



Producto: Analizador de Espectro Portátil R&S FSH

# Medidas en Sistemas de Antenas de Radio Móvil con el R&S<sup>®</sup> FSH

## Nota de Aplicación

Esta nota de aplicación describe los procedimientos usados para medir sistemas de antenas para estaciones base de radio móvil usando el Analizador de Espectro Portátil R&S FSH.



## Indice

1	Descripción .....	3
2	Estructura de una Antena .....	3
3	Métodos de Medida para un Sistema de Antenas.....	5
4	Medida en Sistemas de Antenas .....	6
	Medidas de Adaptación .....	6
	Medida de Adaptación de Sistemas de Antenas.....	6
	Medida de Adaptación en Sistemas de Antenas con Amplificador montado en la torre (TMA).....	6
	Características especiales del R&S FSH .....	8
	Medida de Adaptación en Carta de Smith.....	8
	Errores en la Medida de Adaptación .....	8
	Medidas de Discontinuidad.....	10
	Introducción a las medidas DTF y Discontinuidad .....	10
	Medida de discontinuidad en Sistemas de Antenas.....	13
	Medida de discontinuidad en Sistemas de Antenas con Amplificador montado en la torre (TMA).....	14
	Medida de discontinuidad tras el TMA (3G).....	14
	Análisis de la formación de un frente de onda de una antena múltiple.....	17
	Características especiales del R&S FSH .....	18
	Medida de la Función de Transferencia de elementos activos.....	18
	Medidas en Sistema de Antenas influenciados por RF .....	18
	Medidas de Desacoplo .....	21
	Medidas de desacoplo en Sistema de Antenas .....	21
	Medida de desacoplo en Sistemas de Antenas con Amplificador montados en la torre (TMA).....	22
	Medida de la ganancia del TMA .....	23
	Medida de ganancia del sistema completo .....	23
	Medida del TMA antes de la instalación en el Sistema.....	24
5	Resumen de Procedimientos de Medida .....	25
	Sistemas de Antenas sin TMA.....	25
	Sistemas de Antenas con TMA .....	25
6	Ejemplos de Medida .....	26
	Rangos de frecuencia .....	26
	Sistema de antenas sin TMA .....	27
	Medidas de Adaptación .....	27
	Medidas DTF .....	28
	Medida de Desacoplo .....	29
	Sistemas de antenas con TMA.....	30
	Medidas de Adaptación .....	30
	Medidas DTF .....	31
	Medida de Desacoplo .....	32
	Medida de la Ganancia TMA .....	33
	Medida de la Ganancia del Sistema Completo .....	34
	Medida de la Ganancia TMA fuera del sistema .....	35
7	Información Adicional.....	36
	Nota acerca de Antenas defectuosas.....	36
	Asimetría del lóbulo direccional en frecuencia .....	36
8	Abreviaturas .....	37
9	Información Equipo .....	37

## 1 Descripción

Los principales componentes de una estación base de radio móvil son la infraestructura del emplazamiento y el sistema de antenas. Esto no significa que, factores como la tecnología del sistema, la parametrización o conexiones, no sean importantes en la calidad y disponibilidad de un emplazamiento de radio móvil. Es, sin embargo, la infraestructura y el sistema de antenas lo que requiere un mayor esfuerzo de modificar. Una estación base de GSM o un NodoB de UMTS defectuoso, podría ser reemplazado completamente si fuera necesario. En cambio, no es tan sencillo en caso de sustituir un sistema de antenas y su emplazamiento.

Con respecto al correcto funcionamiento de un sistema transmisor, las características de transmisión y recepción de una antena es el eslabón más débil en la cadena de un equipamiento que forma el interfaz técnico de la red móvil al usuario. Además, el sistema transmisor se ve fuertemente afectado por las condiciones temporales. Es necesario ser exigente con los materiales frente a descargas electrostáticas, así como a la nieve, la lluvia, y a variaciones drásticas de temperatura en un corto período de tiempo, ya que los escapes más diminutos pueden desbordarse y destruir cables, filtros, o amplificadores en muy poco tiempo. Las variaciones de temperatura requieren una conexión entre materiales extrema. Generalmente, cualquier fallo, al menos durante las etapas iniciales, no dispara una alarma de fallo automática y pueden, por tanto, permanecer sin ser detectados por los operadores de red durante un tiempo

Por estas razones, los sistemas de antenas requieren una consideración especial.

Las medidas comunes de adaptación pura realizadas anteriormente en sistemas de antenas han disminuido de importancia desde el descubrimiento e implementación de antenas con polarización cruzada. Este tipo de medidas no es suficiente para evaluar el sistema, son necesarias medidas de discontinuidad o desacoplo. Normalmente, en medidas sólo de adaptación no aparecen efectos sospechosos para antenas con polarización cruzada, a pesar de existir defectos significativos. Sólo una medida adicional y significativa del desacoplo de dos sistemas destapará los posibles defectos.

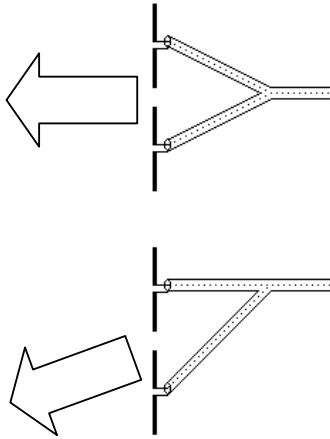
Esta nota de aplicación se dirige a las características básicas de antenas. Se describen las medidas específicas para sistemas de antenas y cómo interpretar estos resultados de medida.

## 2 Estructura de una Antena

Una antena es un elemento que adapta la energía electromagnética de la impedancia característica del espacio libre ( $377\Omega$ ) a la impedancia característica de un cable de antena (por ejemplo, cable coaxial con impedancia  $50\Omega$ ). Basándose en el descubrimiento de Marconi, que un emisor resonante sobre tierra con  $\frac{1}{4}$  de longitud onda de la frecuencia de transmisión o recepción puede trabar como una antena, un dipolo con dos emisores opuestos forma las bases de muchas antenas de radio móvil.

Para aplicaciones de radio móvil, el diámetro de los dipolos es bastante grande para incrementar el ancho de banda del dipolo típico de banda estrecha. Debido a que los dipolos individuales trabajan en sus frecuencias resonantes, la máxima tensión se forma en los extremos de los elementos con valores que pueden alcanzar varios miles de voltios. Se deben realizar

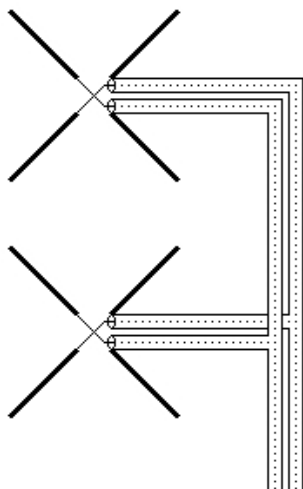
medidas rigurosas dentro del sistema para prevenir descargas o ionización del aire en los extremos del dipolo, ya que estos pueden dar lugar a productos de mezclado con la interferencia asociada, y por tanto perjudicar el camino de recepción.



Configuración dipolo recto e inclinado hacia abajo

Estas descargas se encuentran incluso en conexiones montadas de forma incorrecta y módulos de filtros antiguos, especialmente en 430MHz. Conexiones eléctricas montadas de forma incorrecta forman capacidades y conducen a descargas en los conectores debido a la potencia transmitida.

Una antena está formada generalmente por múltiples elementos de antena apilados (dipolos). Estos están conectados mediante líneas coaxiales. El espaciado de los dipolos se configura de modo que un campo electromagnético homogéneo forma en el campo lejano de la antena las características deseadas en cuanto a ganancia, inclinación y apertura. Una antena de este tipo se puede inclinar eléctricamente hacia abajo si los dipolos superiores transmiten un poco antes que los inferiores. "Eléctricamente" significa que los dipolos superiores deben transmitir durante una fase algo anterior que los dipolos inferiores.



Antena con polarización cruzada

Una antena con polarización cruzada consiste en dos sistemas de antenas separadas, orientadas 90° una de la otra. Esto significa que hay dos sistemas de antenas separados ubicados juntos que sustituyen a antenas físicamente separadas. La ganancia se asegura a través de los planos de polarización y es casi tan grande como la separación física de las antenas receptoras. Dependiendo del cableado, el downlink (DL) contiene varios canales o terminales radio (RT) en ambos planos de polarización, cuya influencia en el área de cobertura se puede detectar pero que generalmente es insignificante.

Una antena con polarización cruzada idealmente combina la necesidad de polarización vertical de redes de radio móvil con la propagación mejorada permitida mediante una onda polarizada horizontalmente.

### **3 Métodos de Medida para un Sistema de Antenas**

En un sistema de antenas se pueden realizar las siguientes medidas:

- Medida de pérdidas de retorno: Esta medida de adaptación de un sistema de antenas proporciona información de la condición básica del sistema. Si ya durante esta prueba se detectan problemas, se puede asumir con un alto grado de certeza que el sistema contiene fallos que afectarán al cliente.
- Medida de discontinuidad: La medida de discontinuidades en un sistema de antenas muestra cambios anormales en la impedancia característica así como la localización de esas discontinuidades en cables de alimentación y conexión y en los conectores del cable (clavijas y enchufes). Esta medida hace posible determinar el efecto de estas discontinuidades en el rango de frecuencias de funcionamiento de la antena y determinar las características de radiación de la propia antena.
- Medida de desacoplo: La medida de desacoplo determina el desacoplo eléctrico de dos sistemas de antenas en el área de cobertura. Este tipo de medida es necesario y útil para antenas con polarización cruzada.

Para detectar todas las posibles fuentes de error y almacenar los datos para un sistema específico de antenas, dicha medida se puede llevar a cabo como se describe a continuación:

- Medir las pérdidas de retorno (RL) y las discontinuidades (reflexión en el dominio del tiempo, TDR o reflexión en el dominio de la frecuencia, FDR) con una antena conectada (=medida del sistema completo). La medida TDR muestra discontinuidades en el cable y, si se lleva a cabo dentro del rango de frecuencias de funcionamiento de la antena, también muestra la formación del campo de antena.
- Medir las pérdidas de retorno (RL) y las discontinuidades (TDR,FDR) usando al final del cable un circuito abierto en lugar de una antena. Las pérdidas de retorno se pueden usar para determinar las pérdidas del cable, y la medida de discontinuidad muestra el final del cable.
- Medir las pérdidas de retorno (RL) y las discontinuidades (TDR,FDR) con un cable cerrado al final. Esta medida muestra discontinuidades, incluyendo aquellas que están cerca de la antena.
- Medir el desacoplo de ambos sistemas en una configuración con polarización cruzada. Esta medida muestra las características eléctricas de estas antenas mejor que una simple medida de pérdidas de retorno.

Las medidas del cable de alimentación con la antena desconectada son deseables en la teoría, pero raramente realizadas en la práctica. Una vez que las instalaciones se han entregado después de la finalización del trabajo de construcción, desconectar las líneas exteriores puede conllevar a una pérdida de garantía, dependiendo de los términos del contrato. Por esta razón, la compañía que establece el sistema de antenas debería al menos medir las pérdidas del cable (circuito abierto al final del cable de alimentación).

Acudir a la Sección 5 donde se detalla un resumen de las medidas y pruebas de evaluación y aceptación.

## **4 Medida en Sistemas de Antenas**

### **Medidas de Adaptación**

#### **Medida de Adaptación de Sistemas de Antenas**

La medida de adaptación o pérdidas de retorno es el método tradicional de evaluar un sistema de antenas. El valor de las pérdidas de retorno es indicativo de la efectividad con la que la antena radia la energía suministrada. Cuanto menores sean las pérdidas de retorno, mayor es la energía reflejada y de vuelta a la etapa de salida del transmisor. Si se refleja demasiada energía de RF, ocurre lo siguiente:

- La energía reflejada no es radiada por la antena y por tanto, no está disponible para la transmisión.
- La energía reflejada vuelve a la etapa de salida del transmisor, lo que conlleva a un calentamiento adicional de dicha etapa. Un calentamiento excesivo puede incluso dañar el transmisor.
- La energía reflejada puede conducir a una intermodulación en la etapa de salida del transmisor.
- En el caso de pérdida de adaptación, la energía devuelta interactúa con la potencia directa hasta causar ondas estacionarias en el sistema. Los lazos de corriente o tensión causados por la onda estacionaria pueden causar daños en los filtros, por ejemplo.

Cuanto mejor esté adaptado el sistema, mayor será la energía radiada. Sin embargo, actualmente en los sistemas de antenas sumamente complejos (antenas multi banda con polarización cruzada, por ejemplo) hay más cosas a tener en cuenta aparte de la adaptación. La energía debe salir de la antena de forma direccional, o debe recibirse por la antena como se define en las especificaciones técnicas. Para evaluar estas características son necesarias medidas adicionales (desacoplo).

#### **Medida de Adaptación en Sistemas de Antenas con Amplificador montado en la torre (TMA)**

La medida de adaptación de un sistema de antenas con un amplificador montado en la torre (TMA) se realiza fundamentalmente de la misma forma que sin TMA.

Recordar que el TMA debe permanecer sin corriente durante la medida por lo que se activará un bypass en el TMA. Por otra parte, el uplink (UL) no se interrumpe completamente cuando falla el suministro de tensión, y además, el bypass permite al menos, llevar a cabo las medidas más importantes en los sistemas de antenas con TMA.

