

# Equipos y Subsistemas de Comunicaciones


## Práctica 1. Divisores de Potencia

### Introducción

El entorno de simulación que se va a utilizar durante todas las prácticas correspondientes a la parte de microondas será el Microwave Office (MWO) de AWR. El objetivo de esta primera práctica es doble, por un lado recordar o iniciarse en el uso del MWO y por otro hacer uso de mismo para la caracterización y simulación de divisores de potencia.

### Especificaciones de un divisor de potencia

En primer lugar se evaluarán las características de divisores de potencia comerciales. Se han escogido divisores de la marca *Marki Microwave*, por disponer en su página web (<http://www.markimicrowave.com>) tanto información de las especificaciones de sus productos como incluso los ficheros Touchstone (\*.snp) con los parámetros S medidos de cada uno de ellos. El catálogo de este fabricante oferta cinco grupos de divisores, figura 1.



All Power Dividers

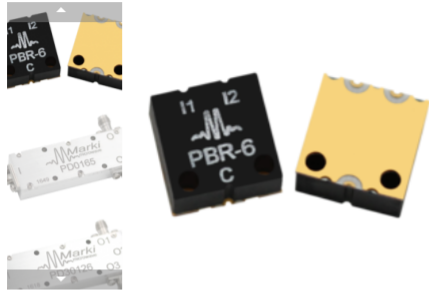
High Directivity

Wilkinson 1:2

Wilkinson 1:3

Wilkinson 1:4

Resistive 1:2



### Power Divider Features

- Power dividers can be used as combiners or splitters
- Wilkinson and High isolation power dividers offer high isolation, blocking signal cross-talk between output ports
- Low insertion and return loss
- Wilkinson and resistive power dividers offer excellent (<0.5dB) amplitude and (<3°) phase balance
- Can be used as combiners or splitters

[Learn More About Power Dividers](#)

As the name implies, an RF/microwave power divider will split an input signal into two equal and identical (i.e. in-phase) signals. It can also be used as a power combiner, where the common port is the output and the two equal power ports are used as the inputs. Important specifications when used as a power divider include the insertion loss, amplitude and phase balance between the arms, and return losses. For power combining of uncorrelated signals, the most important specification is the isolation, which is the insertion loss from one equal power port to the other.

■ Surface Mounts

■ Bare Die

■ Modules

■ RoHS Compliant

■ In Stock

■ New Products

**Figura 1.** Grupos de divisores de la marca Marki Microwave

De cada uno de estos cinco grupos se escogerá uno que cubra la frecuencia de 5.8 GHz y que esté conectorizado.

Divisor resistivo

El fabricante escogido, dentro de este grupo de divisores resistivos oferta cinco modelos, figura 2.

Resistive 1:2													
Model	Datasheet	Price	Stock	Frequency Band [GHz]		Insertion Loss [dB]	Amplitude Balance [dB]	Phase Balance [Degrees]	S-Parameters	Surface Mount	Bare Die	Module	RoHS
				Low	High								
PD-0010		\$275.00	✓	DC	10	0.25	±0.1	±1	PD-0010	N	N	Y	N
PD-0020		\$350.00	0	DC	20	0.5	±0.2	±2	PD-0020	N	N	Y	N
PD-0030		\$450.00	✓	DC	30	0.5	±0.25	±2	PD-0030	N	N	Y	N
PD-0030SMG		\$60.00	0	DC	30	1.0	±0.25	±3	PD-0030SM	Y	N	N	Y
PD-0040		\$495.00	0	DC	40	0.75	±0.25	±2	PD-0040	N	N	Y	N

**Figura 2.** Modelos de divisores resistivos de la marca Marki Microwave

La diferencia entre ellos está en la banda de frecuencia y en si están conectorizados o son para montaje superficial. Solo el modelo PD-0030SMG sería para montaje superficial y el resto están conectorizados. Se escogerá el modelo PD-0010 para evaluar sus especificaciones, por ser suficiente para cubrir los 5.8 GHz. Los detalles de las especificaciones de este divisor se recogen en la figura 3.

