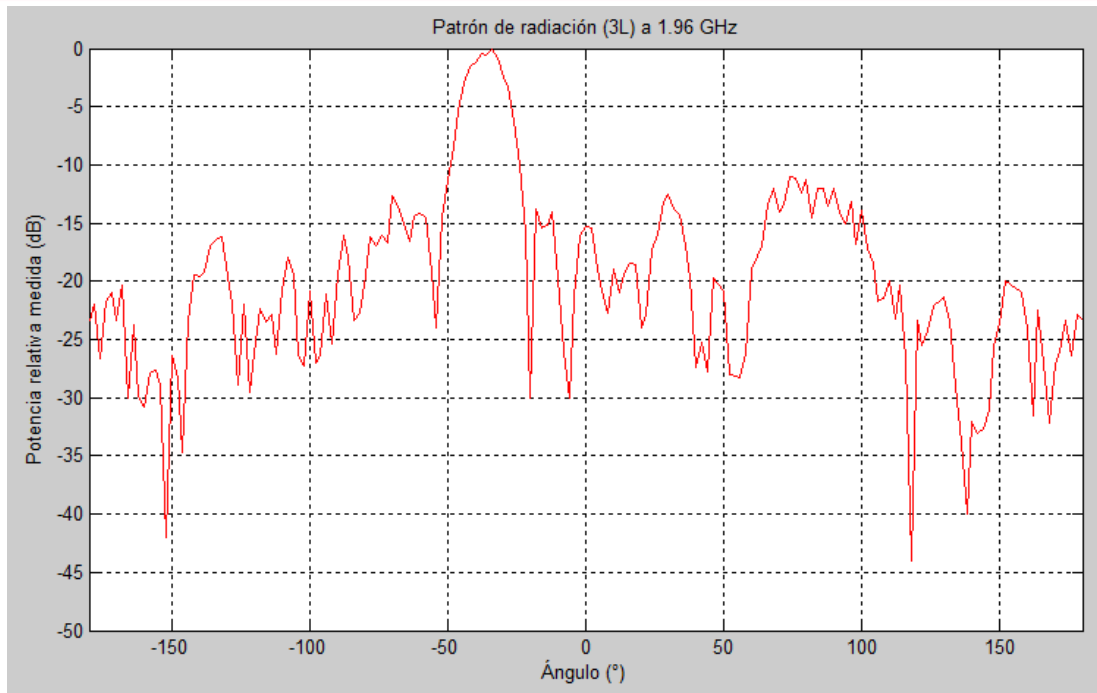


FIGURA 3-45: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3L) DEL PUERTO 6 A 1.96 GHz

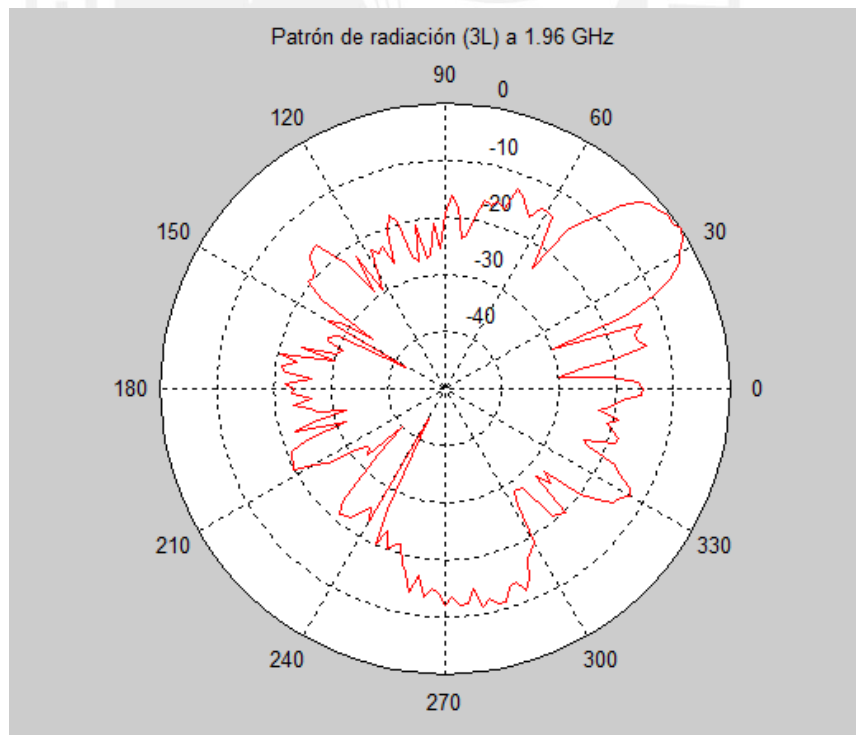


FIGURA 3-46: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3L) DEL PUERTO 6 A 1.96 GHz

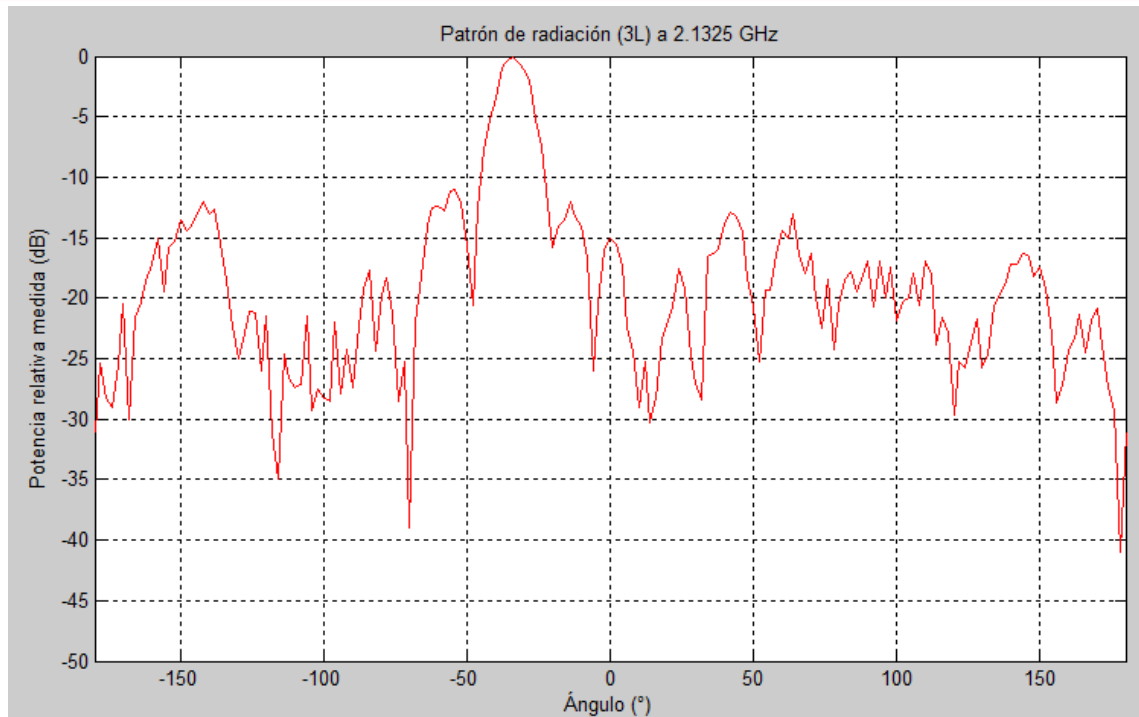


FIGURA 3-47: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3L) DEL PUERTO 6 A 2.1325 GHz