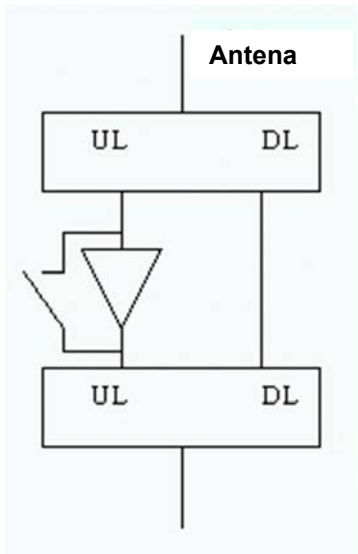


Diagrama de bloques TMA

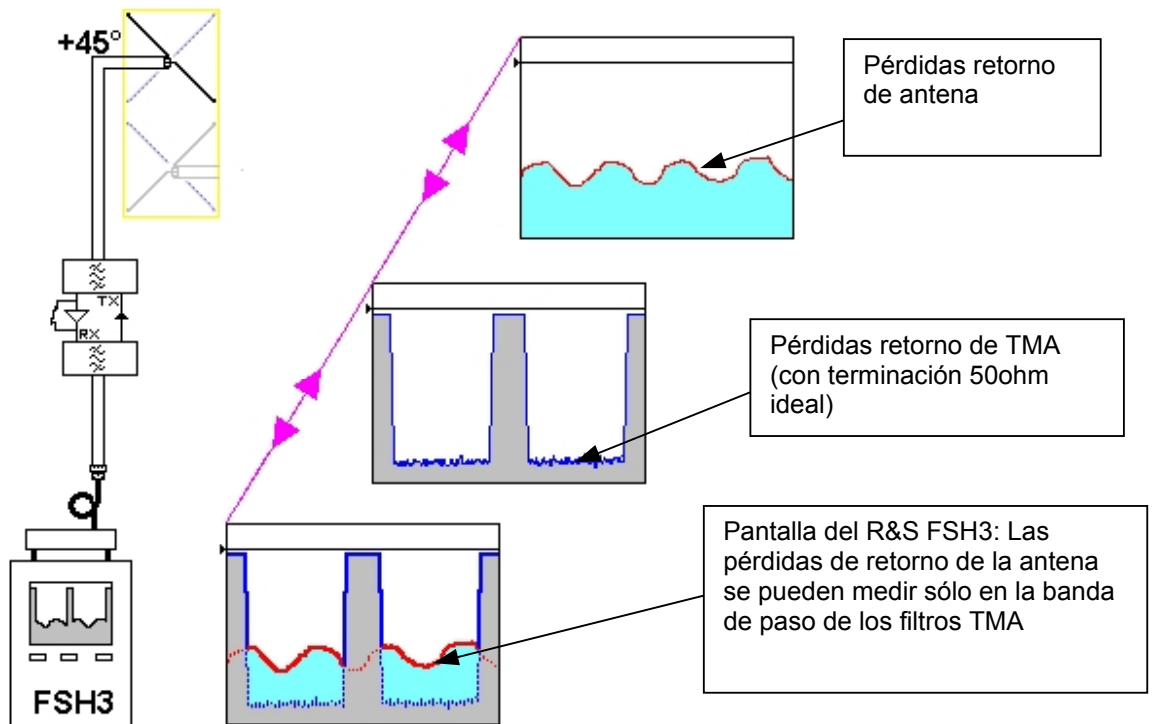
Cuando se interpretan los resultados de medida, recordar que la adaptación actual de la antena sólo está visible en las bandas de paso de los filtros TMA. Estos filtros están también enlazados en el camino de señalización cuando el TMA se usa en modo bypass.

En el caso de un TMA sin bypass, las medidas de antena y TMA se pueden realizar sólo de forma limitada:

Medidas de adaptación, desacoplo, y discontinuidad sólo se pueden realizar en el down link (DL).

La precisión de la medida de ganancia en el TMA no es la adecuada ya que los valores de desacoplo en el camino receptor se deben comparar con los valores (amplificados) del camino de transmisión, mientras que no se conoce el grado de desacoplo por la frecuencia de la antena.

Este diagrama muestra los efectos de los filtros TMA en transmisión y recepción en una medida de adaptación.

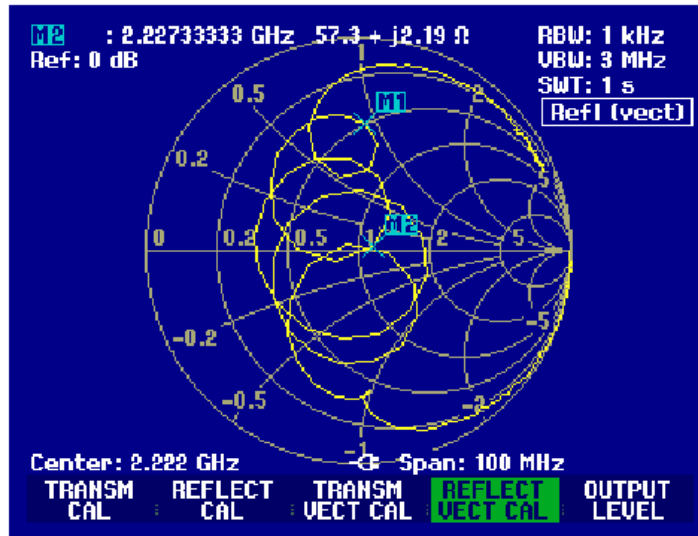




## Características especiales del R&S FSH

### Medida de Adaptación en Carta de Smith

El R&S FSH equipado con la opción de generador de tracking, medidas de transmisión y reflexión vectoriales (R&S FSH-K2) y el Puente de ROE (R&S FSH-Z2), ofrece la posibilidad de representar la medida en reflexión de un dispositivo en la Carta de Smith para analizar, por ejemplo, la adaptación de una antena tal y como se muestra en la siguiente figura:



Medida de adaptación en detalle, teniendo en cuenta la magnitud y la fase de la medida. Con esta representación y el uso de marcadores en pantalla, se puede analizar el rango de frecuencias de adaptación y valores de impedancia.

### Errores en la Medida de Adaptación

La medida de adaptación determina las pérdidas de retorno para el sistema de antenas completo, incluyendo el cable de alimentación de RF y el jumper. Debido a que las pérdidas de retorno de la antena raramente pueden ser determinadas directamente, se mide en la base del sistema de antenas.

Como la atenuación de la línea incrementa, la relación entre la potencia alimentada a la antena y la potencia de vuelta reflejada se ve adulterada porque la potencia que fluye hacia delante y hacia detrás debe vencer las pérdidas del cable. Una atenuación de línea mayor conlleva a unas pérdidas de retorno más elevadas. Sin embargo, esta relación de las pérdidas de retorno con la atenuación de línea no es una relación lineal.

Por otra parte, valores menores de pérdidas de retorno con su correspondiente incremento de la desadaptación de la antena conllevan en la medida a unos valores mejores de adaptación en la base de antena. Esto se explica por las ondas estacionarias que se forman en el cable de alimentación como consecuencia del incremento de la desadaptación de la antena. Estas ondas interrumpen incluso la distribución de corriente y tensión en el cable por la formación de lazos de corriente y tensión.



## **Medidas Sistemas de Antenas usando el R&S FSH**

---

La relación de los valores límite y de medida se describen con la siguiente fórmula basada en la teoría de transmisión:

$$a_r = 20 \cdot \lg \left( 10^{\frac{a_{rK}}{20}} + 10^{\frac{2a_K + a_{rA}}{20}} \right)$$

<i>Pérdidas de retorno en la base de la antena:</i>	$a_r$
<i>Pérdidas de retorno del cable con carga de 50 <math>\Omega</math></i>	$a_{rK}$
<i>Pérdidas del cable:</i>	$a_K$
<i>Pérdidas de retorno de la antena:</i>	$a_{rA}$

Los valores límite para la antena se determinan junto con las pérdidas del cable, pérdidas de retorno del cable de antena, y las pérdidas de retorno de la antena. Estos valores límite se muestran en la siguiente tabla para varias pérdidas de cable.

Influencias adicionales, principalmente discontinuidades de RF resultantes de las múltiples curvas de los cables o tornillos que están demasiado apretados, no se tienen en cuenta. La evaluación se debe hacer basándose en la medida de discontinuidad y un análisis visual en el emplazamiento.

*Ejemplo: Una adaptación de antena de  $a_A = 14$  dB (VSWR = 1.5) — medida con unas pérdidas del cable de alimentación de 0.3 dB — puede indicar un valor de adaptación de antena de 12.5 dB durante la medida. (Las pérdidas de retorno para el cable son 26 dB en este caso.)*

Pérdidas cable alimentación [dB]	$a_A = 17.7$ dB (ROE = 1.3)			$a_A = 15.6$ dB (ROE = 1.4)			$a_A = 14.0$ dB (ROE = 1.5)		
	Pérdidas de retorno cable [dB]:								
	27	26	25	27	26	25	27	26	25
0.3	15.6	15.3	15.0	14.0	13.8	13.5	12.7	12.5	12.3
0.5	15.9	15.6	15.3	14.3	14.1	13.8	13.1	12.8	12.6
0.7	16.2	15.9	15.5	14.6	14.4	14.1	13.4	13.2	12.9
1.0	16.6	16.3	15.9	15.1	14.8	14.5	13.8	13.6	13.4
1.5	17.3	16.9	16.6	15.8	15.5	15.2	14.6	14.4	14.1
2.0	17.9	17.6	17.2	16.5	16.2	15.9	15.4	15.1	14.8
2.5	18.6	18.2	17.8	17.2	16.9	16.5	16.1	15.8	15.5
3.0	19.2	18.8	18.3	17.9	17.5	17.1	16.8	16.5	16.1
3.5	19.8	19.3	18.8	18.5	18.1	17.7	17.5	17.1	16.8
4.0	20.3	19.8	19.3	19.1	18.7	18.3	18.1	17.8	17.4

Pérdidas de retorno para un sistema de antenas junto con las pérdidas del cable

## Medidas de Discontinuidad

### Introducción a las medidas DTF y Discontinuidad

La medida tradicional de discontinuidades en una línea se lleva a cabo usando un reflectómetro de pulso. En la medida, se envía un pulso muy corto a la línea bajo prueba. Las discontinuidades en el cable reflejan una porción de la potencia del pulso y se van almacenando en el tiempo por el reflectómetro. Las discontinuidades que están más lejanas requieren un tiempo mayor para devolver la reflexión que los fallos que estén más cercanos.

El desarrollo de analizadores de redes vectoriales rentables y el refinamiento del modelo matemático han dejado al reflectómetro fuera del mercado para medidas en sistemas de RF coaxiales.

Actualmente, una medida de discontinuidad se basa en el resultado de una medida de adaptación en el rango de frecuencias (reflectómetro en el dominio de la frecuencia FDR), tal cual lo proporciona el analizador R&S FSH. Usando una conversión matemática del rango de frecuencias en el dominio del tiempo usando Fourier, Chirp-Z, u otra transformación matemática, el tiempo para alcanzar los fallos y su amplitud están calculados basados en la fuente de señal.

Para visualizar la distancia a fallo (DTF), el tiempo de tránsito de una onda a través del cable se convierte a una distancia absoluta usando el factor de velocidad del cable y la velocidad de la luz. La amplitud se corrige mediante el cálculo que usa las pérdidas del cable bajo prueba (en la frecuencia apropiada para la medida de adaptación).

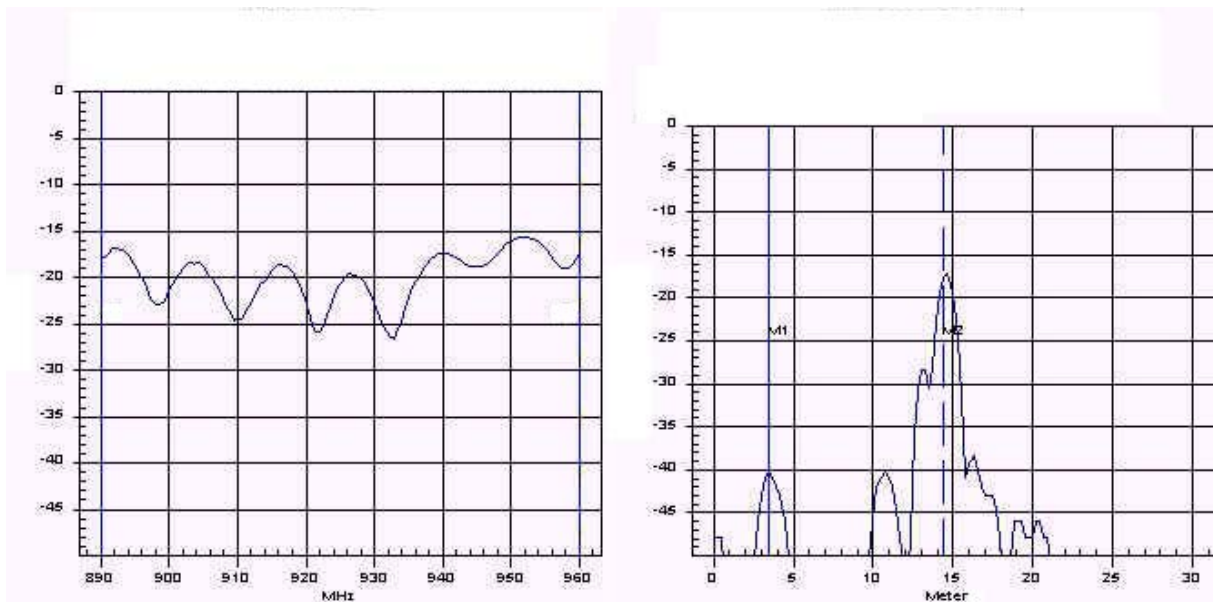
Cuando se convierte al dominio del tiempo, hacer una medida de adaptación en un rango de frecuencias lo más pequeño posible tiene como

## Medidas Sistemas de Antenas usando el R&S FSH

consecuencia una mayor resolución (e.j. 1 píxel por cm. de la longitud del DUT). Los modelos matemáticos limitan el tiempo, y como consecuencia la distancia, que se puede medir. Por tanto, se debe encontrar un compromiso entre la resolución de pantalla y la distancia a medir. Para hacer esto, se debe insertar la longitud del cable al instrumento antes de iniciar la medida. El instrumento de medida calcula entonces el rango de frecuencias apropiado (span) para la medida de adaptación. Tener en cuenta que el rango de frecuencias de operación del DUT se debe seleccionar como la frecuencia central.

Las siguientes figuras muestran cómo las medidas de adaptación pueden proporcionar información de las discontinuidades presentes.