**RESISTIVE POWER DIVIDER**

PD-0010

WW\_Grc

**Features**

- DC to 10 GHz In-phase Power Splitting
- 0.25 dB Typical Insertion Loss
- Outstanding Phase and Amplitude Balance
- [Microwave Power Dividers & Couplers App Note](#)

**Electrical Specifications** – Specifications guaranteed from -55 to +100°C, measured in a 50Ω system.

Parameter	Frequency Range	Min	Typ	Max
Nominal Power Splitting (dB)	DC to 10 GHz		6	
Excess Insertion Loss (dB) <sup>1</sup>			0.25	1
Nominal Phase Shift (Degrees)			0	
Amplitude Balance (dB)			±0.1	±0.5
Phase Balance (Degrees)			±1	±5
VSWR			1.2	1.45
Input Power (Watt)				1
Weight (g)			10.5	

<sup>1</sup>Excess Insertion Loss = (Common Port to Output Port Insertion Loss) – 6 dB.

**Figura 3.** Divisor resistivo PD-0010

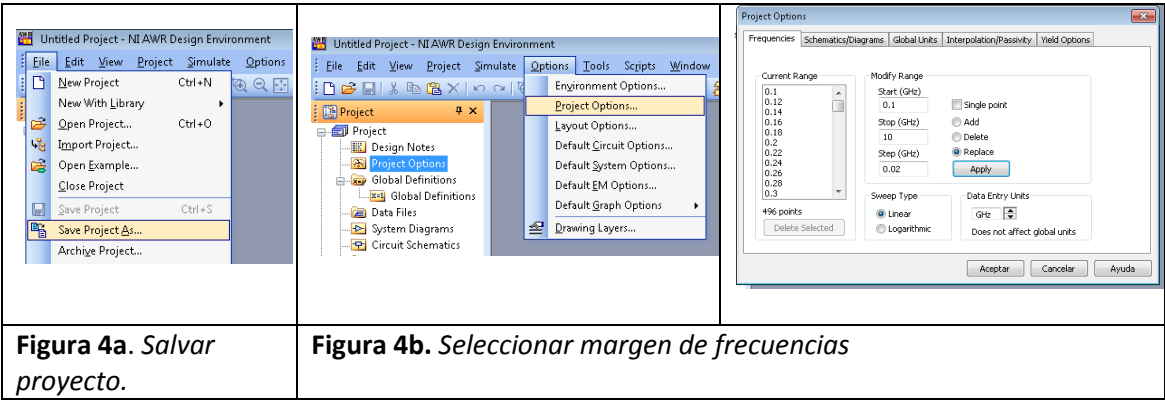
A continuación se procederá a comprobar las especificaciones del divisor haciendo uso del MWO y del fichero con las medidas del divisor que suministra el fabricante (PD-0010.s3p). Es decir habrá que rellenar la tabla siguiente, donde los datos de las especificaciones se obtienen de los valores máximos del datasheet y las medidas de los ficheros \*.snp suministrado:

PD-0010 (DC a 10 GHz)	Pérdidas Inserción (dB)	Desbalance amplitud (dB)	Desbalance fase (°)	ROE in	ROEout	Desacoplo salidas (dB)
Especificaciones	7	+0.5	+5	1.45	1.45	
Medidas	5.88	+0.05282	+0.286	1.17	1.22	-6.004

**Tabla 1. Resultados especificaciones y medidas divisor PD-0010**

Para este primer caso se detallan los pasos a seguir, y que posteriormente habrá que repetir para el resto de divisores propuestos. Los pasos serán los siguientes:

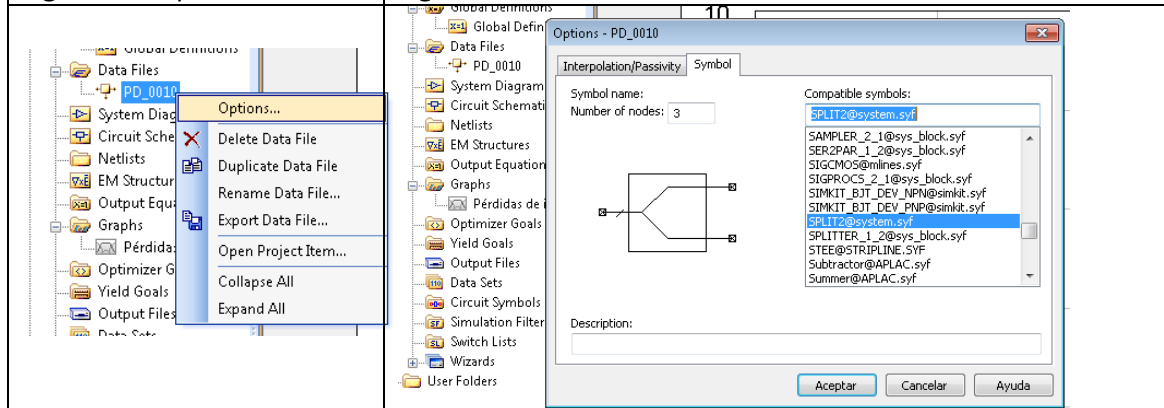
1. Ejecutar MWO
2. Salvar proyecto MWO con un nombre, p.e. Practica01\_ESC (figura 4a)
3. Seleccionar margen de frecuencias (figura 4b)