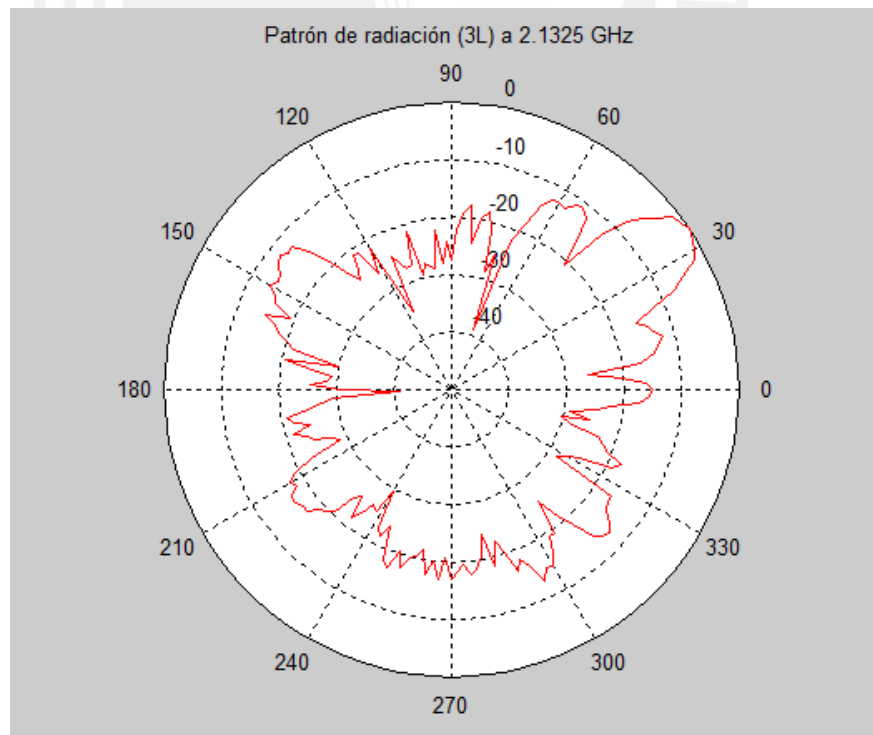


FIGURA 3-48: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (3L) DEL PUERTO 6 A 2.1325 GHz

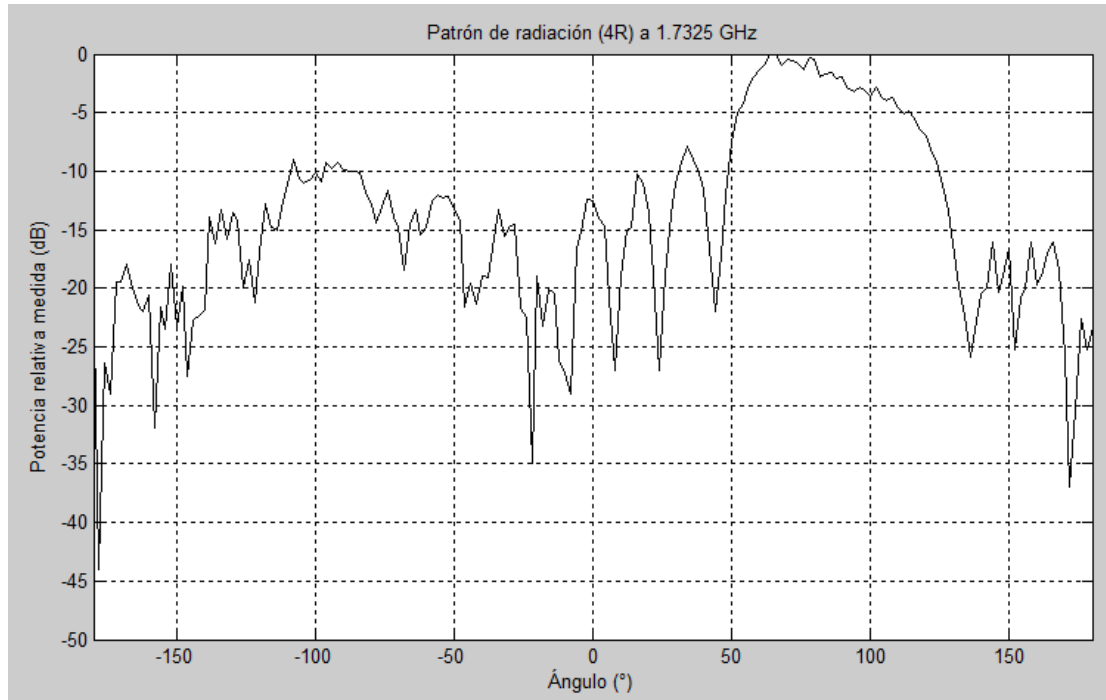


FIGURA 3-49: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4R) DEL PUERTO 7 A 1.7325 GHz

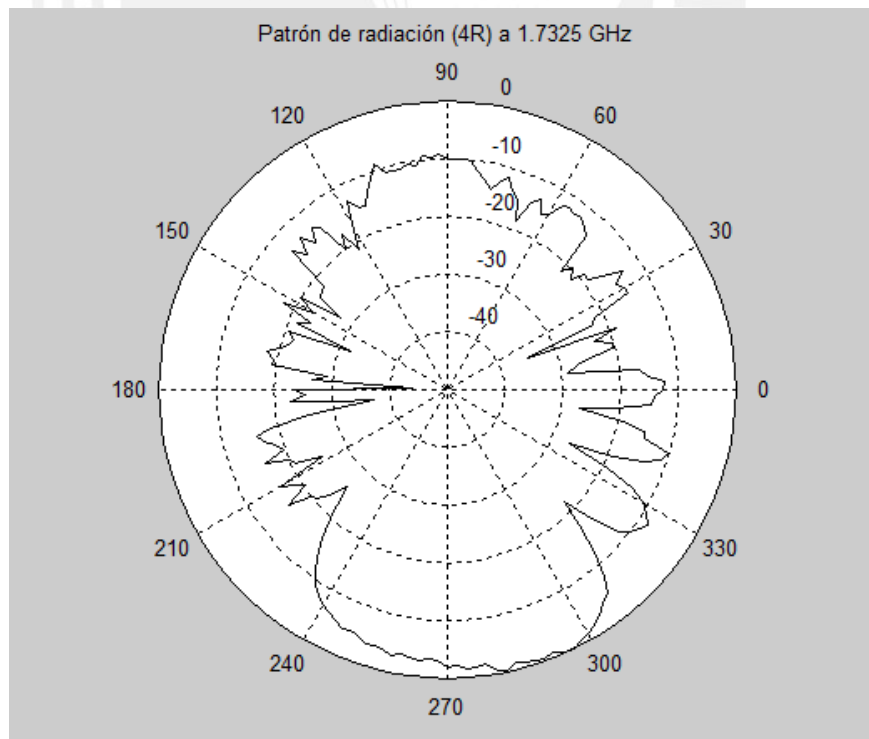


FIGURA 3-50: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4R) DEL PUERTO 7 A 1.7325 GHz

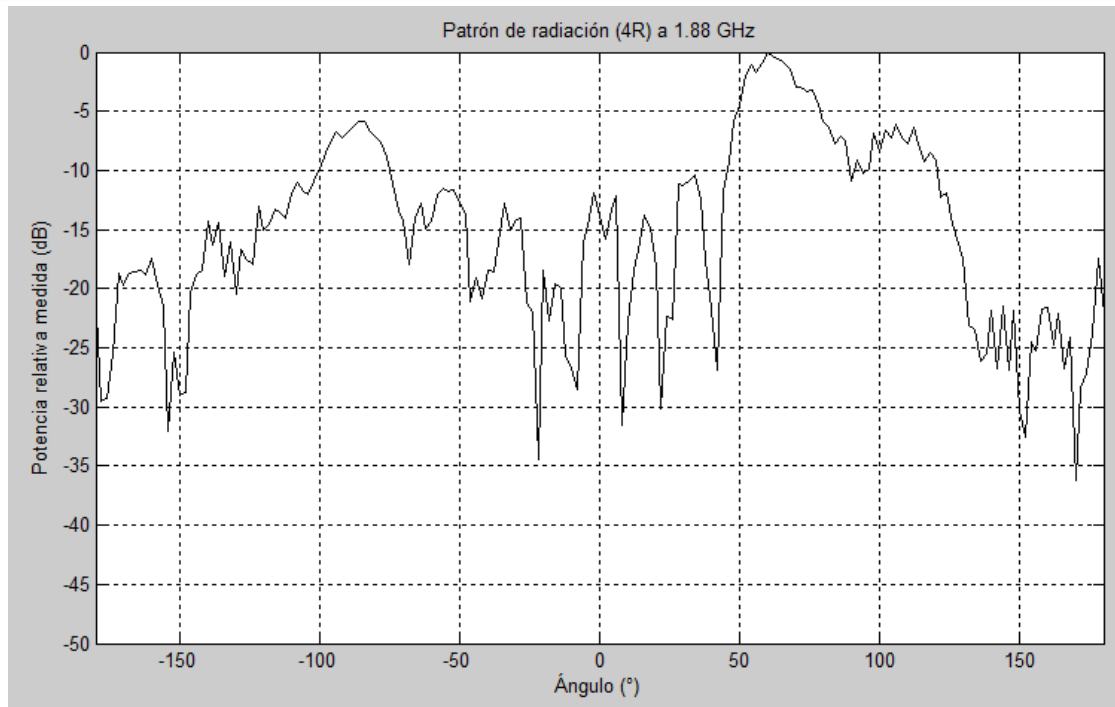


FIGURA 3-51: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4R) DEL PUERTO 7 A 1.88 GHz