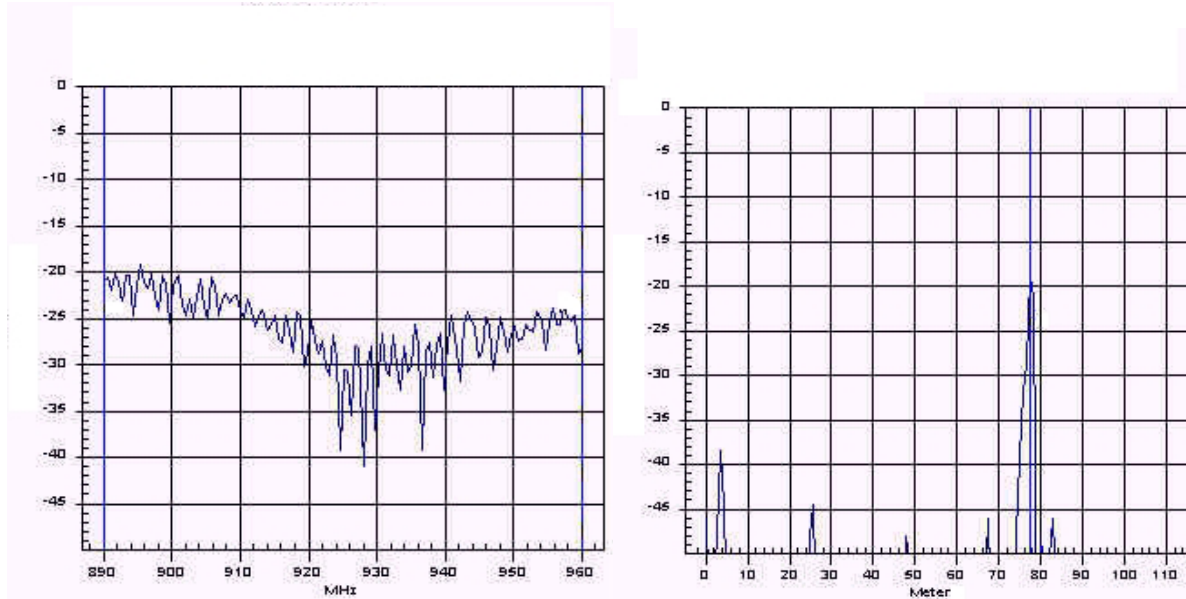
Los usuarios con experiencia pueden echar un vistazo a la forma de la curva de medida de las pérdidas de retorno en función de la frecuencia y concluir si hay discontinuidades y a qué distancia.



Medida de reflexión y DTF para un cable de alimentación de antena corto con una antena conectada.

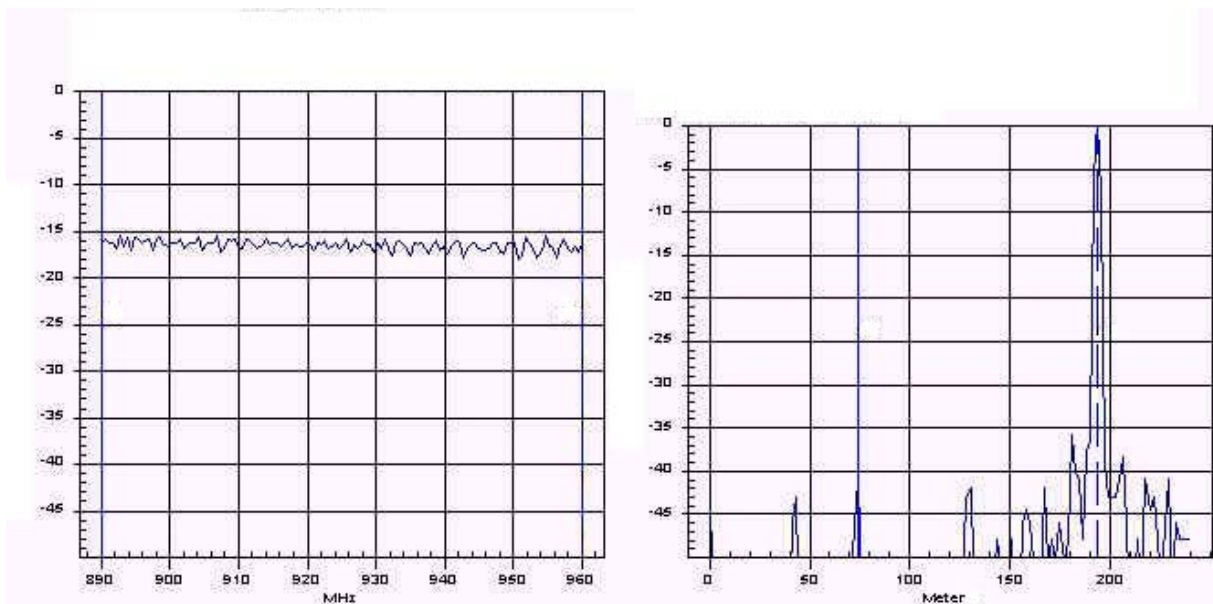
Por favor, fijarse en las ondulaciones fuertes, que indican un cable corto (15m en este caso) o una discontinuidad cerca a aproximadamente 15m de distancia.

## Medidas Sistemas de Antenas usando el R&S FSH



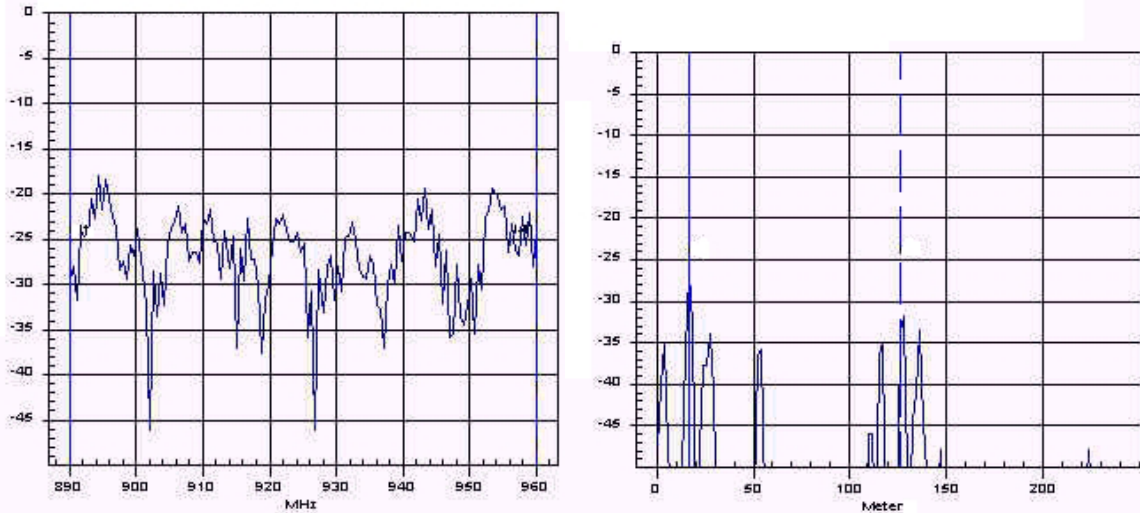
Medida de reflexión y DTF para un cable de alimentación de antena largo con antena conectada

Por favor, fijarse en las ondulaciones finas en el mismo rango de frecuencias que en el caso anterior. Esto indica un cable largo o una discontinuidad lejana (80m en este caso).



Medida de reflexión y DTF para una antena defectuosa (o inexistente) (circuito abierto al final)

Por favor, fijarse la curva de adaptación recta en función de la frecuencia, que indica que no hay máximos ni mínimos significativos.



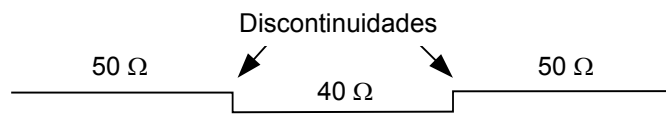
Medida de reflexión y DTF para un cable largo con múltiples discontinuidades

Por favor, fijarse como las ondulaciones finas y gruesas son cubiertas en la pantalla de pérdidas de retorno.

### Medida de discontinuidad en Sistemas de Antenas

Cada cambio de impedancia característica en un sistema de antenas conduce a una reflexión de la energía de RF directa y forma una discontinuidad. Cualquier conector o tornillo y cualquier doblez en el cable puede conducir a discontinuidades. Comprimir el cable conlleva exactamente a dos discontinuidades, una a cada lado donde hay un cambio de impedancia característica:

Ejemplo: dos discontinuidades resultantes de un cable coaxial comprimido



Dependiendo de la longitud de onda, estas dos discontinuidades se pueden determinar de diferentes formas. Si la frecuencia de funcionamiento del sistema de antenas afectado es relativamente alta, las dos discontinuidades son determinadas como fallos separados. Si la potencia reflejada de cada fallo se encuentra por debajo de un valor límite, entonces no hay fallo en el sistema.

Sin embargo, si la frecuencia de operación es relativamente baja –la longitud de onda de la señal de RF es alta en relación a la distancia entre las discontinuidades- entonces las dos discontinuidades se combinarán en una. En este caso, la discontinuidad se detecta como una. La potencia reflejada – como la suma de los dos fallos por separado- excederá entonces el valor límite y será detectado como un fallo en el sistema.

## ***Medidas Sistemas de Antenas usando el R&S FSH***

---

Es por tanto importante usar un equipo de medida con una resolución espacial alta, y que el sistema de antenas se mida dentro de su rango de frecuencias de funcionamiento.

Para localizar y evaluar la intensidad de las discontinuidades medidas, se deben introducir en el FSH las pérdidas del cable y su factor de velocidad (la velocidad a la que la onda se propaga en el cable, en m/s). Los modelos de cable cuyos valores dependen de la frecuencia se pueden generar usando el software FSH View y almacenarse en la memoria de modelos de cable del FSH. Los parámetros del cable para una única frecuencia definida se pueden introducir directamente en el FSH.

Las pérdidas del cable se usan para corregir las pérdidas de retorno de la discontinuidad y el factor de velocidad del cable para calcular la distancia al fallo.

Cuando se abren en el FSH los modelos de cable almacenados, el valor de las pérdidas del cable se calcula para el rango de frecuencias de medida. Si los parámetros del cable se introducen manualmente, hay que asegurar que el valor de las pérdidas del cable corresponde a la frecuencia central de la medida DTF.

### **Medida de discontinuidad en Sistemas de Antenas con Amplificador montado en la torre (TMA)**

La medida de discontinuidad es esencialmente idéntica a la medida de sistemas sin TMA. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el TMA forma una discontinuidad en un amplio rango de frecuencias debido a los filtros incorporados en transmisión y recepción. Fuera de sus bandas de paso, estos filtros indican una reflexión total durante la medida de adaptación y actúan como paradas durante la medida de pérdidas de transmisión. Un TMA, por tanto, se manifiesta como una gran discontinuidad en la medida.

En la siguiente sección se describen los pasos de medida posteriores y la evaluación a llevar a cabo en sistemas 3G TMA.

### **Medida de discontinuidad tras el TMA (3G)**

Una medida de discontinuidad en el rango de frecuencias de la banda de paso del filtro – e.j. por el TMA – puede, con algunas restricciones, usarse para detectar fallos localizados entre el TMA y la antena. Los filtros TMA tienen un ancho de banda limitado que causa retardos de grupo o fase adicionales de la señal de prueba, por lo que no es posible una evaluación de una medida de DTF un alto grado de precisión basada en el retardo medido o distancia .

Para permitir una evaluación de un TMA conectado, se usan los procedimientos que se definen a continuación, así como los resultados individuales de medidas de sistemas on-site.

### **Medida DTF en un amplio rango de frecuencias (3G)**

Durante la medida DTF de un sistema de antenas, la medida básica se debería realizar con un alto grado de resolución para conseguir una buena indicación de fallos en el cable de alimentación hasta el TMA.

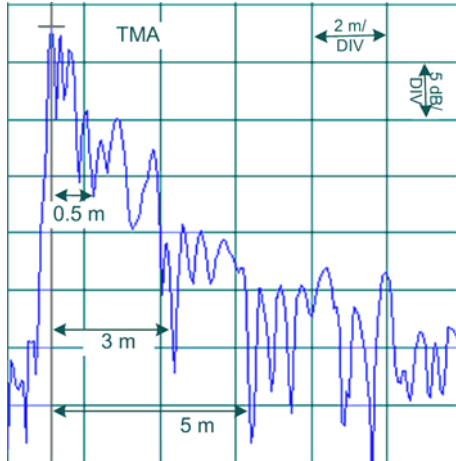
Este ejemplo mide un amplificador 3G montado en la torre. Se seleccionaron las siguientes configuraciones:

Frecuencia Central:	2045 MHz
Span:	1.256 GHz (60 m cable LDF6-50)

## Medidas Sistemas de Antenas usando el R&S FSH

Montaje: cable alimentador (40m LDF6-50) – cable jumper TMA (2m) – antena con polarización cruzada.

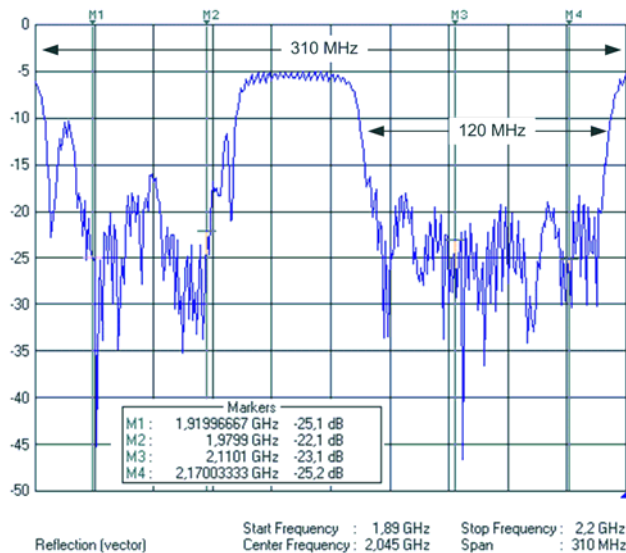
El rango de frecuencias es demasiado grande para la banda de paso de los filtros TMA para permitir una evaluación del camino entre el TMA y la antena. A pesar de esto, todavía se pueden analizar las siguientes funciones del sistema:



1. Durante la medida de adaptación, la adaptación de la antena se puede medir en el rango de las características de banda de paso del filtro TMA.
2. No hay discontinuidades significativas presentes hasta el TMA.
3. La medida de desacoplo (en antenas con polarización cruzada) no indica problemas.
4. En longitudes del cable jumper de aproximadamente 2m. entre el TMA y la antena, se puede localizar un salto en la medida DTF a 0.5m y 3m después del TMA. Además, la onda de salida tras el TMA es de 5m aproximadamente (ver figura). La función de Zoom del R&S FSH es útil para visualizarlo.

Si se usa un TMA diferente, o si la longitud del cable jumper entre el TMA y la antena varían, las distancias serán distintas a las aquí mostradas.