4. Importar fichero PD-0010.s3p (figura 5a). Se puede visualizar el fichero con los datos figura 5b) y observar que se trata de un fichero ascii, donde las líneas que empiezan con ! corresponden a comentarios y la línea que empieza con # contiene la información del formato de los datos. En concreto es este caso es # GHz S DB R 50 que significa que las frecuencias están dadas en GHz, que se dan los parámetros S en dB y que están referidos a una impedancia de 50 Ohm. Se le puede asignar un símbolo diferente al que tiene asignado por defecto. Por ejemplo, al ser un divisor de potencia, se le podría asignar el símbolo [SPLIT2@symbol.syf](#), figuras 5c y d.

The left screenshot shows the 'Project' menu with 'Import Data File...' highlighted. The right screenshot shows the 'PD\_0010 (Touchstone)' file open, displaying S-parameter data for a 3-port S-parameter data for Power Divider PD-0010.

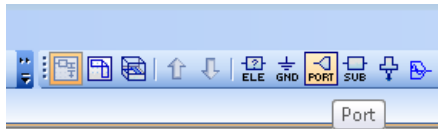
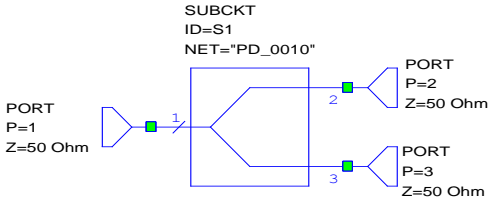
**Figura 5b. Fichero con datos**



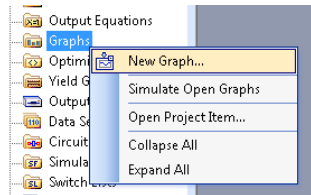
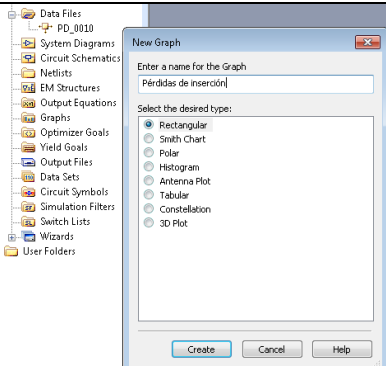
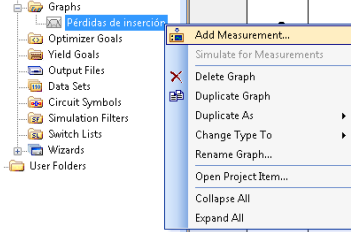
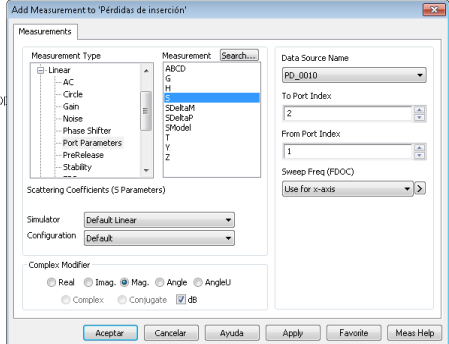
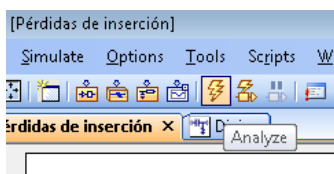
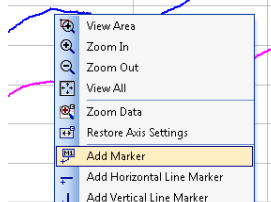
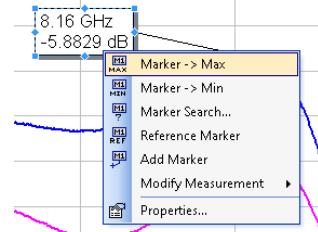
**Figura 5d. Seleccionar símbolo fichero datos.**