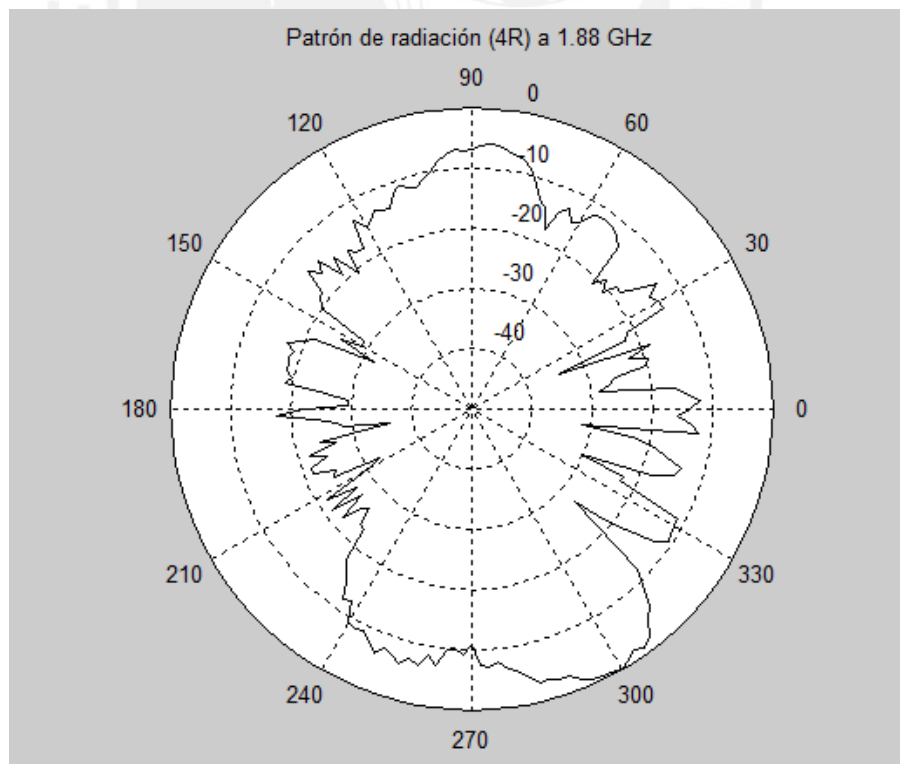


FIGURA 3-52: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4R) DEL PUERTO 7 A 1.88 GHz

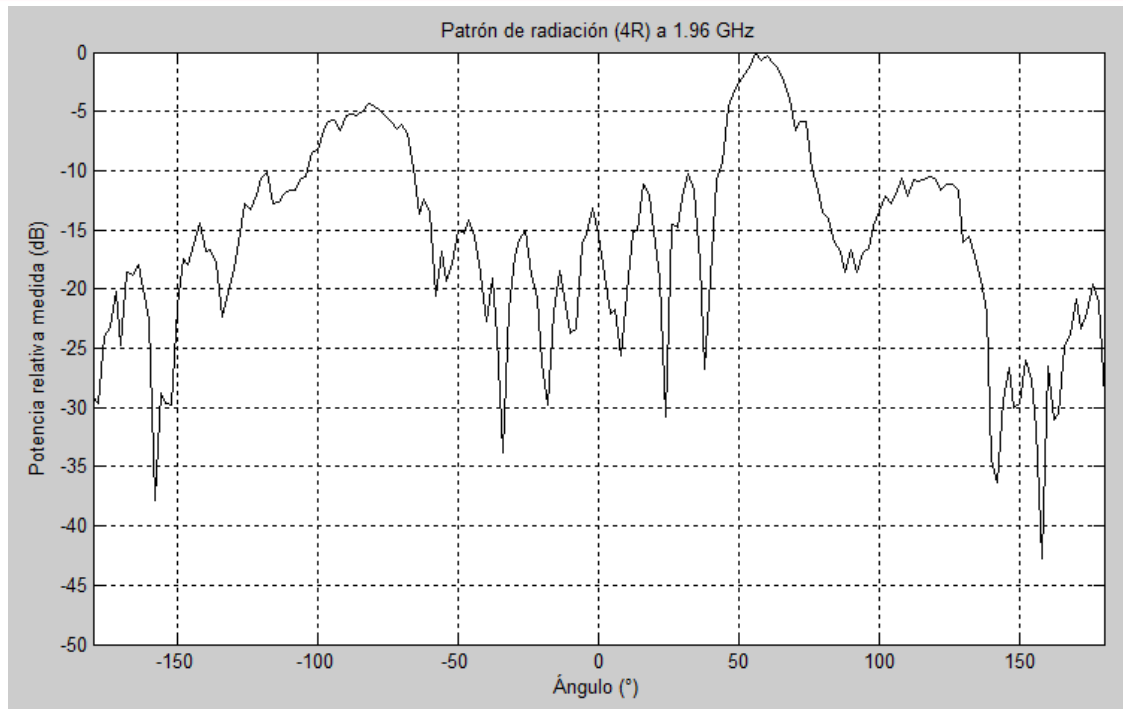


FIGURA 3-53: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4R) DEL PUERTO 7 A 1.96 GHz

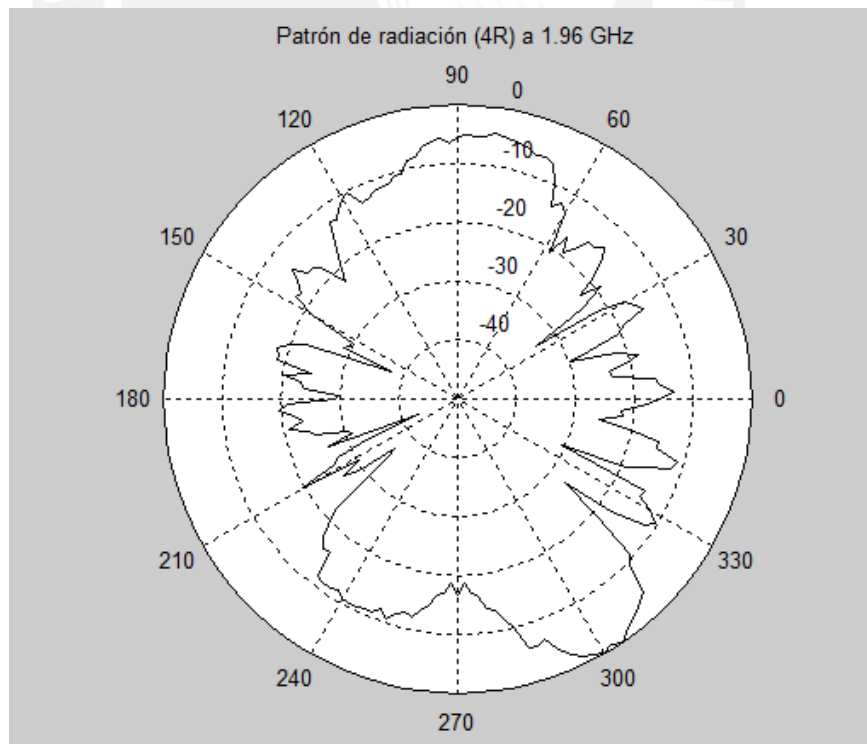


FIGURA 3-54: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4R) DEL PUERTO 7 A 1.96 GHz