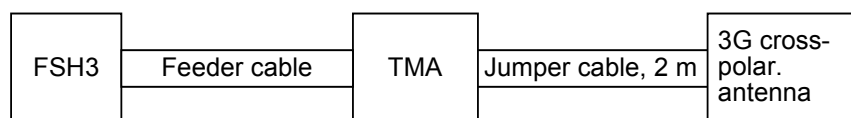
### Medida DTF en el rango de frecuencias de transmisión y recepción (3G)



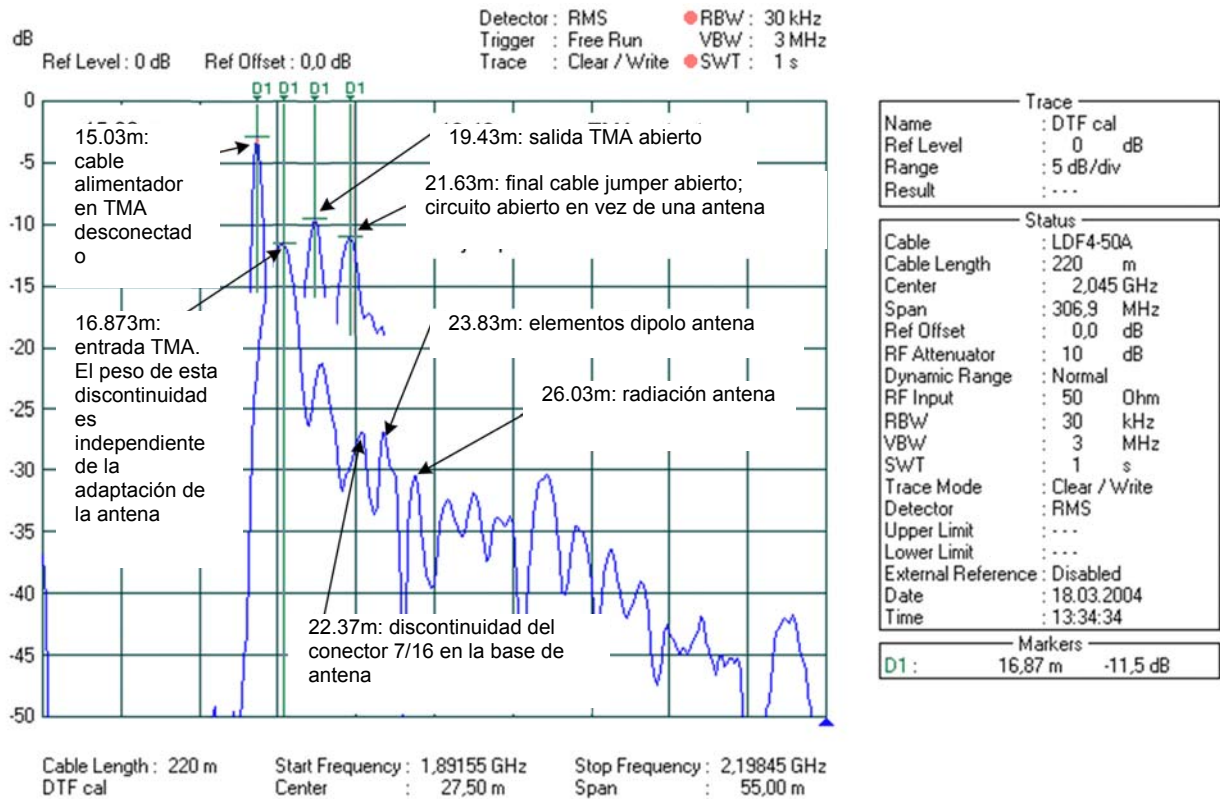
Para determinar el span entre el TMA y la antena, el rango de frecuencias para la medida DTF se puede reducir al rango de frecuencias de 3G.

Cuando se usa el rango de UL y DL, el span máximo es de 310MHz aproximadamente (corresponde a LDF4-50 220m aprox.). La banda eliminada del TMA entre el UL y el DL se manifiesta ella misma como una discontinuidad..

Una medida DTF con una frecuencia central de 2045MHz y un span de 310MHz (LDF4-50 220m) en el siguiente ambiente, se dieron estos resultados:





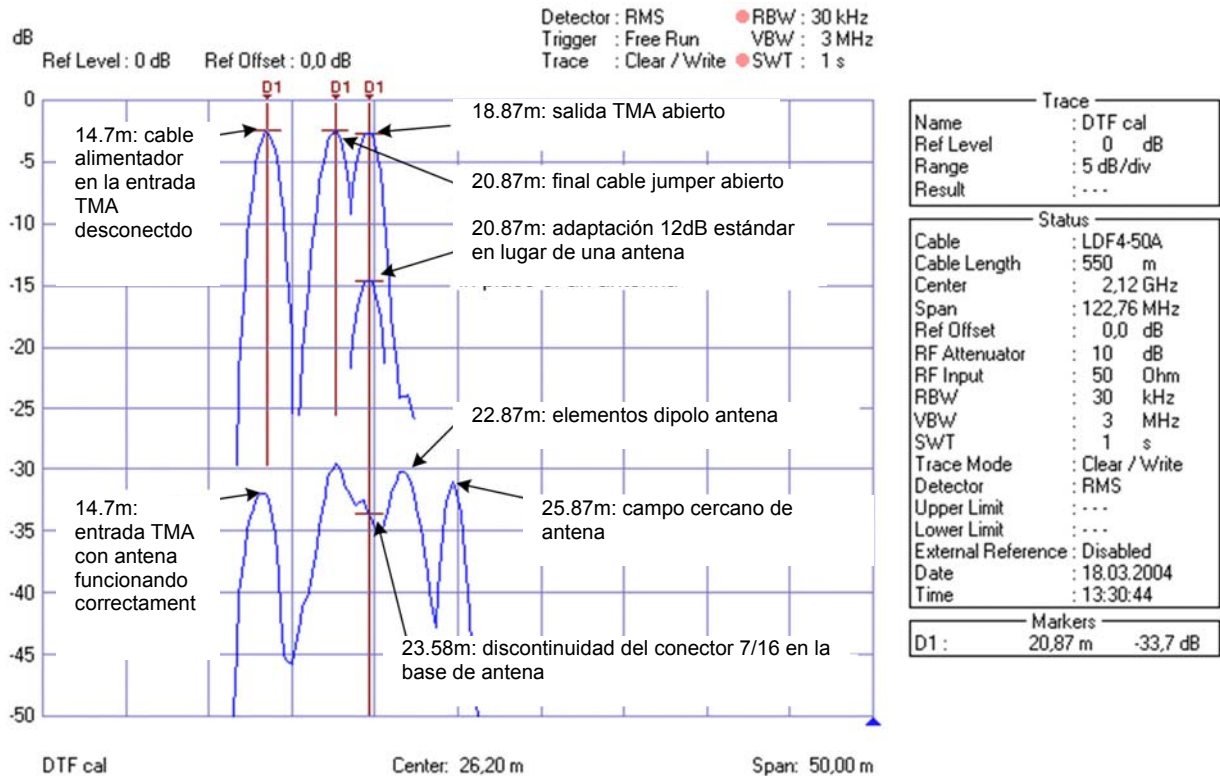


Esta figura muestra varias medidas en un único sistema. Es de particular interés que el tamaño de la discontinuidad en la entrada del TMA no depende del factor de reflexión en la salida del TMA. La longitud del cable alimentador se mide correctamente a aproximadamente 2m. Aquí están visibles los conectores en la base de la antenna, los dipolos de la antenna, y en un grado menor la radiación de la antenna. Debido a que el TMA indica una discontinuidad en el rango de frecuencias usado (entre el rango de frecuencias de transmisión y recepción), los componentes después del TMA (en este ejemplo) indican una sobreadaptación de al menos 7dB. Como resultado, sus características de reflexión no pueden ser evaluadas de forma precisa.

### Medida DTF sólo en el rango de frecuencias de transmisión (3G)

Para reducir más los efectos del TMA y evitar el rango de desadaptación entre el rango de frecuencias de transmisión y recepción, se mide sólo en el rango de frecuencias de transmisión (DL). Además de la característica de banda de paso mayor, el rango de transmisión tiene menos pérdidas de inserción comparado con el rango de recepción.

El siguiente ejemplo mide la misma configuración definida anteriormente, pero con una frecuencia central de 2120MHz y un rango de frecuencias de aproximadamente 123 MHz (cable 550m):



Esta pantalla es el resultado de varias medidas usando la misma configuración. Se puede observar que la influencia del TMA ha disminuido lo suficiente de modo que se pueden medir las discontinuidades tras el TMA (con una resolución de distancia limitada).

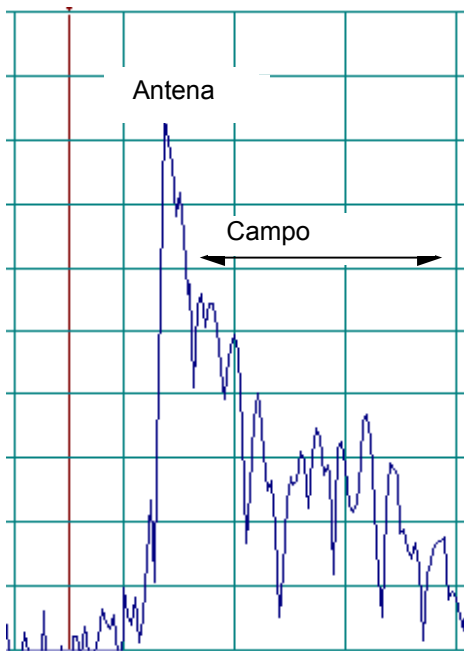
La entrada TMA no representa una discontinuidad significativa, la longitud del cable jumper se mide correctamente a 2m, y las discontinuidades tras el TMA se muestran con su valor de adaptación actual. Incluso se pueden evaluar el conector de antena 7/16, sus dipolos, y la formación del campo cercano de la antena.

La medida sólo es posible usando la función de zoom disponible en el FSH y la resolución de 1023 puntos de medida, haciendo visibles los detalles anteriormente nombrados. Este tipo de medidas no son posibles sin esta función.

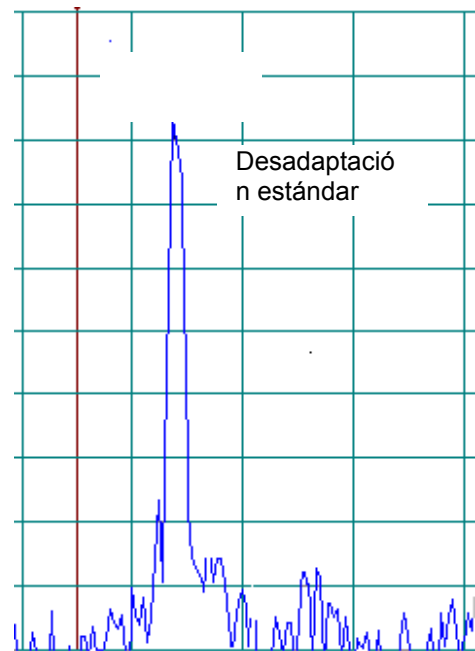
### **Análisis de la formación de un frente de onda de una antena múltiple**

Realizando la medida DTF en el rango de funcionamiento de la antena, es posible observar la formación del campo de antena y por tanto, evaluar las características de radiación de dicha antena.

En el caso de una múltiple, antenas apiladas, el frente de onda común que forman todos los elementos de antena es, inicialmente, varias longitudes de onda lejos de la antena. En el rango de formación de la onda, la medida DTF muestra discontinuidad como reflexiones del campo de antena. Estas representan la formación de un frente de onda común.



Medida DTF de una antena apilada. La formación del frente de onda en campo cercano se reconoce fácilmente



Para comparar, esta es una medida DTF de una desadaptación estándar. No se forma campo de antena, y la desadaptación aparece como una discontinuidad concentrada

## Características especiales del R&S FSH

### Medida de la Función de Transferencia de elementos activos

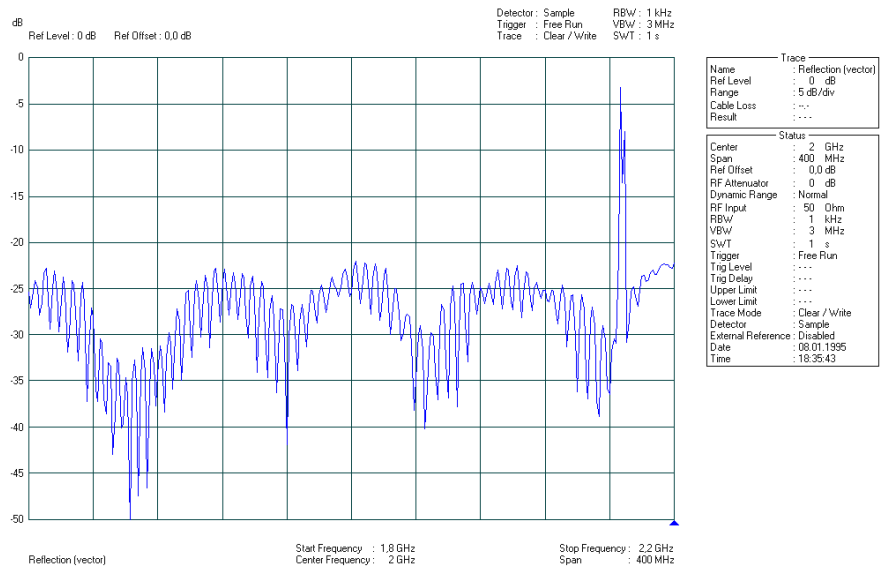
El R&S FSH mide la función de transferencia basada en el generador de tracking barriendo de forma sincronizada con la frecuencia del receptor. La señal de salida del generador de tracking es una señal sinusoidal con un nivel prácticamente constante. Por tanto, los efectos transitorios de los elementos activos no son relevantes para la medida, o se pueden evitar adaptando la velocidad del barrido. Este no es el caso para medidas que usan una señal cifrada del generador de tracking, que causa un salto en la frecuencia de salida para suprimir señales ruidosas en el receptor usando correlación. Dependiendo del tiempo de respuesta del pulso del sistema bajo prueba, así como de la duración del generador de pulso, se mide un valor de ganancia que es demasiado bajo para el módulo activo. Este no es el caso con el R&S FSH.