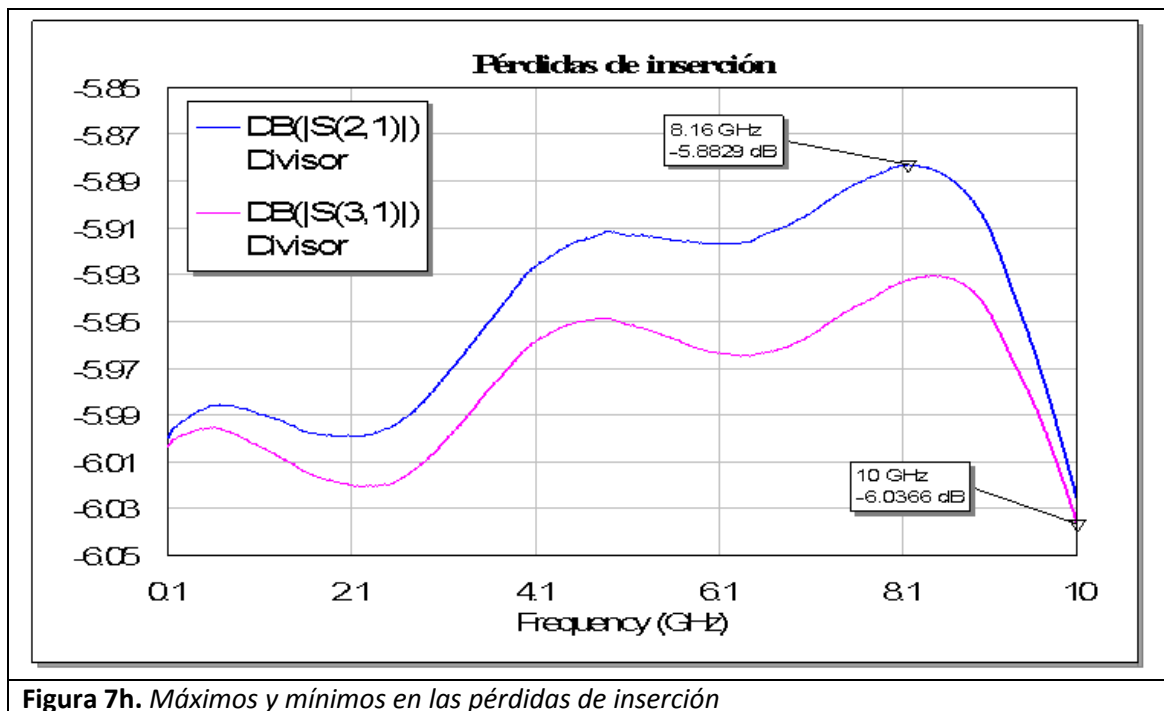
**Figura 6a. Crear un nuevo esquemático**

**Figura 6b. Añadir divisor PD 0010 al esquemático**

	
<b>Figura 6c. Añadir puertos al esquemático</b>	<b>Figura 6d. Esquemático con divisor y puertos</b>

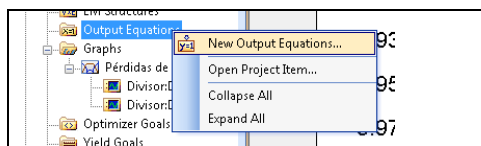
7. A continuación se evaluarán las pérdidas de inserción, para ello se creará una gráfica en formato rectangular, figuras 7a y b. Se añadirán las medidas de los parámetros  $S_{21}$  y  $S_{31}$ , figuras 7c y d. Añadiendo markers se buscarán los valores máximo y mínimo de estos parámetros  $S$ , y se anotarán y se compararán con las especificaciones, figuras 7e, f, g y h.

		
<b>Figura 7a. Crea una nueva gráfica</b>	<b>Figura 7b. Escoge formato rectangular para la gráfica.</b>	
		
<b>Figura 7c. Añade medida en la gráfica</b>	<b>Figura 7d. Selecciona como medida Linear-&gt;Port Parameters-&gt;<math>S_{21}</math> en Mag y dB.</b>	
		
<b>Figura 7e. Ejecutar simulación</b>	<b>Figura 7f. Añadir marker</b>	<b>Figura 7g. Búsqueda valores máximo y mínimo de las pérdidas de inserción.</b>