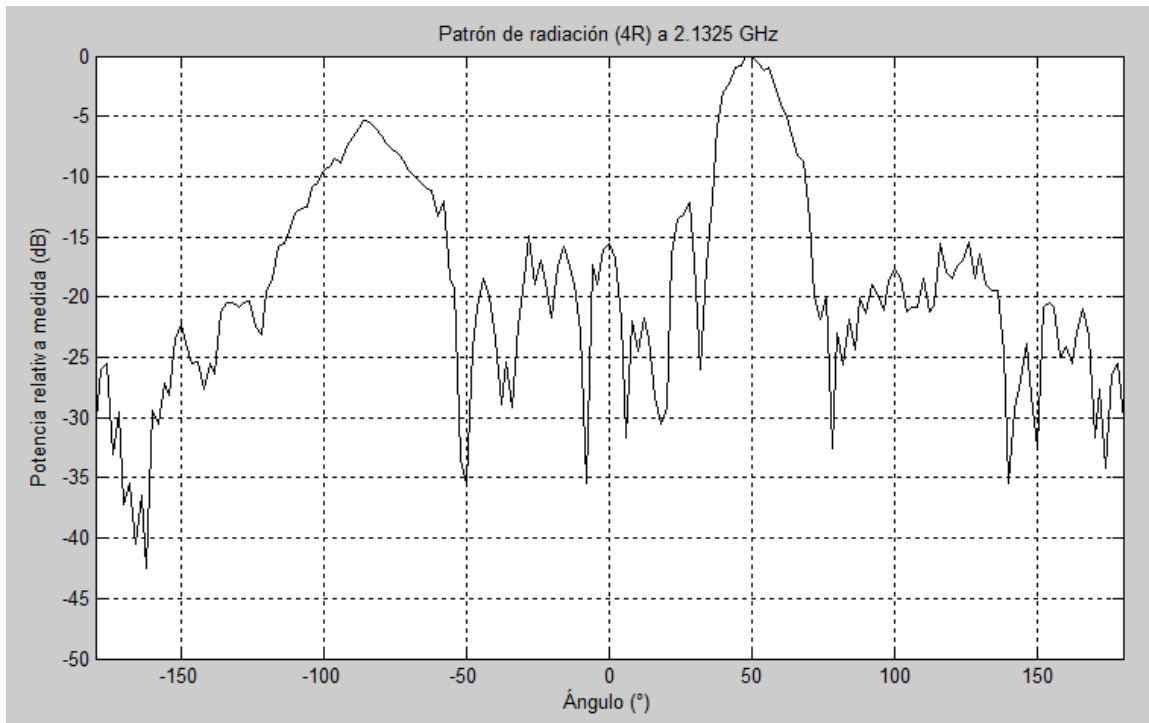


FIGURA 3-55: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4R) DEL PUERTO 7 A 2.1325 GHz

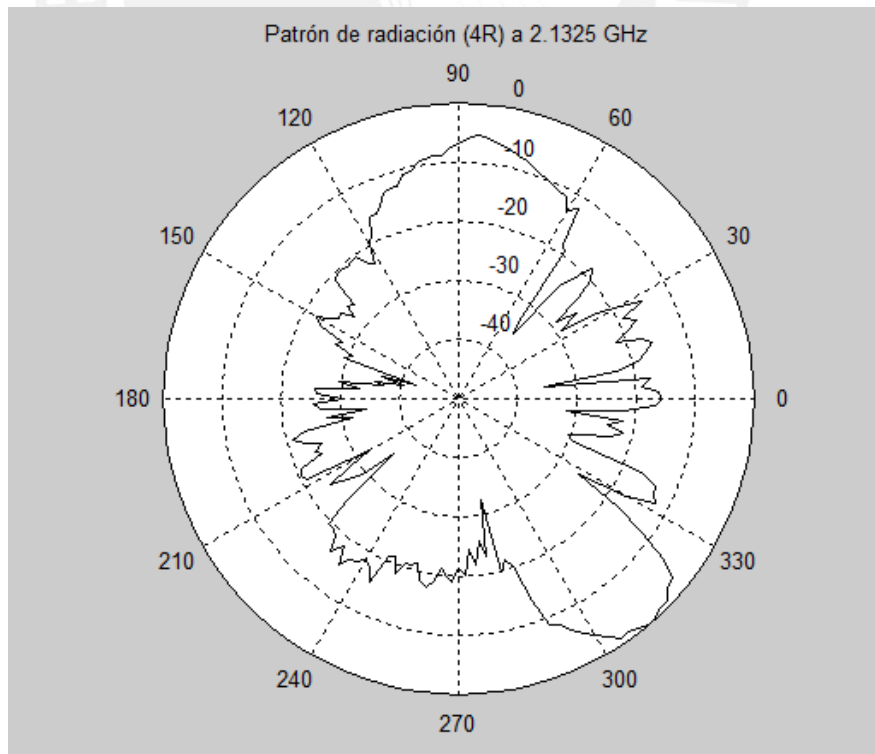


FIGURA 3-56: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (4R) DEL PUERTO 7 A 2.1325 GHz

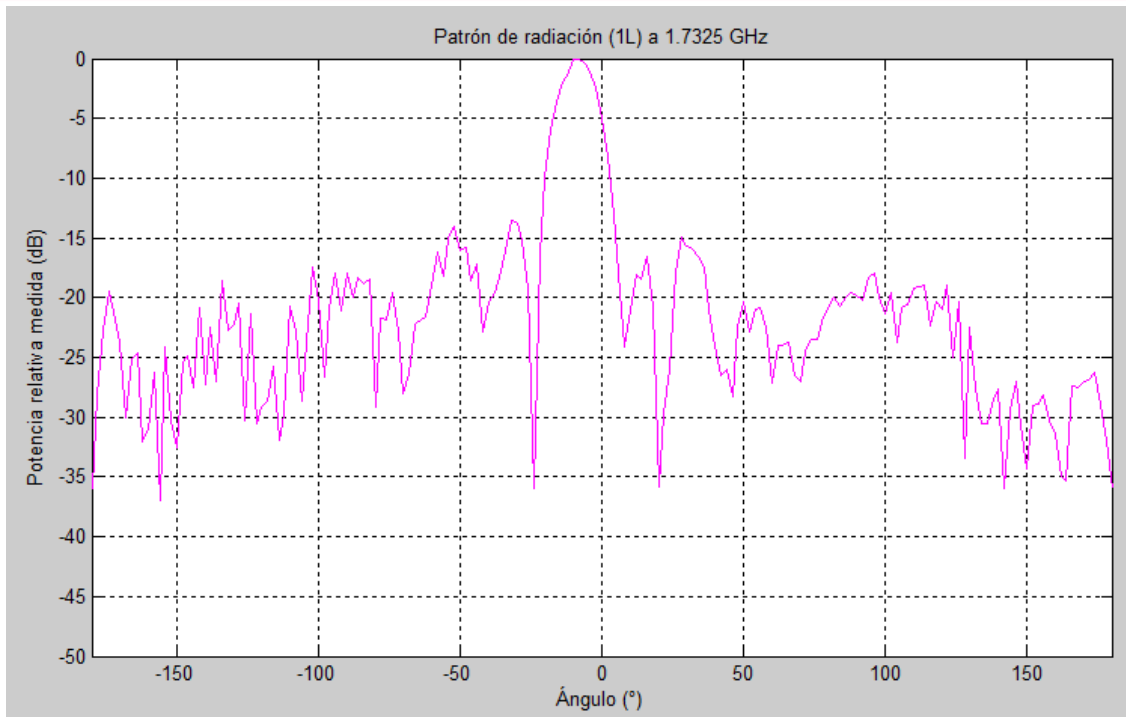


FIGURA 3-57: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1L) DEL PUERTO 8 A 1.7325 GHz

