



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## Práctica de Laboratorio: Introducción al laboratorio de Radiocomunicaciones

<b>Apellidos, nombre</b>	Bachiller Martín, Carmen (mabacmar@dcom.upv.es) Fuster Escuder, José Miguel (jfuster@dcom.upv.es) Sempere Payá, Luis (lsemper@dcom.upv.es)
<b>Departamento</b>	Departamento de Comunicaciones
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación



## 1 Resumen de las ideas clave

En este artículo se presenta una práctica de introducción a un Laboratorio de Radiocomunicaciones. La práctica está estructurada como sigue:

Contenidos de este artículo
1. Introducción.
2. Objetivos.
3. Introducción Teórica a un Laboratorio de Radiocomunicaciones.
4. Trabajo en el laboratorio: medidas con el osciloscopio y con el analizador de espectro.
5. Cierre.

Tabla 1. Contenidos del artículo.

## 2 Introducción

El estudio de la Ingeniería de Telecomunicación tiene un componente práctico muy importante. Las diferentes disciplinas de la Telecomunicación llevan asociadas dispositivos e instrumentos de medida específicos. En esta práctica se presenta al alumno el Laboratorio de Radiocomunicaciones, que contiene dispositivos para la generación y medida de todo tipo de señales de alta frecuencia, bien sea para su transmisión en medios guiados o en espacio libre.

Además durante la práctica se presenta el trabajo que realizará en las siguientes prácticas en el laboratorio.

Las prácticas que se realizarán en el Laboratorio son:

- 1.- Introducción
- 2.- Polarización y antenas
- 3.- Resolución de las Ec. del EM. en RPS. Problemas de Polarización.
- 4.- Incidencia de ondas planas
- 5.- Propagación en medios guiados
- 6.- Radiación.

## 3 Objetivos

El objetivo es que el alumno aprenda a identificar y manejar los diferentes dispositivos de generación e instrumentos de medida del laboratorio. Para ello el profesor realizará una explicación teórica de todos y cada uno de ellos y los alumnos realizarán medidas con el osciloscopio y el analizador de espectros.



## 4 Desarrollo

La práctica tiene dos partes, la primera se corresponde con una introducción teórica al puesto de prácticas y al puesto central del laboratorio. Esta viene dada por el profesor de prácticas y apoyada con diferente material audiovisual: fotografías, esquemas, vídeos sobre el funcionamiento y la operación de cada dispositivo, etc. La segunda parte corresponde al trabajo que el alumno debe hacer en el puesto de prácticas, consistente en la realización de unas medidas con el osciloscopio y el analizador de espectros y la resolución de unas actividades.

### 4.1 Introducción Teórica

El **puesto de prácticas** dispone de los siguientes elementos:

- Generador de funciones: es el encargado de generar las señales que habrá que medir.
- Ordenador: se utilizará para hacer simulaciones, ver vídeos o realizar cálculos sencillos.
- Osciloscopio: permite visualizar las señales en el dominio temporal
- Analizador de espectro: podremos ver y medir señales en el dominio de la frecuencia. En el siguiente punto se tratará con más detalle a través de ejemplos. Mide potencia y frecuencia
- Fuente de alimentación: permite alimentar los dispositivos con una señal de corriente continua.

Además el **puesto central** cuenta con:

- Sintetizador de radiofrecuencia
- Analizador de redes
- Tester
- Cables, conectores y dispositivos de radiocomunicaciones
- Test-set de radiocomunicaciones
- Bus de alimentación controlado por el ordenador.

#### 4.1.1 Osciloscopio

Instrumento para visualizar y medir una señal de tensión en el dominio del tiempo.

Instrumento fundamental en todo laboratorio de electrónica. En su versión **analógica** se basa en la deflexión electrostática del haz de electrones de un tubo de rayos catódicos. En su versión **digital** su operación tiene tres partes: adquisición (muestreo, cuantificación y codificación), medida (comparación) y visualización (generación de vídeo sintético).