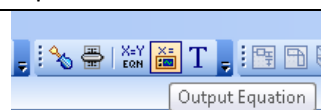


**Figura 7h.** Máximos y mínimos en las pérdidas de inserción

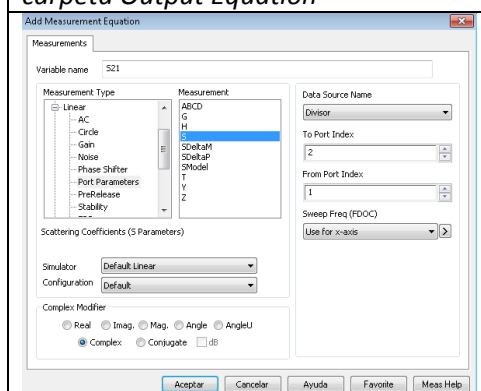
8. El siguiente parámetro a evaluar será el desbalance entre los parámetros  $S_{21}$  y  $S_{31}$ . Para ello puede ser útil crear unas variables en la carpeta Output, figuras 8a, b, c y d. Se crearán primero las variables  $S_{21}$  y  $S_{31}$  con los datos del esquemático creado (Draw->Add Output Equation), y luego otra variable que sea el cociente de  $S_{21}$  y  $S_{31}$  (Draw->Add Equation), figura 8d. Se creará una nueva gráfica rectangular y se le asignará la medida de la variable  $S_{21\_S31}$  en dB, figura 9b. Añadiendo un marker y buscando el máximo anotaremos el valor de este desequilibrio.



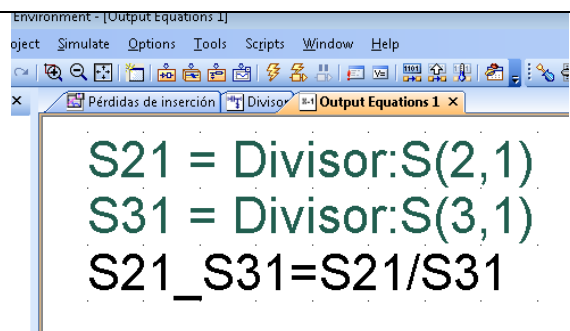
**Figura 8a.** Creación de una nueva carpeta Output Equation



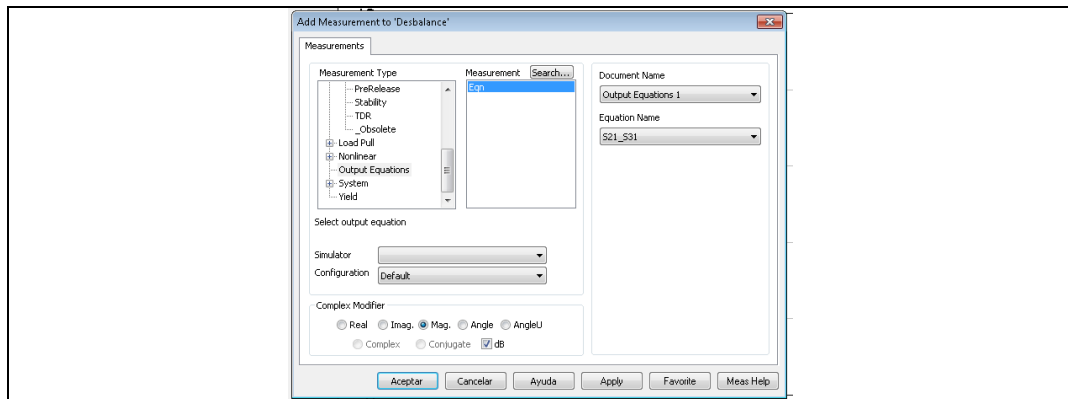
**Figura 8b.** Añadir una Output Equation



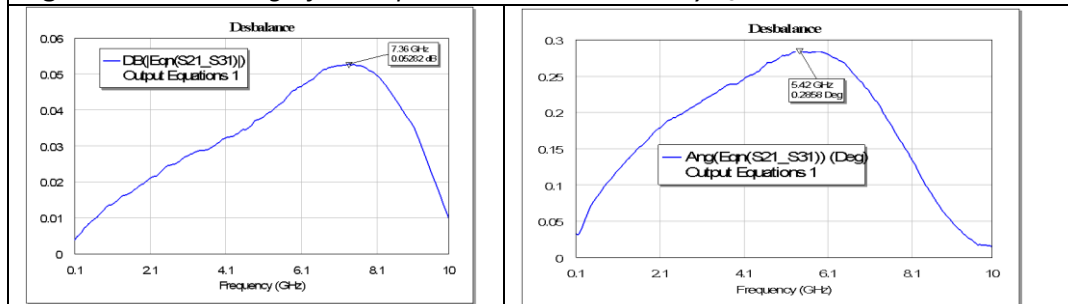
**Figura 8c.** Definición de la Output Equation