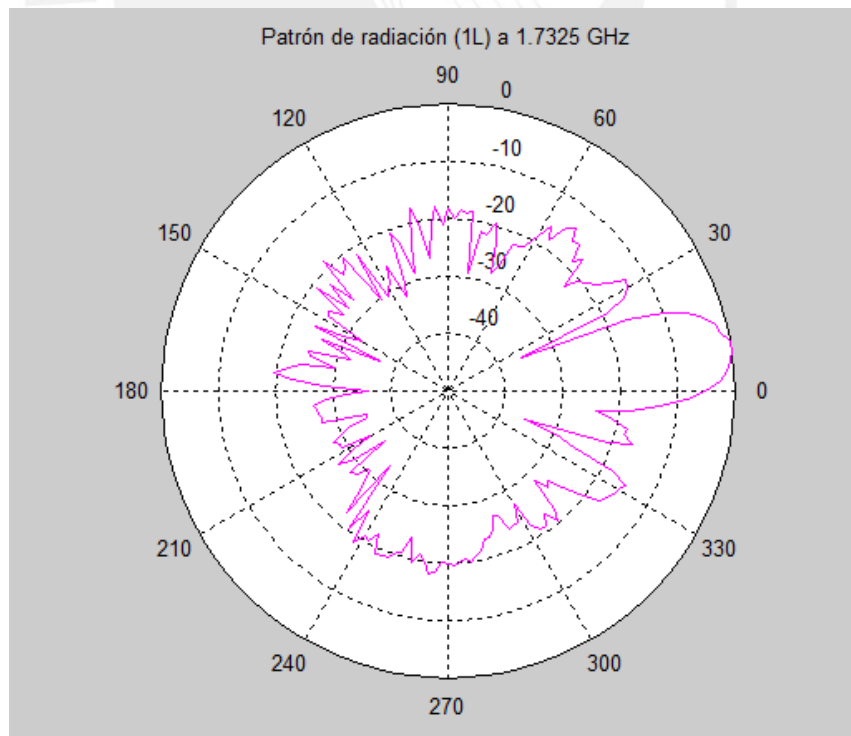


FIGURA 3-58: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1L) DEL PUERTO 8 A 1.7325 GHz

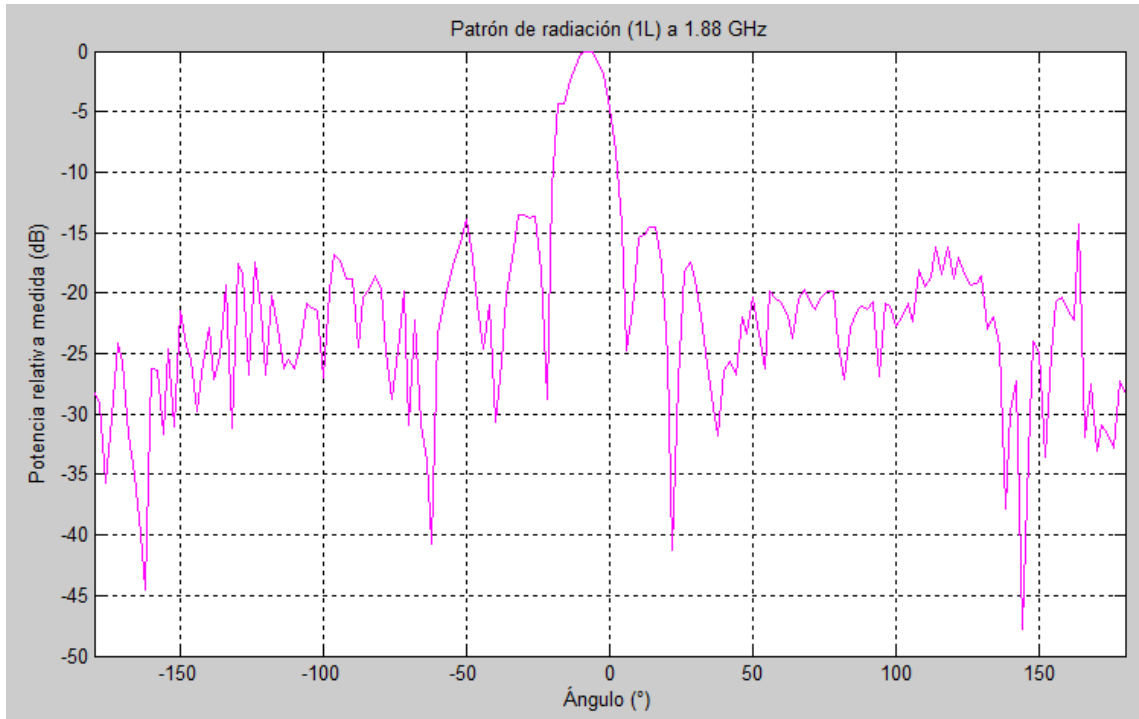


FIGURA 3-59: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1L) DEL PUERTO 8 A 1.88 GHz

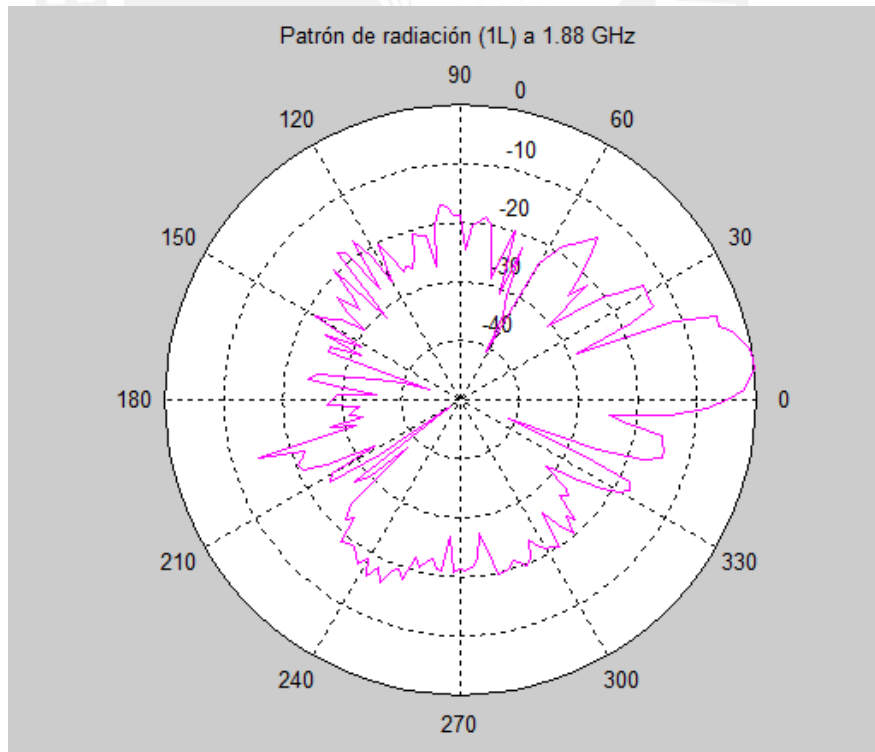


FIGURA 3-60: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1L) DEL PUERTO 8 A 1.88 GHz

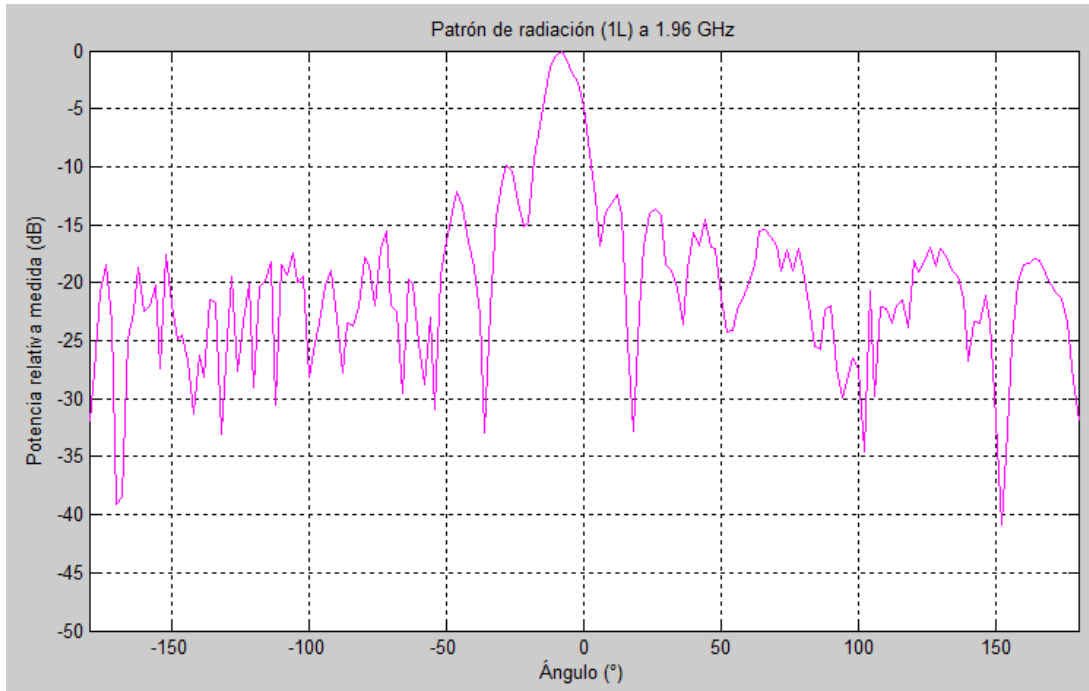


FIGURA 3-61: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1L) DEL PUERTO 8 A 1.96 GHz