## Osciloscopio

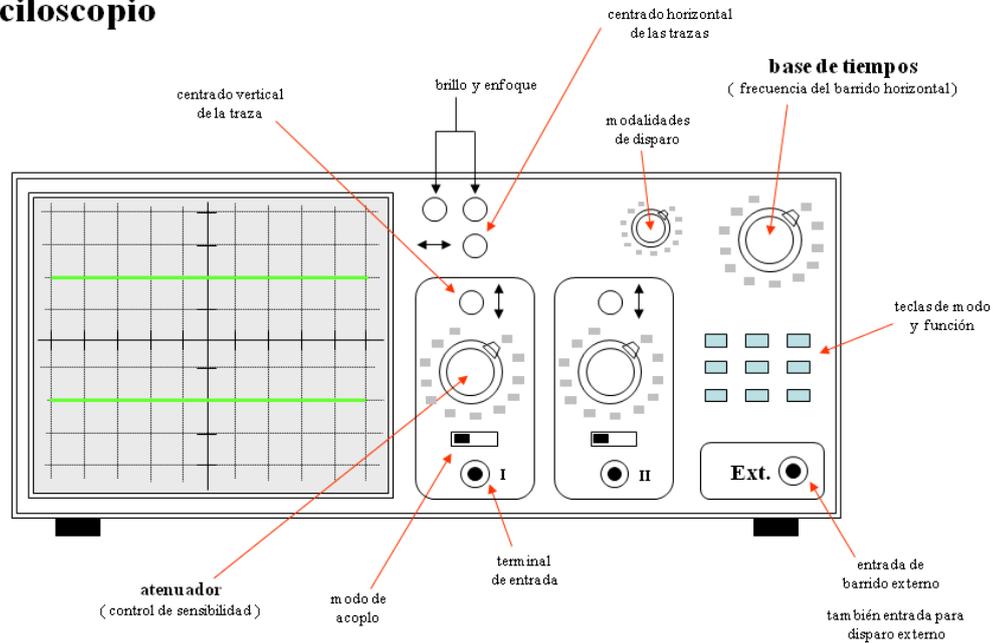


Imagen 1. Frontal de un osciloscopio

Modo de funcionamiento de un osciloscopio digital:

Osciloscopio digital **TDS 220**

<http://polimedia.upv.es/polimedia.v2/lanza/index.asp?id=2afe7dce-deb8-7340-b38e-e05be20abea4>

Osciloscopio digital **TDS 320**

<http://polimedia.upv.es/polimedia.v2/lanza/index.asp?id=9bb9f08c-f14b-554e-89e4-7b983bb55295>

### 4.1.2 Fuente de alimentación

Es el equipo que proporciona de manera estable la tensión o tensiones requeridas en el banco de test. Trabaja en diferentes modos:

- Independiente.
- Simétrico (TRACK).
- Serie.
- Paralelo.



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

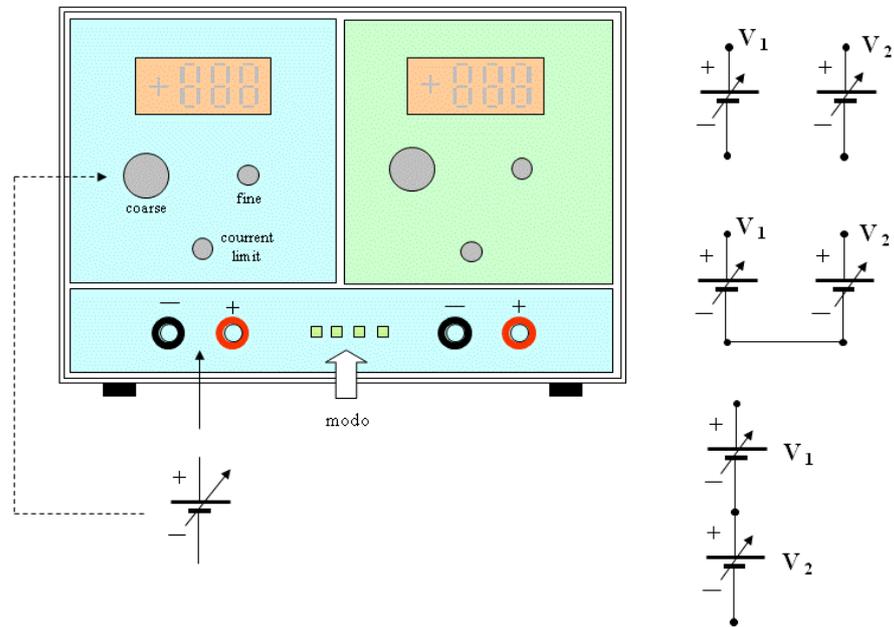


Imagen 2. Fuente de alimentación

### 4.1.3 Generador de funciones

El es equipo que proporciona formas de onda como excitación para un circuito bajo test.