**Figura 8d.** Ecuaciones en la carpeta Output Equation con el cociente entre los parámetros  $S_{21}$  y  $S_{31}$



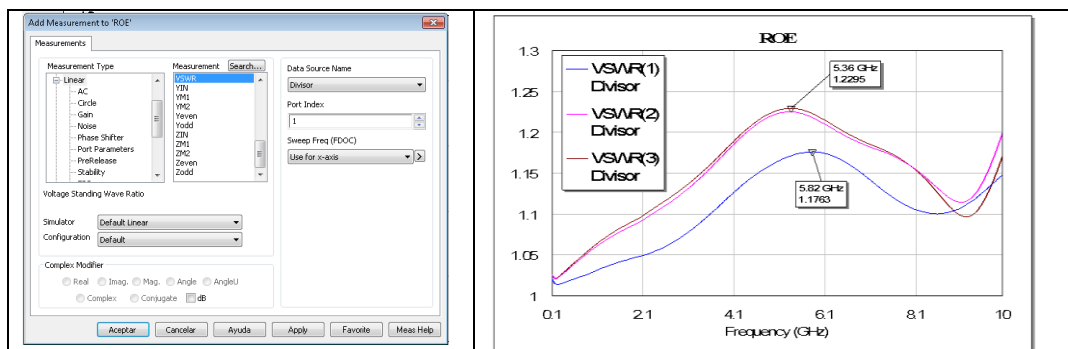
**Figura 9a.** Añadir en gráfica amplitud del cociente de  $S_{21}$  y  $S_{31}$  en dB.



**Figura 9b.** Desbalance máximo de amplitud entre los parámetros  $S_{21}$  y  $S_{31}$ .

**Figura 9c.** Desbalance máximo de fase entre los parámetros  $S_{21}$  y  $S_{31}$ .

9. Para evaluar en desequilibrio de fase podemos seleccionar la fase (angle) en vez de el módulo (Mag) en la gráfica seleccionada anteriormente. Y de nuevo añadir un marker y buscar el máximo, figura 9c, anotando su valor en la tabla.
10. A continuación se evaluarán el ROE tanto para las entradas como para las salidas. Para ello se creará una nueva gráfica y se seleccionará como medida Linear->VSWR, figuras 10a y 10b. Se anotarán sus valores máximos, tanto para la entrada como para las salidas.



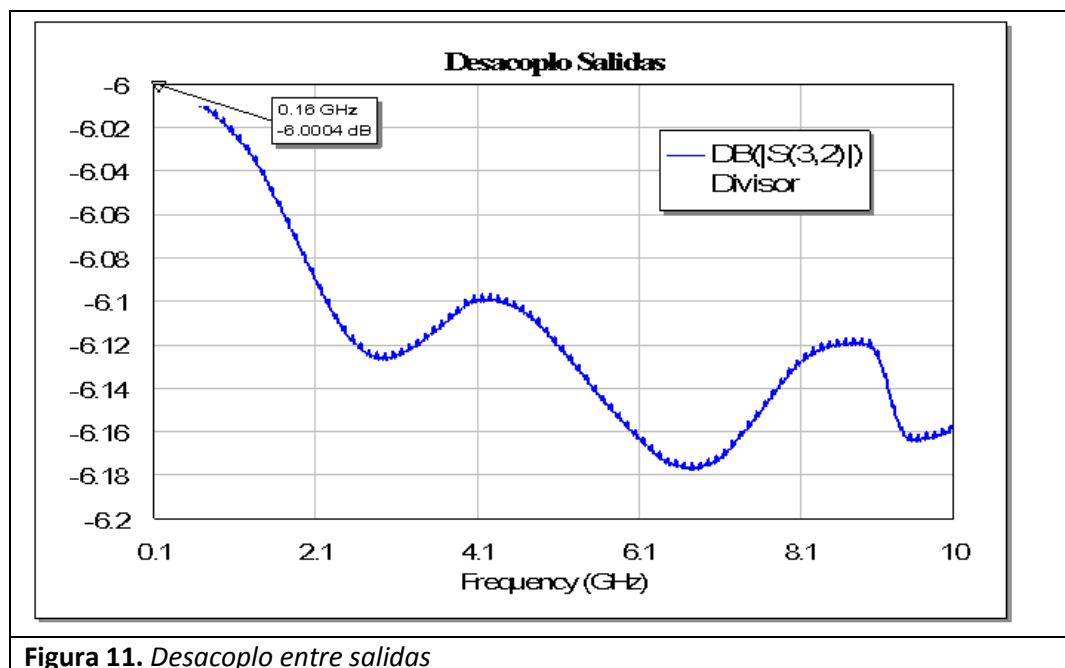
**Figura 10a.** Creación de la medida del ROE.