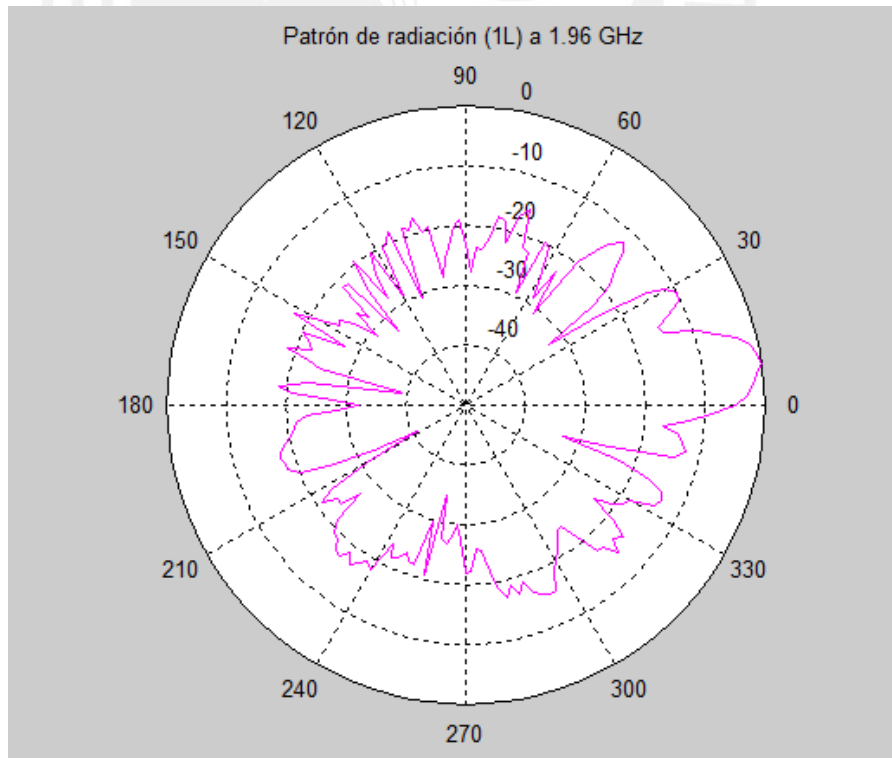


FIGURA 3-62: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1L) DEL PUERTO 8 A 1.96 GHz

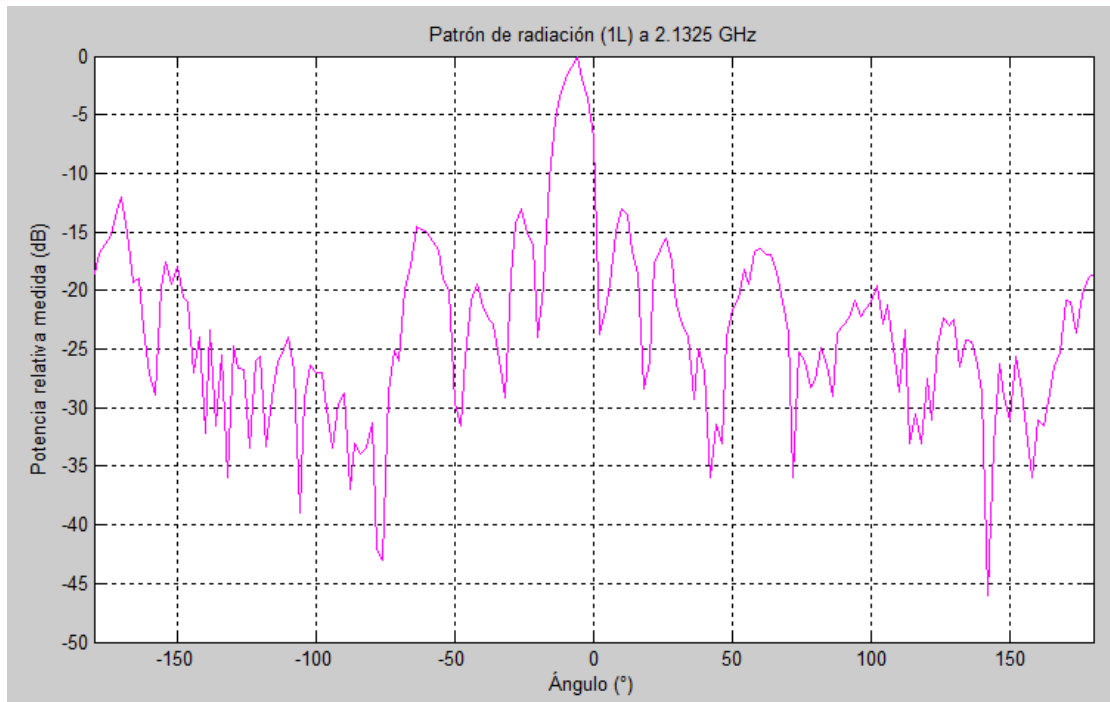


FIGURA 3-63: GRÁFICA RECTANGULAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1L) DEL PUERTO 8 A 2.1325 GHz