### Medidas en Sistema de Antenas influenciados por RF

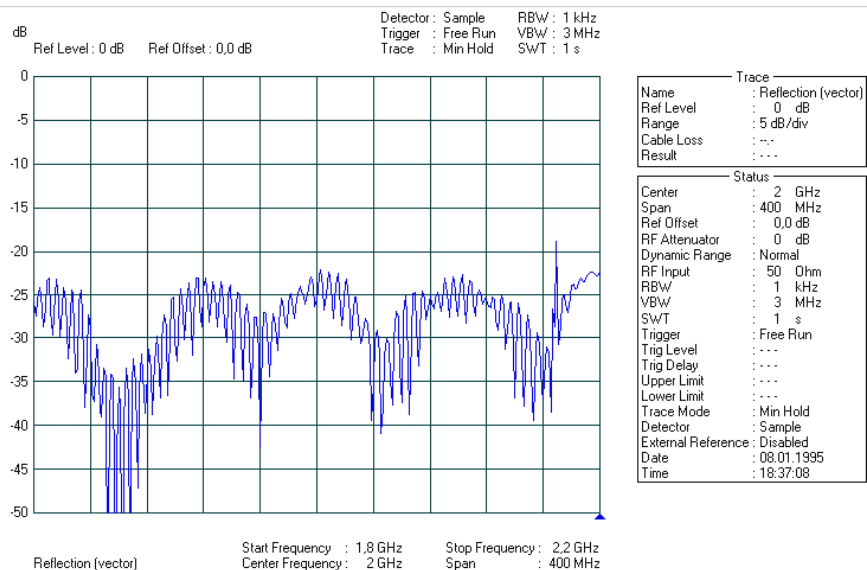
Las medidas de reflexión, discontinuidad y desacople en sistemas de antenas pueden estar afectadas por transmisores cercanos en funcionamiento. Si hay un pequeño desacople entre la antena transmisora y la antena bajo prueba, la señal transmitida afectará al resultado de la prueba. Por ejemplo, la señal interferente se podría encontrar en los resultados de la medida de pérdidas de retorno. La función del menú de traza Min Hold del FSH reduce en gran medida los efectos de las señales interferentes (GSM, WCDMA, etc..) en pantalla.

## Medidas Sistemas de Antenas usando el R&S FSH

El siguiente ejemplo muestra la medida de adaptación de una antena con polarización cruzada. Se transmite una señal WCDMA en el segundo sistema de esta antena. Como resultado del desacoplo de los dos sistemas de aproximadamente 35dB, en el puente del R&S FSH está presente un nivel de ruido de +2dBm, que se muestra en la medida de adaptación como una señal espúrea.



La función Min Hold del FSH disminuye considerablemente esta influencia. La señal WCDMA espúrea se reduce en 15 dB aproximadamente después de varios barridos, mientras que la precisión de la medida de pérdidas de retorno no se ve afectada.



El procedimiento funciona para todas las señales espúreas que muestran mínimos y máximos en el tiempo, e.j. para todas las señales de radio móvil, como GSM/EDGE, WCDMA o DECT. El FSH3 mide el valor actual de señales pulsadas o moduladas en cada barrido. Sin embargo, la señal del generador de tracking permanece a nivel constante y no se ve afectada por la función Min Hold. Por lo tanto, se puede usar como una referencia válida continuamente para la medida. Este procedimiento se puede usar, tanto

## ***Medidas Sistemas de Antenas usando el R&S FSH***

---

para medidas de adaptación como de transmisión, y hace al FSH apropiada para su uso incluso en estas situaciones extremas.

## Medidas de Desacoplo

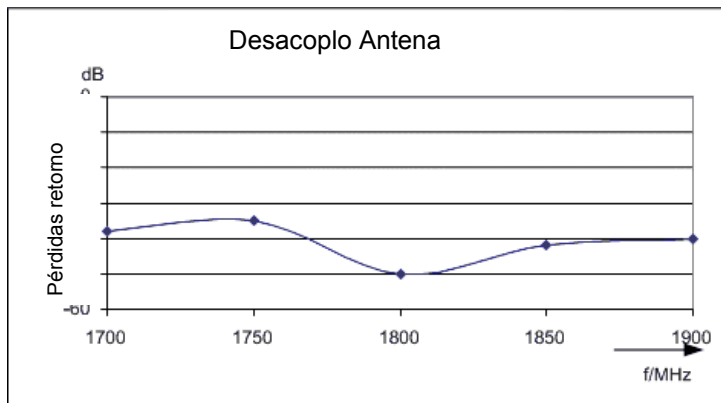
### Medidas de desacoplo en Sistema de Antenas

En el caso de antenas con polarización cruzada, las medidas de adaptación no son suficientes para asegurar la correcta funcionalidad del sistema. En algunas antenas con polarización cruzada, los defectos se pueden detectar sólo midiendo el desacoplo de la antenna. En estos sistemas de antenas, la medida de adaptación no muestra ningún problema en particular. Sin embargo, la medida de desacoplo de los dos sistemas, muestra una progresión anormal en función de la frecuencia.



La figura muestra un ejemplo de una antenna defectuosa –una conexión de cable sin soldar-. Este tipo de defecto es notificado sólo realizando una medida de desacoplo:

La estación base GSM 1800 en este ejemplo tiene una elevada inclinación, debido a las características direccionales diferentes de los dos sistemas contenidos en la antenna.



Es recomendable compilar una colección de SX típicos de desacoplo de antenna en cooperación con el fabricante y ponerlos a disposición de los ingenieros de prueba para que puedan evaluar el estado de un sistema de antenas para comparación de discrepancias.

El tipo de antenna y la baja inclinación eléctrica definida se deben tener en cuenta, ya que la característica de desacoplo en función de la frecuencia difiere en función de estos factores.

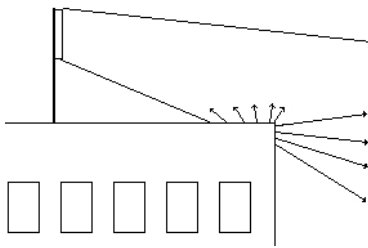
Ejemplo de desacoplo de antenna típico

Dependiendo del tipo de antenna, también puede ser útil eliminar la inclinación eléctrica de la antenna –e.j. para devolver la antenna al estado en el que se entregó- para hacer posible medidas de valores de desacoplo definidos.

Basándose en la experiencia, una desviación de un valor nominal de +3dB debería dar lugar a una investigación adicional.

Las pérdidas del cable de alimentación se deberían tener en cuenta cuando se analizan los valores de desacoplo medidos. Estas pérdidas incrementan el desacoplo.

**Sistemas de antenna con interferencias de campo cercano de edificios muestran un desacoplo diferente en el rango de frecuencias. Este es un resultado de la interferencia de campo cercano, y no de un defecto.**



Si hay una interferencia en la primera zona de Fresnel, las características de radiación de la antena cambian significativamente.

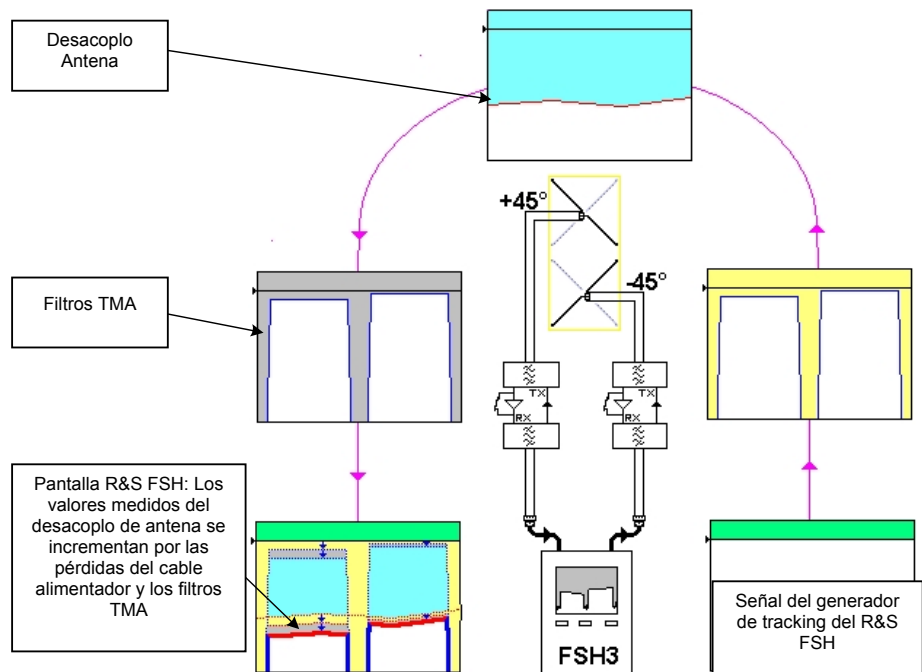
Esto puede afectar a los valores de adaptación, y especialmente a los de desacoplo de la antena.

### Medida de desacoplo en Sistemas de Antenas con Amplificador montados en la torre (TMA)

Como en la medida de adaptación, en sistemas de antena con TMA, sólo está disponible la banda de paso de los filtros TMA para determinar el desacoplo de los elementos de antena. Durante esta medida, la ganancia TMA se puede determinar simplemente conectando y desconectando la tensión de alimentación del TMA.

La medida de desacoplo de un sistema de antenas debe tener en cuenta las pérdidas de los dos cables de alimentación y las pérdidas de transmisión del TMA. En el camino receptor, estas pérdidas están en el rango de 0.1dB a 0.5dB, dependiendo del tipo de TMA. En el camino de transmisión, están en un rango entre 1dB y 2dB. Este valor de pérdidas se debe tener en cuenta para todos los TMAs incluidos en la medida (típicamente dos).

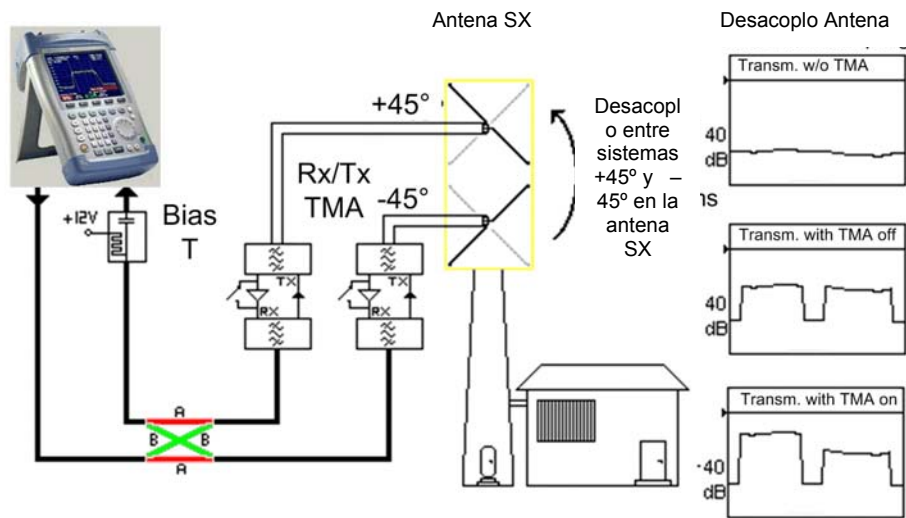
El diagrama muestra el camino señalizado con los módulos incorporados.





### Medida de la ganancia del TMA

La configuración de prueba para la medida del desacoplo de la antena con un TMA incorporado mostrado en el siguiente diagrama, se puede usar junto con un "Bias T" (interruptor alimentador DC) para determinar la ganancia del TMA siendo alimentado. Conectando y desconectando la tensión de alimentación, se detecta directamente la ganancia como la diferencia entre las medidas de desacoplo en el camino de transmisión con y sin potencia. El "Bias T" se inserta en el camino de retorno de señal del FSH, tal y como se muestra en la figura.

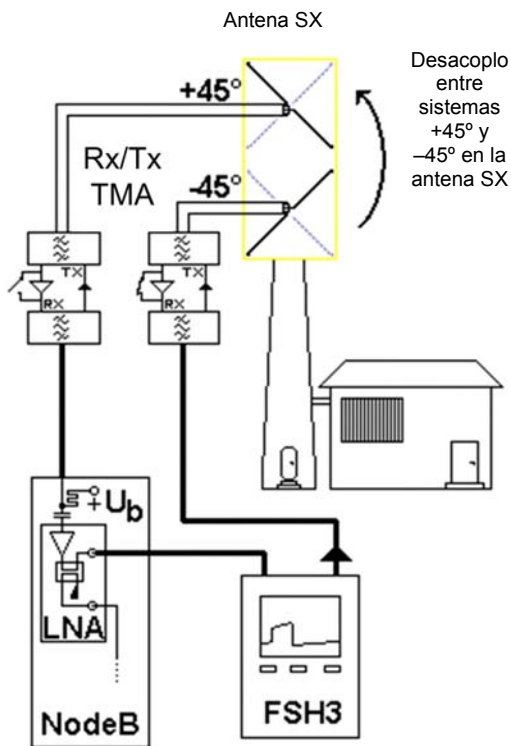


Configuración para medida de desacoplo de la antena y ganancia TMA

La ganancia de un TMA sin bypass no se puede medir. Sin embargo, conectando y desconectando la potencia, es posible determinar si el TMA está amplificado.

### Medida de ganancia del sistema completo

La medida del amplificador montado en la torre arriba descrito se usa sólo cuando se analiza exclusivamente su funcionalidad. Cuando se mide la ganancia del TMA, también se deben tener en cuenta los componentes en el camino receptor de la estación base de radio móvil. El TMA debería compensar las pérdidas del cable de recepción. Además, el TMA no se debería usar para una ganancia de nivel excesiva ya que esto puede hacer impracticables o incluso peligroso los parámetros RX definidos (e.j. para detección del nivel handover RX o para regulación de potencia en la estación móvil).

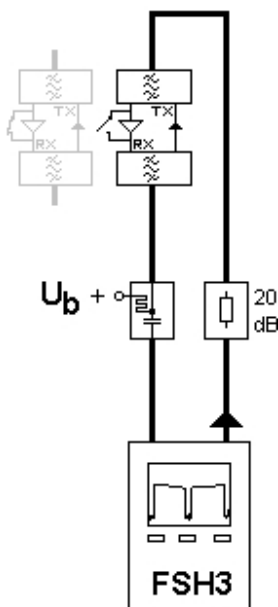


Por esta razón, y debido a que la señal en recepción ya es amplificada en el TMA, los amplificadores en el camino receptor de las estaciones base están generalmente desconectados. La funcionalidad del TMA puede entonces evaluarse sólo en conjunto con los elementos receptores en la estación. Por tanto, una estación base funcionando (estación base presente y alimentada con tensión) no necesita el uso de un "bias T" para alimentar el TMA. Tal y como se muestra en esta figura, la medida incluye todos los componentes en el camino receptor y requiere sólo la opción de interrumpir el suministro de potencia al TMA cambiando la configuración del NodoB. Esto generalmente conmuta el LNA interno. Este método permite diferenciar en la ganancia del camino UL bajo prueba con y sin TMA.