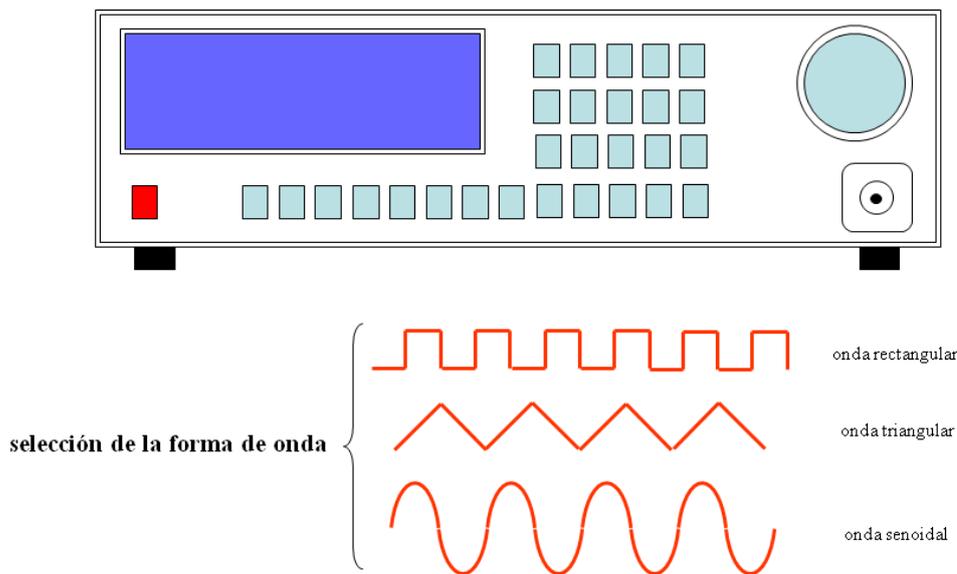


Imagen 3. Generador de funciones

Modo de funcionamiento del generador de funciones HP 33120:



<http://polimedia.upv.es/polimedia.v2/lanza/index.asp?id=b748da28-a487-d44d-81c1-f681623754dc>

#### 4.1.4 Analizador de espectro

Es el instrumento que se utiliza para visualizar y medir una señal de radiofrecuencia en el dominio de la frecuencia, permite hacer medidas de:

- frecuencias que componen una señal,
- potencias
- ancho de banda

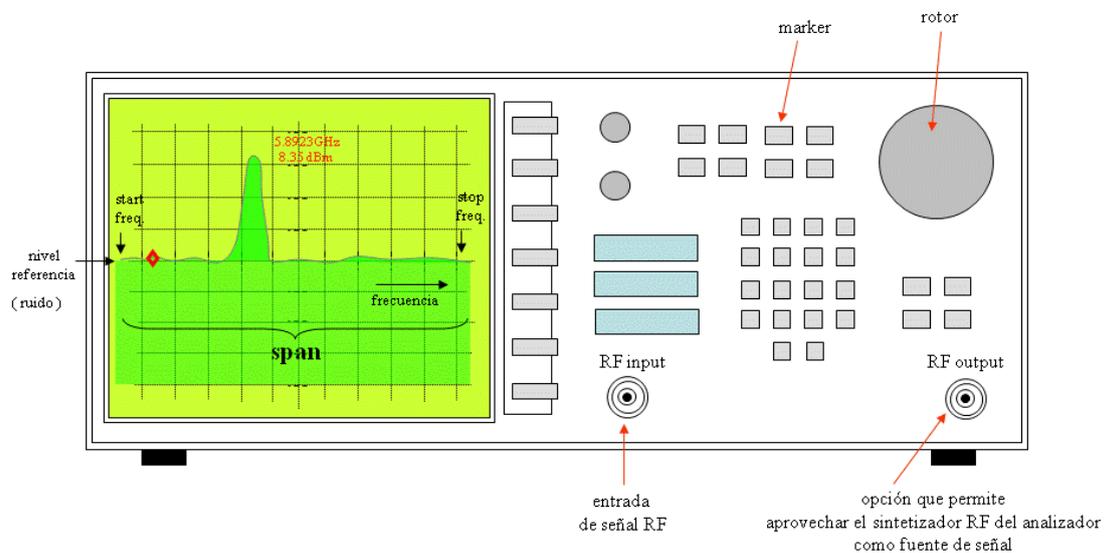


Imagen 4. Analizador de espectros

La pantalla de un osciloscopio y de un analizador de espectro tiene aparentemente la misma forma, pero las magnitudes físicas difieren, ya que el osciloscopio mide tensión frente a tiempo y el analizador de espectros mide potencia frente a frecuencia.

Los controles básicos que se utilizarán para estas prácticas son:

- SPAN.
- Frecuencia central.
- Nivel de referencia y escala vertical.
- Resolución del filtro (Res BW)



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

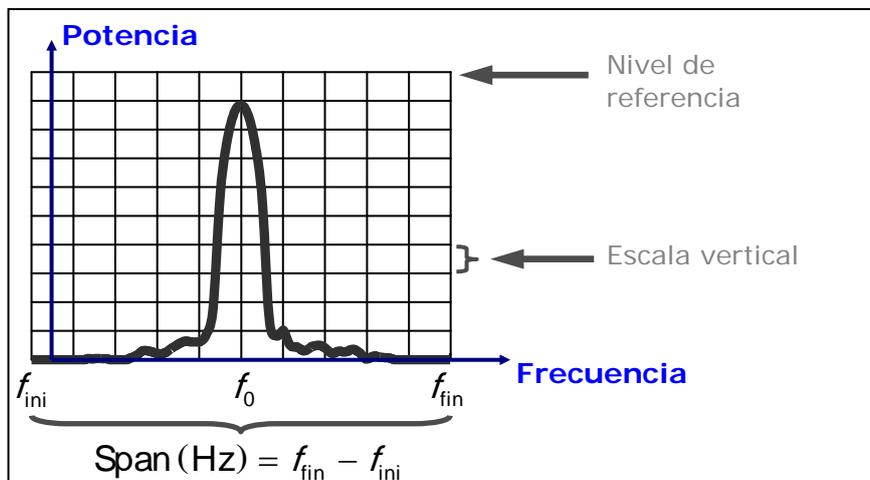


Imagen 5. Representación gráfica de los parámetros del analizador de espectro.

Todo analizador de espectro se caracteriza por disponer de estos controles, aunque según su modelo, marca, características, precio, versión, etc, pueden tener controles adicionales como son cursores de medida, promediado, demodulación de señales de AM, memoria para almacenar señales y configuraciones...

Modo de funcionamiento:

Analizador de espectros **HP 8590-L**

<http://polimedia.upv.es/polimedia.v2/lanza/index.asp?id=eabc7f97-0f67-524f-bc0b-02a1b953359f>

Analizador de espectros **Tek2711**

<http://polimedia.upv.es/polimedia.v2/lanza/index.asp?id=623bc028-6457-d940-8287-b360be8a6f7c>

#### 4.1.5 Sintetizador de radiofrecuencia (generador de barrido)

Equipo que proporciona una señal de radiofrecuencia obtenida por técnicas de síntesis de frecuencia.