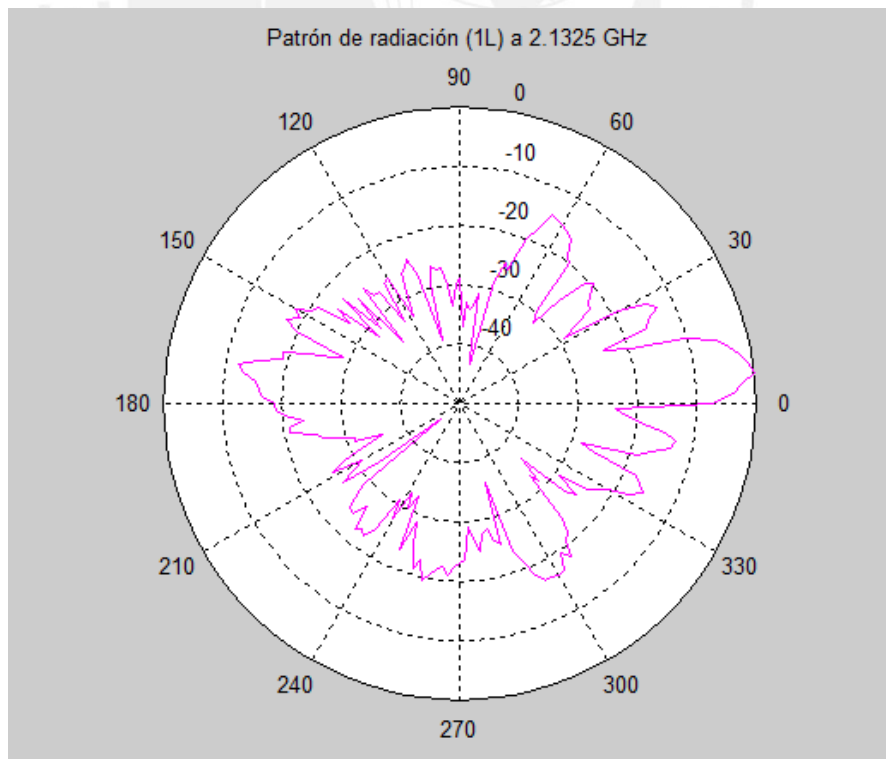


FIGURA 3-64: GRÁFICA POLAR DEL PATRÓN DE RADIACIÓN (1L) DEL PUERTO 8 A 2.1325 GHz

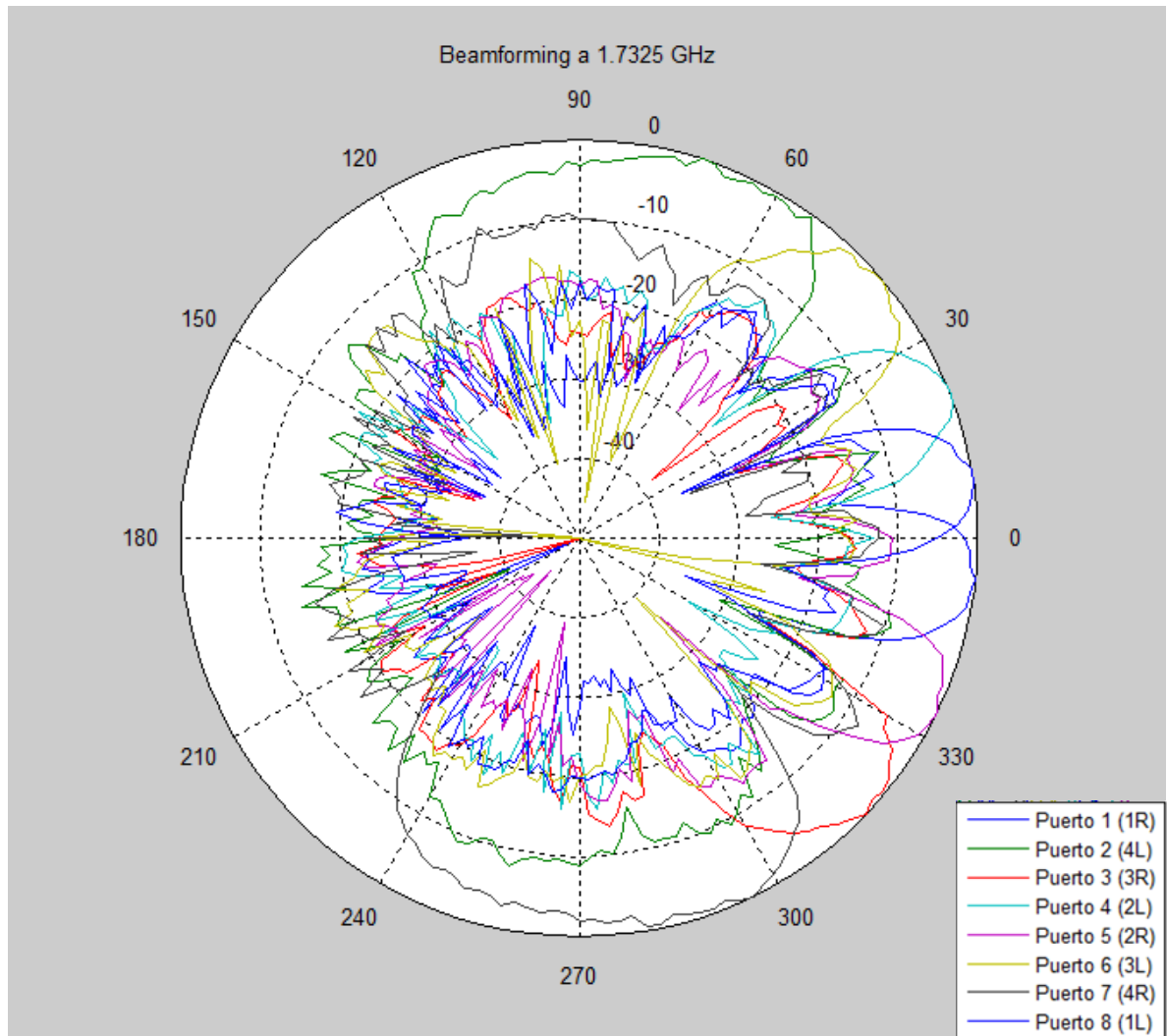


FIGURA 3-65: GRÁFICA POLAR DE LOS OCHO PATRONES DE RADIACIÓN GENERADOS POR CADA UNO DE LOS OCHOS PUERTOS DEL SISTEMA DE BEAMFORMING MEDIDOS A 1.7325 GHz

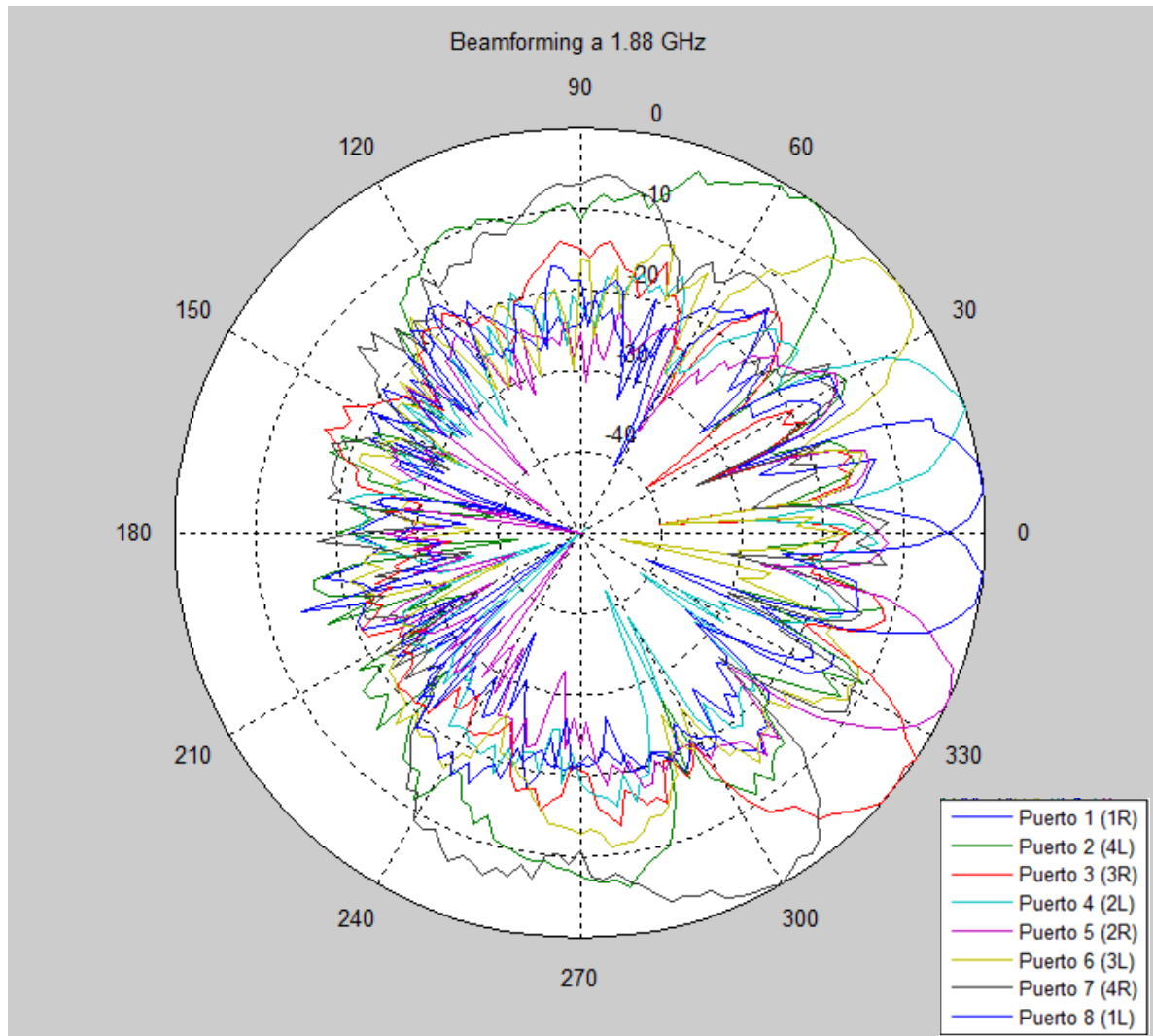


FIGURA 3-65: GRÁFICA POLAR DE LOS OCHO PATRONES DE RADIACIÓN GENERADOS POR CADA UNO DE LOS OCHOS PUERTOS DEL SISTEMA DE BEAMFORMING MEDIDOS A 1.88 GHz