**Figura 10b.** Evaluación ROEs máximos.

11. Por último se evaluará el desacoplo entre salidas, que el fabricante no da por ser un divisor resistivo que no presenta buen nivel de desacoplo entre salidas. Para su evaluación se representará el parámetro  $S_{32}$  en dB y se buscará con un marker el valor



máximo, figura 11 (que al ser negativo significará el nivel peor de desacoplo entre salidas, y anotaremos su valor en la tabla).



**Figura 11.** Desacoplo entre salidas

Repetir este proceso para los divisores PBR-0006, PD-OR510, PD3-OR412 y PD4-OR518, y rellenar las siguientes tablas (téngase presente pada cada caso el margen de frecuencias de las especificaciones):

### Combinador High Directivity

Este es en realidad un combinador, aunque aquí lo utilizaremos como divisor. Observar en el datasheet la disposición de los accesos. El desacoplo de salidas es tan alto porque es de alto aislamiento

PBR-0006 (300 KHz a 6 GHz)	Pérdidas Inserción (dB)	Desbalance amplitud (dB)	Desbalance fase (°)	ROE in	ROEout	Desacoplo salidas (dB)
Especificaciones	9	+/-1.2		1.5	1.8	
Medidas	6.7	+/-0.71	180	1.54	1.2	-40.94

**Tabla 2.** Resultados especificaciones y medidas divisor PBR-0006

### Divisor Wilkinson de 1:2

PD-OR510 (0.5 a 10 GHz)	Pérdidas Inserción (dB)	Desbalance amplitud (dB)	Desbalance fase (°)	ROE in	ROEout	Desacoplo salidas (dB)
Especificaciones	4.8	+/-0.5	+/-5	1.5	1.5	
Medidas	3.3	+/-0.07	+/-0.2	1.75	1.5	-10.98

**Tabla 3.** Resultados especificaciones y medidas divisor PD-OR510

Entre 0.5 y 1 y entre 9 y 10 => 1.6  
 Cuando hay picos raros los obviemos

### Divisor Wilkinson de 1:3

PD3-OR412 (0.4 a 12 GHz)	Pérdidas Inserción (dB)	Desbalance amplitud (dB)	Desbalance fase (°)	ROE in	ROEout	Desacoplo salidas (dB)
Especificaciones	7.77	+0.5	+10	1.55	1.55	
Medidas	5.009	+0.2723	+3.8	1.844	1.37	-14.58

**Tabla 4.** Resultados especificaciones y medidas divisor PD3-OR412

### Divisor Wilkinson de 1:4

PD4-OR518 (0.5 a 18 GHz)	Pérdidas Inserción (dB)	Desbalance amplitud (dB)	Desbalance fase (°)	ROE in	ROEout	Desacoplo salidas (dB)
Especificaciones	7.5	+0.75	+10	1.6	1.6	
Medidas	6.24	+0.16		1.5	1.31	-10.19

**Tabla 5.** Resultados especificaciones y medidas divisor PD4-OR518

### Preguntas

1. ¿Ha observado diferencias entre los valores típicos que suministra el fabricante con respecto a las medidas obtenidas en MWO?
2. ¿Ha observado diferencias entre los valores máximos que suministra el fabricante con respecto a las medidas obtenidas en MWO?
3. De los divisores analizados ¿Cuál es el que presenta peor aislamiento? ¿Y mejor aislamiento? El que tiene mejor aislamiento es el High Directivity y el peor el primero.
4. ¿Alguno de los divisores analizados presenta un desbalance de fase singular?

Sí, el PD4-OR518 al realizar la medida posiblemente hubo una modificación al realizar el muestreo y se produjo un desfase