Dependiendo de la tecnología del sistema, la diferencia debería estar entre 0dB y +2dB. Desconectando el suministro de potencia usando un bloqueo DC comercial, sólo el TMA está sin corriente y el LNA en NodoB generalmente no se reconfigura.

Debido al filtro de transmisión en NodoB, el desacoplo y la ganancia del TMA y sistema completo se debe medir sólo en el rango de frecuencias UL.

### Medida del TMA antes de la instalación en el Sistema



Tal y como se muestra en esta figura, un TMA se puede medir antes de ser instalado en el sistema de antena.

La medida está basada en una medida de transmisión.

Por favor, asegurarse que el nivel de entrada en el lado de la antena del TMA no excede significativamente el nivel de entrada máximo especificado en la hoja de características del TMA (normalmente unos  $-40\text{dBm}$ ). El nivel del generador de tracking del R&S FSH debe ser  $-20\text{dBm}$ , y se debe insertar un atenuador de 20dB entre la salida del generador de tracking y el TMA. O, usando un atenuador de 40dB, no es necesario reducir la el nivel del generador de tracking.

En el caso de TMAs con un alto nivel de ganancia y nivel de salida, sería necesario proteger la entrada del R&S FSH insertando un atenuador adicional entre la entrada de RF del FSH y el "bias T". La potencia máxima permitida en la entrada del R&S FSH es  $+20\text{dBm}$ ,  $+30\text{dBm}$  es posible para períodos de varios minutos.

Si se produce una sobrecarga en el TMA, se mide un valor de ganancia inválido, bajo, debido a que el TMA está alcanzando sus límites.

Es posible determinar la ganancia del TMA conectando y desconectando la tensión de alimentación y comparando los dos resultados.

## 5 Resumen de Procedimientos de Medida

Esta sección resume los procedimientos de medida a utilizar para aceptar o analizar sistemas de antena compuestos de estaciones 2G o 3G.

### Sistemas de Antenas sin TMA

Para todos los sistemas de antenas:

- Medida de pérdidas de retorno (RL) con antena conectada.
- Medida DTF con antena conectada (medida del sistema completo). La medida DTF muestra discontinuidades en el cable. Si se realiza dentro del rango de frecuencias de funcionamiento de la antena, la medida también muestra la formación del campo cercano de la antena y la longitud del cable alimentador.

Para antenas con polarización cruzada:

- Medida de desacoplo de ambos sistemas en el caso de antenas con polarización cruzada. Esta medida muestra las características eléctricas de este tipo de antenas mejor que una simple medida de pérdidas de retorno.

### Sistemas de Antenas con TMA

Para todos los sistemas de antenas:

- Medida de pérdidas de retorno con antena conectada, sin potencia al TMA (método tradicional de medir la potencia reflejada en un sistema de antenas).
- Medida DTF con antena conectada, sin potencia al TMA (=medida del sistema completo). La medida DTF muestra discontinuidades en el cable, el TMA, y (si se realiza dentro del rango de frecuencias de funcionamiento de la antena/TMA) discontinuidades entre el TMA y la antena, así como la formación del campo cercano de la antena. Para esta medida, el TMA no debería alimentarse con DC.

Para antenas con polarización cruzada:

- Medida de desacoplo de ambos sistemas en el caso de antenas con polarización cruzada, sin potencia al TMA (muestra el desacoplo del sistema de antenas a través de los filtros TMA).
- Medida de ganancia del TMA en el sistema completo, con potencia al TMA de la estación base. La medida se realiza tal y como se describe en la sección "Medida de Ganancia TMA".
- Si la estación base no está ajustada: Medida de la ganancia TMA con "Bias T" externo tal y como se describe en la sección "Medida de ganancia del sistema completo".

## 6 Ejemplos de Medida

Estos ejemplos de medida están basados en un R&S FSH, Modelo 1145.5850.23 con versión de firmware 7.0 o mayor, y con las siguientes opciones instaladas: R&S FSH-B1 (Medida distancia a fallo) y R&S FSH-K2 (Medidas de transmisión y reflexión vectoriales), y el puente de ROE R&S FSH-Z2.

### Rangos de frecuencia

Se aplican los siguientes rangos de frecuencia para varios servicios:

Servicio		Total	UL	DL
GSM (2G)	GSM 900	880 MHz a 960 MHz	880 MHz a 915 MHz	925 MHz a 960 MHz
	GSM 1800	1710 MHz a 1880 MHz	1710 MHz a 1785 MHz	1805 MHz a 1880 MHz
UMTS (3G)	TDD / FDD	1900 MHz a 2170 MHz		
	TDD	1900 MHz a 1920 MHz		
	FDD	1920 MHz a 2170 MHz	1920 MHz a 1980 MHz	2110 MHz a 2170 MHz
	TDD	2020 MHz a 2025 MHz		

Para el ejemplo de medida, se recomienda la siguiente configuración de rango de frecuencias y marcador:

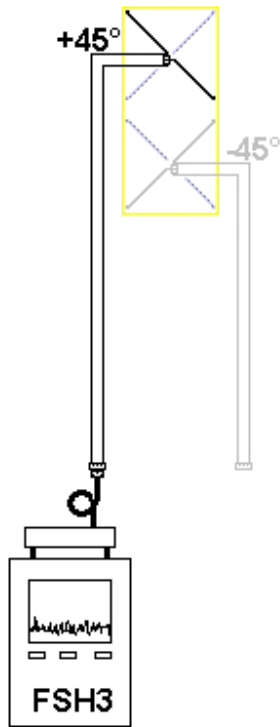
Servicio		FrecuenciasStart/Stop:	Marcadores 1+2: (UL)	Marcadores 3+4: (TX)
GSM (2G)	GSM 900	875 MHz a 965 MHz	880 MHz, 915 MHz	925 MHz, 960 MHz
	GSM 1800	1700 MHz a 1890 MHz	1710 MHz, 1785 MHz	1805 MHz, 1880 MHz
UMTS (3G)	TDD / FDD	1890 MHz a 2200 MHz (Central: 2045 MHz Span: 310 MHz)	1920 MHz, 1980 MHz	2110 MHz, 2170 MHz

Una vez definida la configuración, se almacenaría en el R&S FSH.

## Sistema de antenas sin TMA

### Medidas de Adaptación

Montaje:



#### Configuración en el FSH3:

Insertar el puente de ROE (R&S FSH-Z2) en el FSH.

Activar el generador de tracking en el R&S FSH (tecla MEAS:MEASURE: Seleccionar TRACKING GEN: Pulsar la tecla ENTER)

Seleccionar la frecuencia central: basada en el rango de frecuencias de funcionamiento o del servicio del sistema de antenas (tecla FREQ: entrada del valor de frecuencia).

Seleccionar span: basado en el servicio (tecla SPAN: entrada del valor del span).

Seleccionar la medida vectorial en el R&S FSH (tecla MEAS: MEAS MODE: Seleccionar VECTOR: Pulsar la tecla ENTER).

Calibrar la medida: Pulsar la tecla REFLECT CAL y seguir las instrucciones en el R&S FSH.

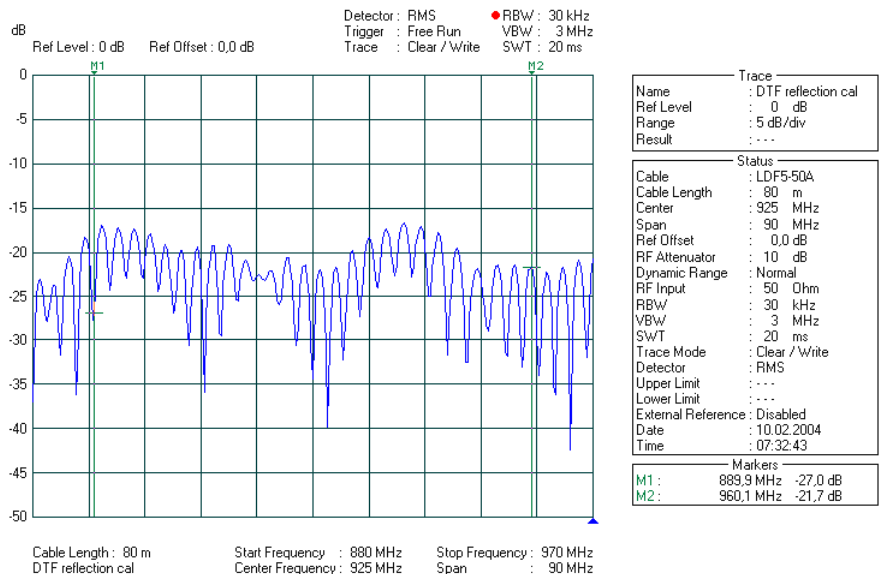
Conectar la salida del puente con el cable de antena.

#### Observaciones :

La adaptación de la antena aparece mejorada por las pérdidas del cable alimentador y empeorada por la energía de vuelta de la antena. Ir a la sección "Errores Medida de Adaptación".

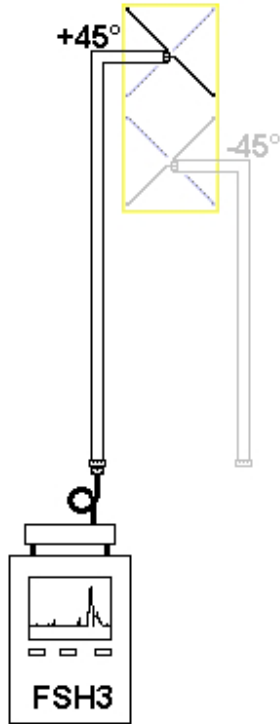
El rizado en la medida de adaptación puede indicar posibles discontinuidades. Ir a la sección "Introducción a medidas DTF y discontinuidades"

#### Ejemplo de medida:



**Medidas DTF**

Montaje:



**Configuración en el FSH3:**

Insertar el puente (R&S FSH-Z2) en el R&S FSH.

Insertar el cable de 1 m de longitud a la entrada del puente..

Iniciar la medida DTF en el R&S FSH (tecla MEAS:MEASURE: Seleccionar DISTANCE TO FAULT: Pulsar la tecla ENTER)

Seleccionar la frecuencia central: basada en el rango de frecuencias de funcionamiento o del servicio del sistema de antenas (tecla FREQ: entrada del valor de frecuencia).

Seleccionar span: basado en el servicio (tecla SPAN: entrada del valor del span)

Entrada del parámetro del cable o seleccionar el tipo de cable de la lista (Tecla MEAS-CABLE MODEL: Seleccionar tipo de cable: tecla SELECT).

Longitud de cable: entrada, aproximadamente el 30% mayor que el actual por lo que se puede observar los efectos tras el TMA (tecla CABLE LENGTH: Introducir la longitud: Pulsar la tecla ENTER).

Calibrar la medida: Pulsar la tecla DTF CAL y seguir las instrucciones en el R&S FSH.

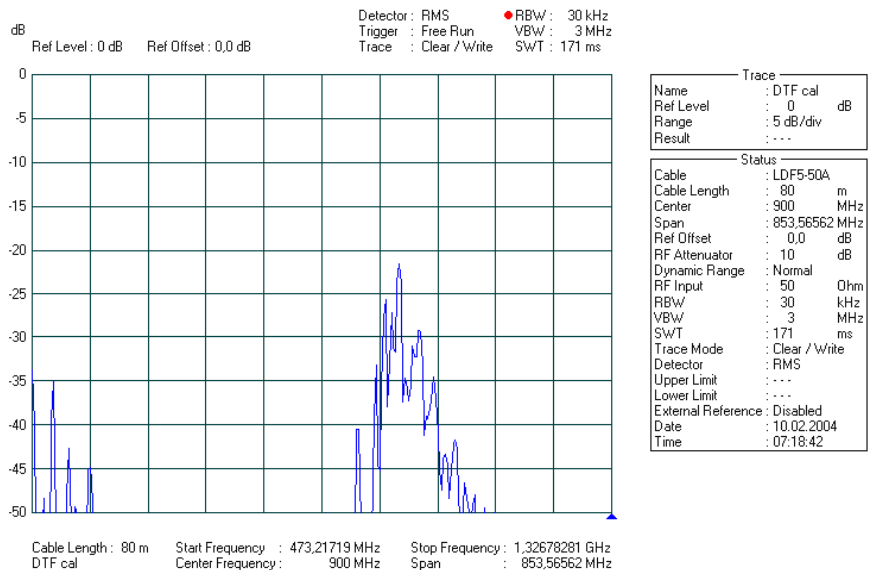
Conectar el cable directo al cable de antena.

**Observaciones:**

La función de Zoom que ofrece el analizador FSH permite la observación de forma detallada de paradas individuales.

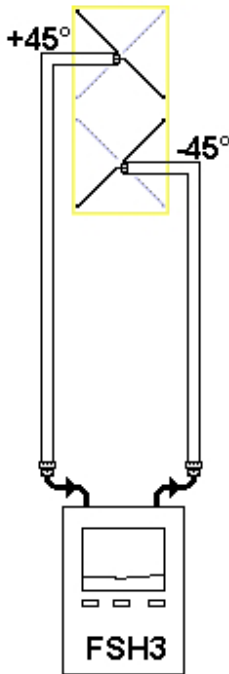
Cuando se reduce el span (aproximadamente el rango de funcionamiento de la antena), se puede evaluar el campo cercano de la antena.

**Ejemplo de medida:**



**Medida de Desacoplo**

Montaje:



**Configuración en el FSH:**

Quitar el puente (R&S FSH-Z2).

Activar el generador de tracking en el R&S FSH (tecla MEAS-MEASURE: Seleccionar TRACKING GEN: Pulsar la tecla ENTER).

Seleccionar la frecuencia central: basada en el rango de frecuencias de funcionamiento o del servicio del sistema de antenas (tecla FREQ: entrada del valor de frecuencia).

Seleccionar span: basado en el servicio (tecla SPAN: entrada del valor del span).