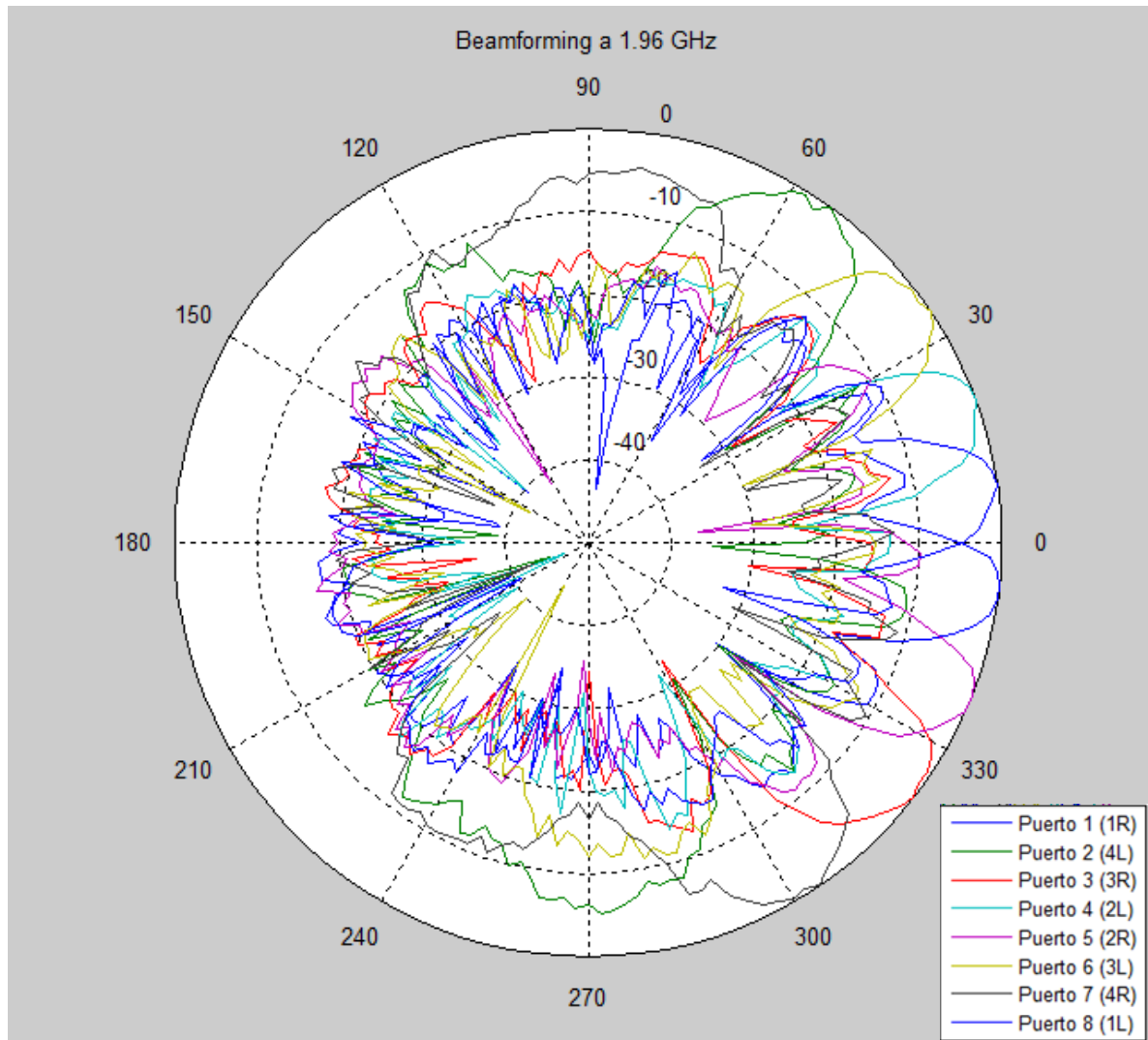


FIGURA 3-67: GRÁFICA POLAR DE LOS OCHO PATRONES DE RADIACIÓN GENERADOS POR CADA UNO DE LOS OCHOS PUERTOS DEL SISTEMA DE BEAMFORMING MEDIDOS A 1.96 GHz

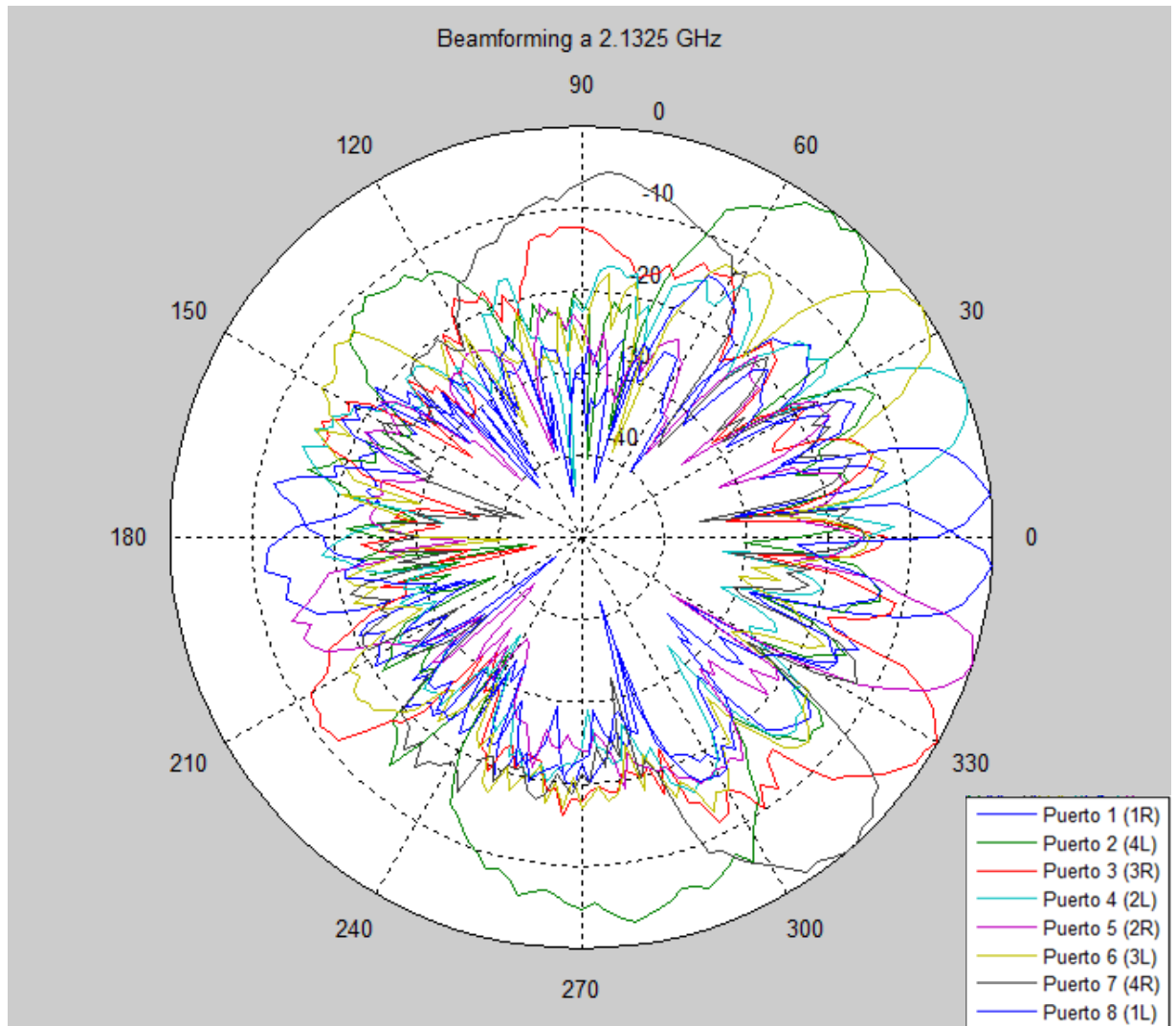


FIGURA 3-68: GRÁFICA POLAR DE LOS OCHO PATRONES DE RADIACIÓN GENERADOS POR CADA UNO DE LOS OCHOS PUERTOS DEL SISTEMA DE BEAMFORMING MEDIDOS A 2.1325 GHz