Seleccionar la medida vectorial en el R&S FSH (tecla MEAS: MEAS MODE: Seleccionar VECTOR: Pulsar la tecla ENTER).

Calibrar la medida: Pulsar la tecla TRANSM CAL y seguir las instrucciones en el R&S FSH.

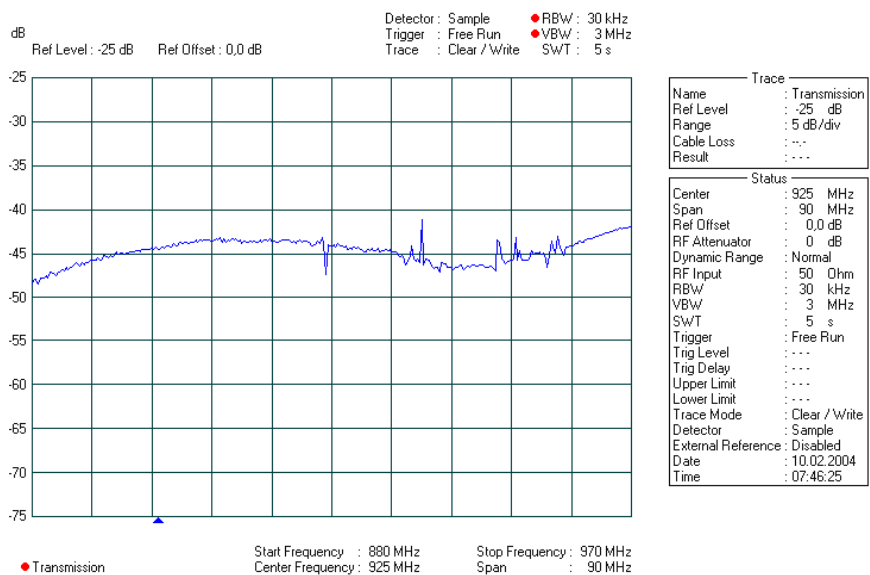
Conectar la entrada de RF y la salida del generador de tracking con los conectores del cable de las antenas bajo prueba.

**Observaciones:**

En esta medida, se deben tener en cuenta las pérdidas de ambos cable alimentadores.

Los resultados de la medida de desacoplo se tienen que comparar con el desacoplo especificado para el tipo de antena (especificaciones del fabricante) en la inclinación eléctrica definida. Desviaciones en la linealidad de la característica y los valores absolutos pueden indicar fallos en el campo cercano de la antena, o puede indicar una antena defectuosa.

**Ejemplo de medida:**

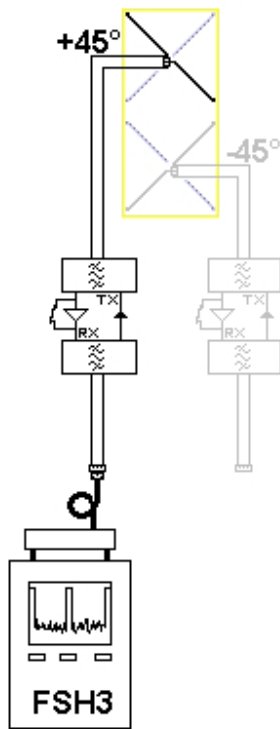




## Sistemas de antenas con TMA

### Medidas de Adaptación

Montaje:



#### Configuración en el R&S FSH:

Insertar el puente de ROE (R&S FSH-Z2) en el FSH.

Activar el generador de tracking en el R&S FSH (tecla MEAS:MEASURE: Seleccionar TRACKING GEN: Pulsar la tecla ENTER)

Seleccionar la frecuencia central: basada en el rango de frecuencias de funcionamiento o del servicio del sistema de antenas (tecla FREQ: entrada del valor de frecuencia).

Seleccionar span: basado en el servicio (tecla SPAN: entrada del valor del span).

Seleccionar la medida vectorial en el R&S FSH (tecla MEAS: MEAS MODE: Seleccionar VECTOR: Pulsar la tecla ENTER).

Calibrar la medida: Pulsar la tecla REFLECT CAL y seguir las instrucciones en el R&S FSH.

Alimentación TMA: ninguna

Conectar la salida del puente con el cable de antena.

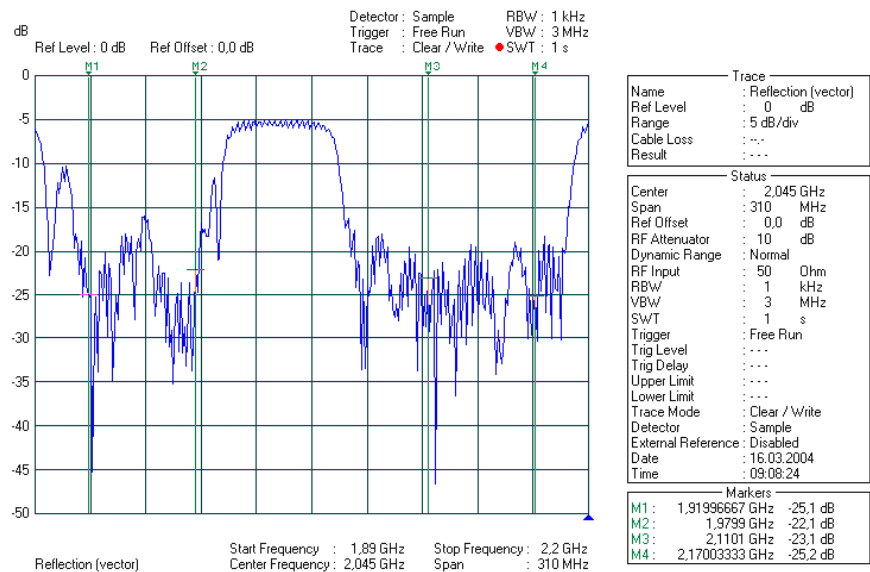
#### Observaciones:

La adaptación de la antena aparece mejorada por las pérdidas del cable alimentador y empeorada por la energía de vuelta de la antena.

La adaptación de la antena se puede detectar sólo en las bandas de paso de los filtros TMA.

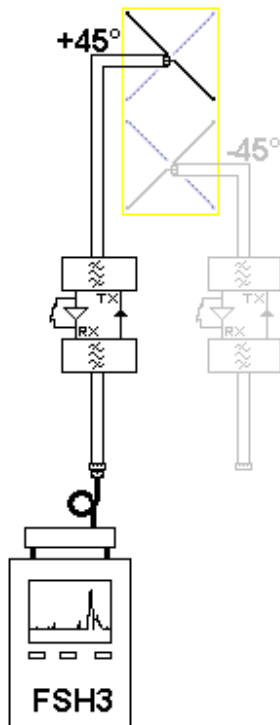
Ir a la sección "Medida de Adaptación de Sistemas de Antenas con Amplificador montado en torre (TMA)".

#### Ejemplo de Medida:



**Medidas DTF**

Montaje:



**Configuración en el FSH3:**

Insertar el puente (R&S FSH-Z2) en el R&S FSH.

Insertar el cable de 1 m de longitud a la entrada del puente.

Iniciar la medida DTF en el R&S FSH (tecla MEAS:MEASURE: Seleccionar DISTANCE TO FAULT: Pulsar la tecla ENTER)

Seleccionar la frecuencia central: basada en el rango de frecuencias de funcionamiento o del servicio del sistema de antenas (tecla FREQ: entrada del valor de frecuencia).

Entrada del parámetro del cable o seleccionar el tipo de cable de la lista (Tecla MEAS-CABLE MODEL: Seleccionar tipo de cable: tecla SELECT).

Longitud de cable: entrada, aproximadamente el 30% mayor que el actual por lo que se puede observar los efectos tras el TMA (tecla CABLE LENGTH: Introducir la longitud: Pulsar la tecla ENTER).

Calibrar la medida: Pulsar la tecla DTF CAL y seguir las instrucciones en el R&S FSH.

Alimentación TMA: ninguna

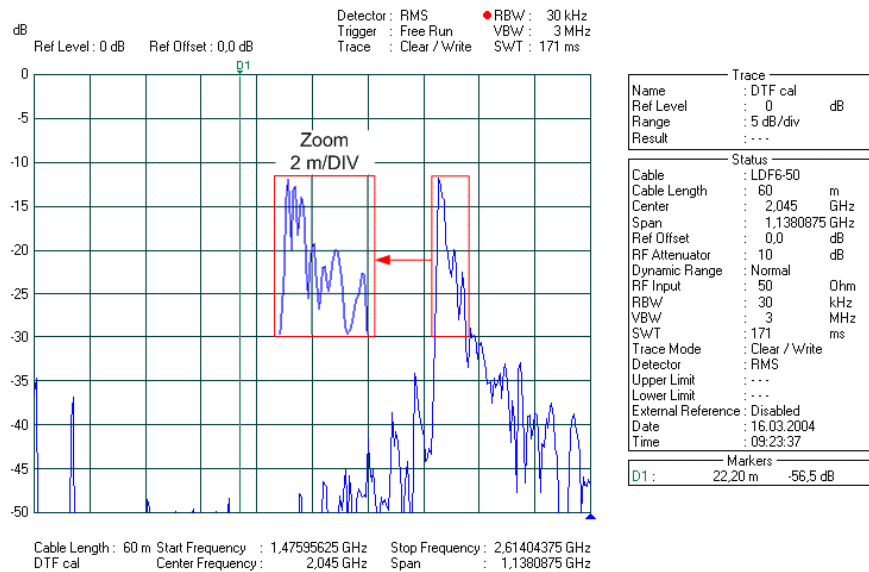
Conectar el cable directo al cable de antena.

**Observaciones:**

La función de Zoom que ofrece el analizador FSH permite la observación de forma detallada de discontinuidades individuales.

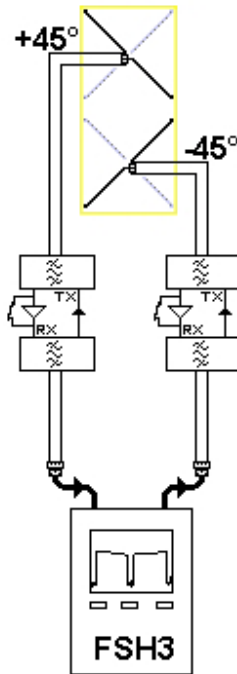
Durante la medida, sólo se puede analizar el rango entre el TMA y la antena para discontinuidades adaptando la frecuencia central y el span de frecuencias. Ir a la sección “Medida de Discontinuidad tras el TMA” “.

**Ejemplo de medida:**



**Medida de Desacoplo**

Montaje:



**Configuración en el R&S FSH:**

Quitar el puente (R&S FSH-Z2).

Activar el generador de tracking en el R&S FSH (tecla MEAS-MEASURE: Seleccionar TRACKING GEN: Pulsar la tecla ENTER).

Seleccionar la frecuencia central: Basado en el servicio del sistema (tecla FREQ: entrada del valor de frecuencia).

Seleccionar span: basado en el servicio (tecla SPAN: entrada del valor del span).

Seleccionar la medida vectorial en el R&S FSH (tecla MEAS: MEAS MODE: Seleccionar VECTOR: Pulsar la tecla ENTER).

Calibrar la medida: Pulsar la tecla TRANSM CAL y seguir las instrucciones en el R&S FSH.

Alimentación TMA: ninguna

Conectar la entrada de RF y la salida del generador de tracking con los conectores del cable de las antenas bajo prueba.

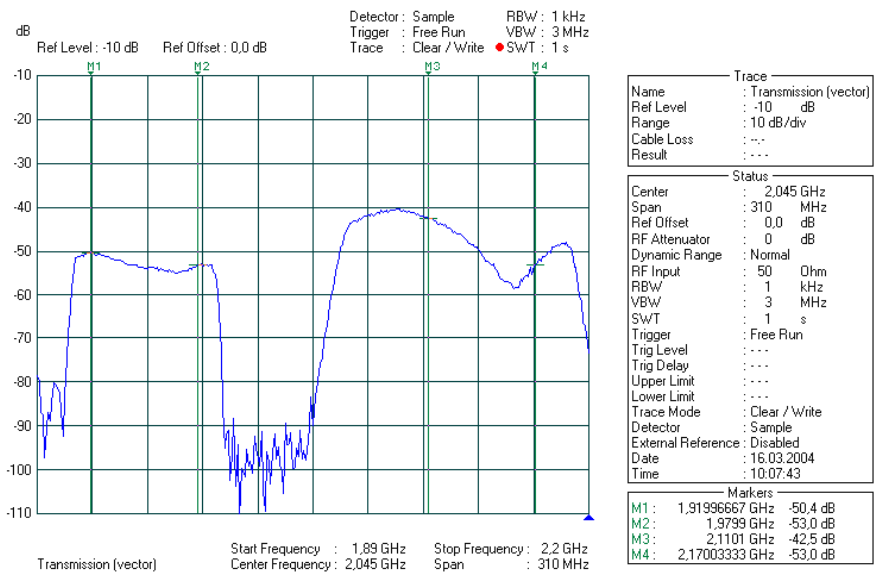
**Observaciones:**

En esta medida, se deben tener en cuenta las pérdidas de ambos cable alimentadores y la atenuación de ambos TMAs (que serán diferentes en los rangos UL y DL).

El desacoplo de la antena se puede detectar sólo en las bandas de paso de los filtros TMA.

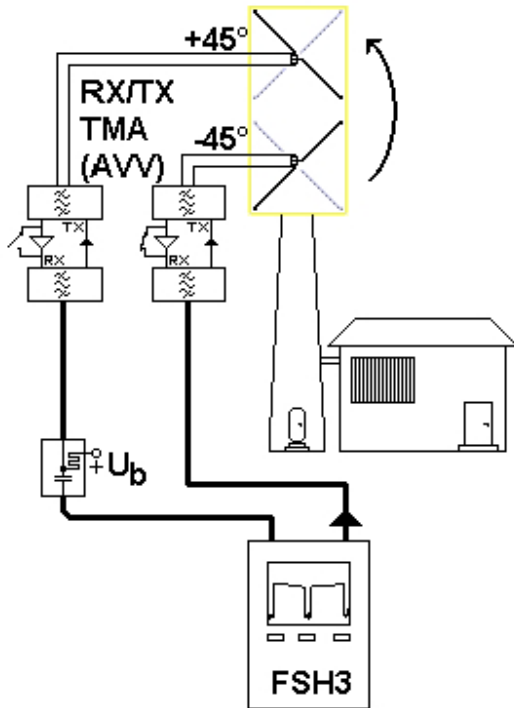
Los resultados de la medida de desacoplo se tienen que comparar con el desacoplo especificado para el tipo de antena (especificaciones del fabricante) en la inclinación eléctrica definida.

**Ejemplo de medida:**



### Medida de la Ganancia TMA

Montaje:



#### Configuración en el R&S FSH:

Quitar el puente (R&S FSH-Z2).

Activar el generador de tracking en el R&S FSH (tecla MEAS-MEASURE: Seleccionar TRACKING GEN: Pulsar la tecla ENTER)..

Seleccionar la frecuencia central: Basado en el servicio del sistema (tecla FREQ: entrada del valor de frecuencia).

Seleccionar span: basado en el servicio (tecla SPAN: entrada del valor del span).

Seleccionar la medida vectorial en el R&S FSH (tecla MEAS: MEAS MODE: Seleccionar VECTOR: Pulsar la tecla ENTER).

Calibrar la medida: Pulsar la tecla TRANSM CAL y seguir las instrucciones en el R&S FSH.

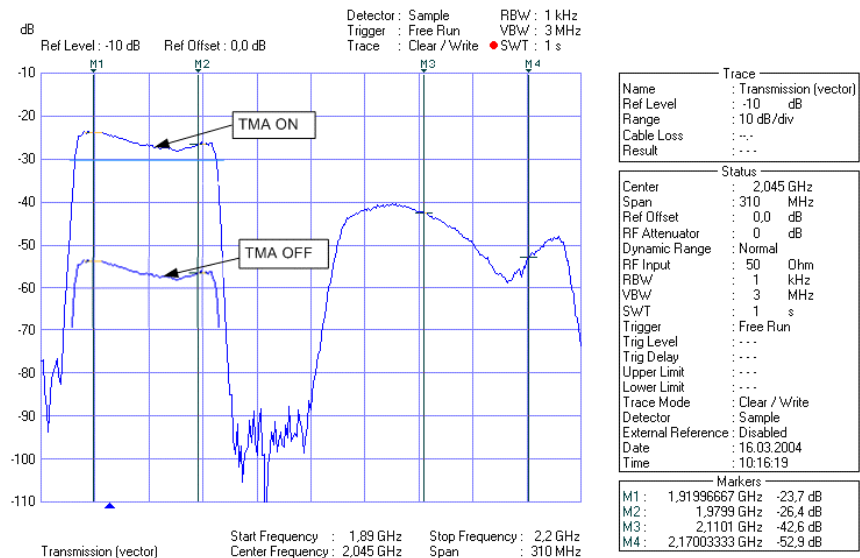
Alimentación TMA: Con "Bias T" externo.

Conectar la entrada de RF y la salida del generador de tracking con los conectores del cable de las antenas bajo prueba.

#### Observaciones:

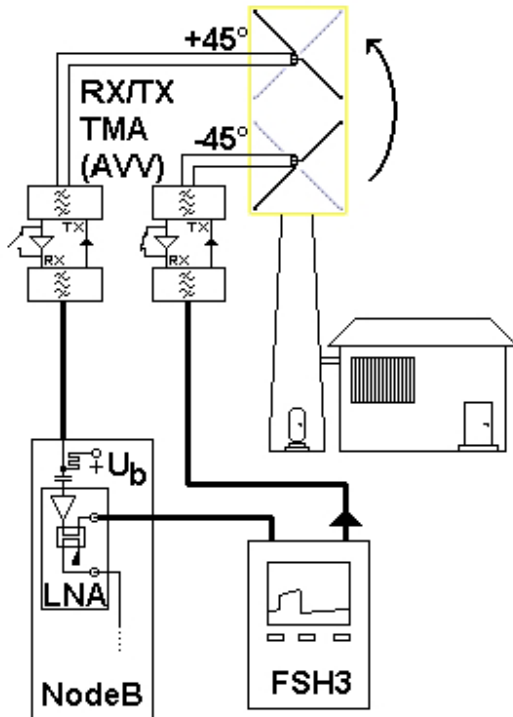
La ganancia TMA se puede determinar conectando y desconectando la potencia TMA. Esta medida se puede realizar junto con la medida de desacoplo de la antena tal y como se describe en la sección anterior.

Ejemplo de medida:



### Medida de la Ganancia del Sistema Completo

Montaje:



#### Configuración en el R&S FSH:

Quitar el puente (R&S FSH-Z2).

Activar el generador de tracking en el R&S FSH (tecla MEAS-MEASURE: Seleccionar TRACKING GEN: Pulsar la tecla ENTER).

Seleccionar la frecuencia central: Basado en el servicio del sistema (tecla FREQ: entrada del valor de frecuencia).

Seleccionar span: basado en el servicio (tecla SPAN: entrada del valor del span).

Ajustar el nivel de referencia a -10dB: tecla AMPT:entrada -10: Pulsar la tecla ENTER.

Seleccionar la medida vectorial en el R&S FSH (tecla MEAS: MEAS MODE: Seleccionar VECTOR: Pulsar la tecla ENTER).

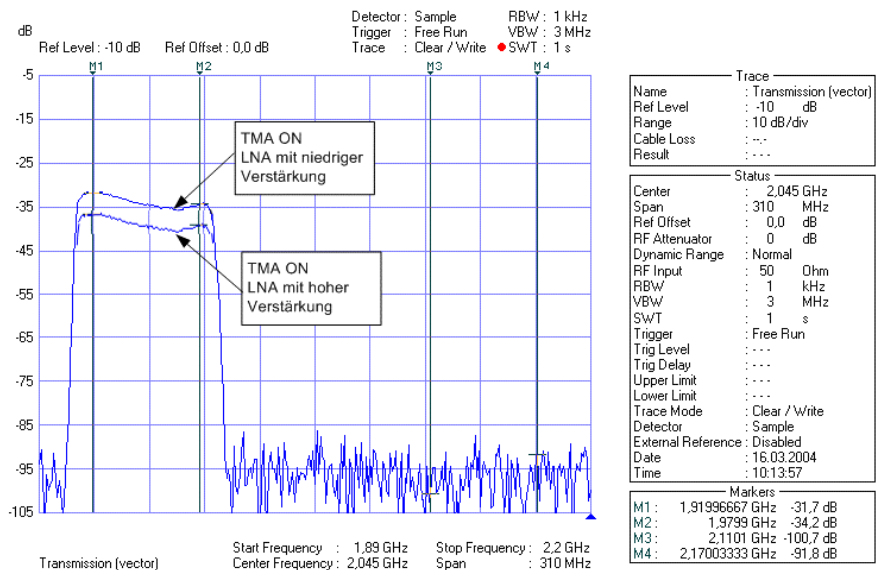
Calibrar la medida: Pulsar la tecla TRANSM CAL y seguir las instrucciones en el R&S FSH.

Alimentación TMA: Mediante la estación base

#### Observaciones:

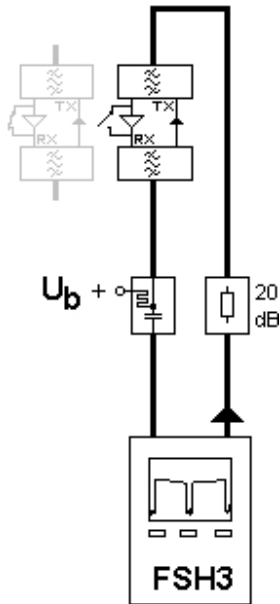
La ganancia TMA se puede determinar junto con el sistema completo conectando y desconectando la potencia TMA. En esta medida, sólo se puede detectar el rango UL debido al filtro UL instalado en el sistema.

Ejemplo de medida:



**Medida de la Ganancia TMA fuera del sistema**

Montaje:



**Configuración en el R&S FSH:**

Quitar el puente.

Activar el generador de tracking en el R&S FSH (tecla MEAS-MEASURE: Seleccionar TRACKING GEN: Pulsar la tecla ENTER).

Ajustar el nivel de salida del generador de tracking a -20dBm.

Seleccionar la frecuencia central: Basado en el servicio del sistema (tecla FREQ: entrada del valor de frecuencia).

Ajustar el nivel de referencia a +10dBm: tecla AMPT: entrada +10: Pulsar la tecla ENTER.

Seleccionar la medida vectorial en el R&S FSH (tecla MEAS: MEAS MODE: Seleccionar VECTOR: Pulsar la tecla ENTER).

Calibrar la medida: Pulsar la tecla TRANSM CAL y seguir las instrucciones en el R&S FSH.

Alimentación TMA: Con "Bias T" externo

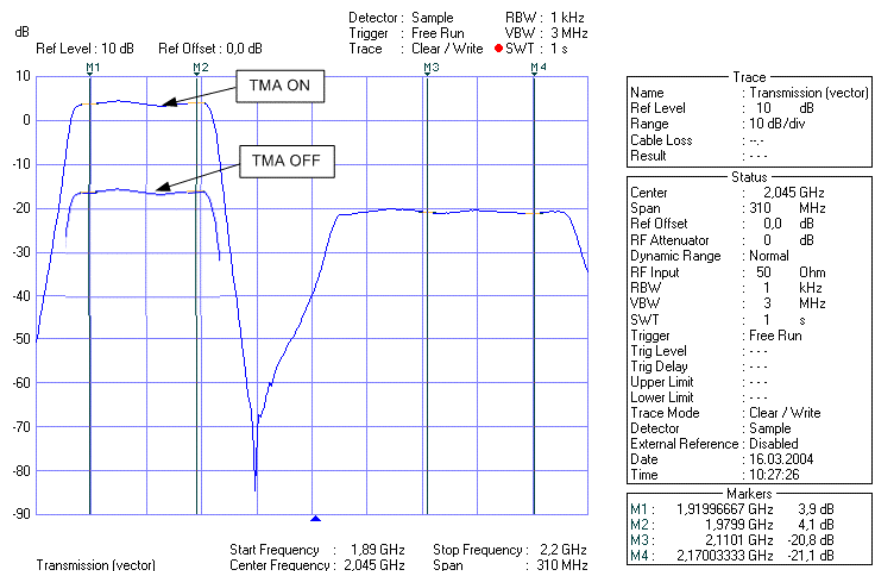
Insertar un atenuador de 20dB a la salida del generador de tracking del R&S FSH.

**Observaciones:**

La ganancia TMA se puede determinar antes de instalarse en un sistema de antenas conectando y desconectando la potencia TMA.

Se debería usar un atenuador en la entrada TMA para protegerlo contra sobrecargas.

Ejemplo de medida:



## 7 Información Adicional

### Nota acerca de Antenas defectuosas

Las medidas de adaptación y desacoplo no pueden excluir la posibilidad de un defecto en el sistema de antenas. Aún cuando no se detecta nada sospechoso en la medida, todavía es posible que las características de transmisión y recepción de la antena no sean satisfactorias.

Se pueden usar las siguientes medidas para buscar antenas defectuosas que producen radios de cobertura insuficientes:

- Función RX (análisis de la potencia transmitida de la estación referenciada al nivel DL).
- Análisis de los niveles DL en diferentes canales GSM de la estación base. Es posible que los niveles DL en los canales en un sistema defectuoso sean mayores o menores que aquellos en un funcionamiento apropiado.
- Para GSM, ¿ocurre un handover intracelular un poco antes de la asignación TCH? El nivel de los canales afectados podría ser demasiado bajo debido a problemas de la antena, y por tanto el canal podría tener fallos debido a interferencias.
- Relación recíproca UL-DL en los límites horizontales del diagrama de antena.
- La longitud de campo en el área de cobertura de la antena es demasiado bajo comparado con el valor teórico, e.j. normalmente la antena muestra una asimetría (ver debajo).

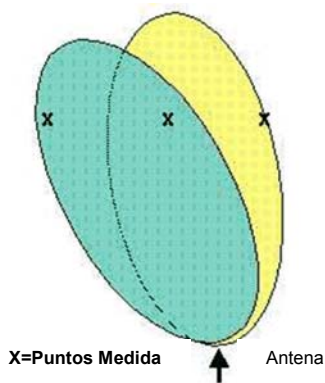
### Asimetría del lóbulo direccional en frecuencia

Una antena defectuosa puede presentar el siguiente comportamiento:

Dependiendo de la situación, el nivel DL es infinitamente diferente para frecuencias lejanas (e.j. canales 20 y 100 de GSM) y está incluso invertido cuando se realiza una medida en el lado opuesto del diagrama de antena.

La simetría de nivel UL/DL es muy diferente en los lados opuestos del diagrama de antena, algunas veces incluso invertidos.

Por favor, tener en cuenta que la antena puede desarrollar una asimetría significativa, lo que supone que la dirección principal de radiación puede diferir considerablemente del valor nominal!





## 8 Abreviaturas

DL	Downlink (dirección de transmisión de la BTS)
DTF	Distance to fault Measurement (Medida Distancia a Fallo)
FDR	Frequency domain reflectometer (Reflectómetro dominio frecuencia)
LNA	Low noise amplifier (Amplificador bajo ruido)
RL	Return loss (Pérdidas retorno)
Rx	Receiver (Receptor)
SX	cross-polarized (polarización cruzada)
TDR	Time domain reflectometer (Reflectómetro dominio tiempo)
TMA	Tower-mounted amplifier (Amplificador montado en torre)
Tx	Transmitter (Transmisor)
UL	Uplink (dirección de transmisión de la estación móvil)

## 9 Información Equipo

Tipo equipo		Número pedido
R&S FSH3	Analizador Espectro Portátil 100 kHz a 3 GHz con Generador Tracking	1145.5740.13
R&S FSH3	Analizador Espectro Portátil 100 kHz a 3 GHz con Generador Tracking y Preamplificador	1145.5740.23
R&S FSH6	Analizador Espectro Portátil 100 kHz a 6 GHz con Generador Tracking y Preamplificador	1145.5850.26
R& FSH-B1	Medida distancia a fallos para R&S FSH	1145.5750.02
R&S FSH-K2	Medida transmisión y reflexión Vectorial para R&S FSH	1157.3387.02
R&S FSH-Z2	Puente ROE para R&S FSH, 10 MHz a 3 GHz	1145.5767.02



ROHDE & SCHWARZ ESPAÑA · Salcedo, 11 · 28034 Madrid · Teléfono +34 91 33410 70 · Fax +34 91 803 58 33

Internet: <http://www.rohde-schwarz.es> · e-mail: [stecnico@rses.rohde-schwarz.com](mailto:stecnico@rses.rohde-schwarz.com)