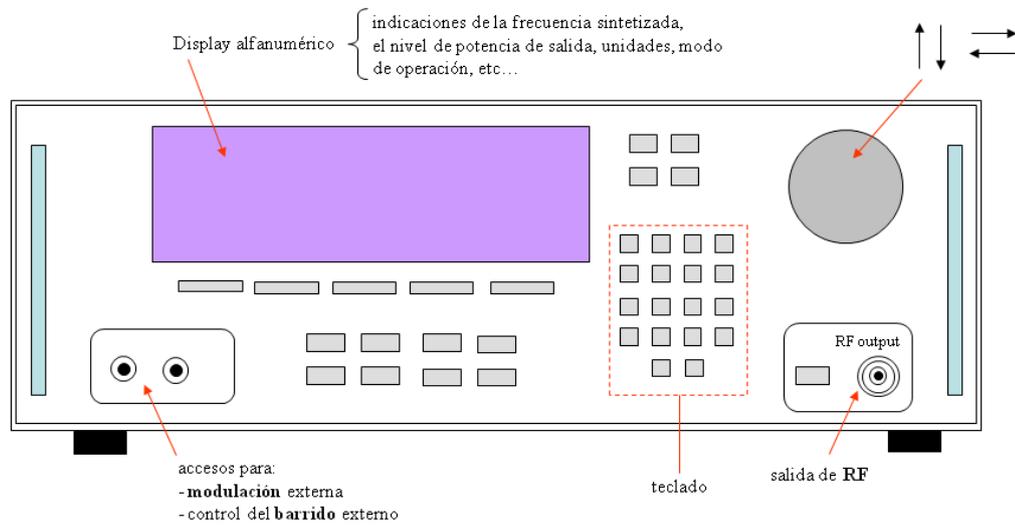


Imagen 6. Sintetizador de radiofrecuencia

#### 4.1.6 Tester

Instrumento para medir tensiones, corrientes y resistencias.

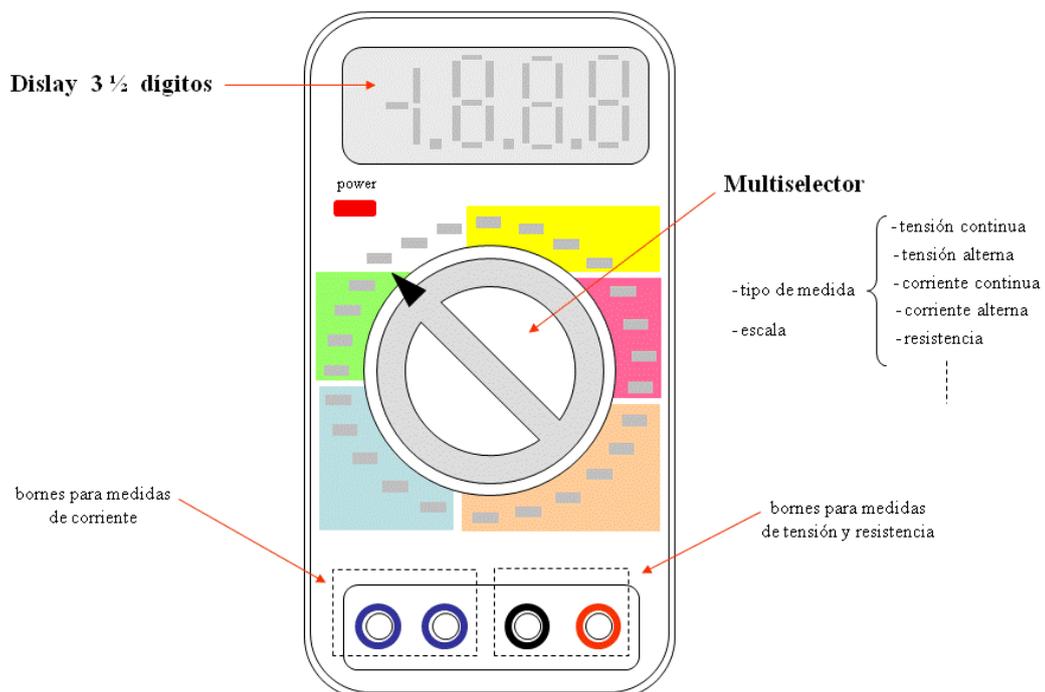


Imagen 7. Tester o multímetro

#### 4.1.7 Analizador de redes

Equipo que permite medir los parámetros de transmisión, reflexión y acoplamiento entre los diferentes puertos de acceso de un dispositivo de radiofrecuencia.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

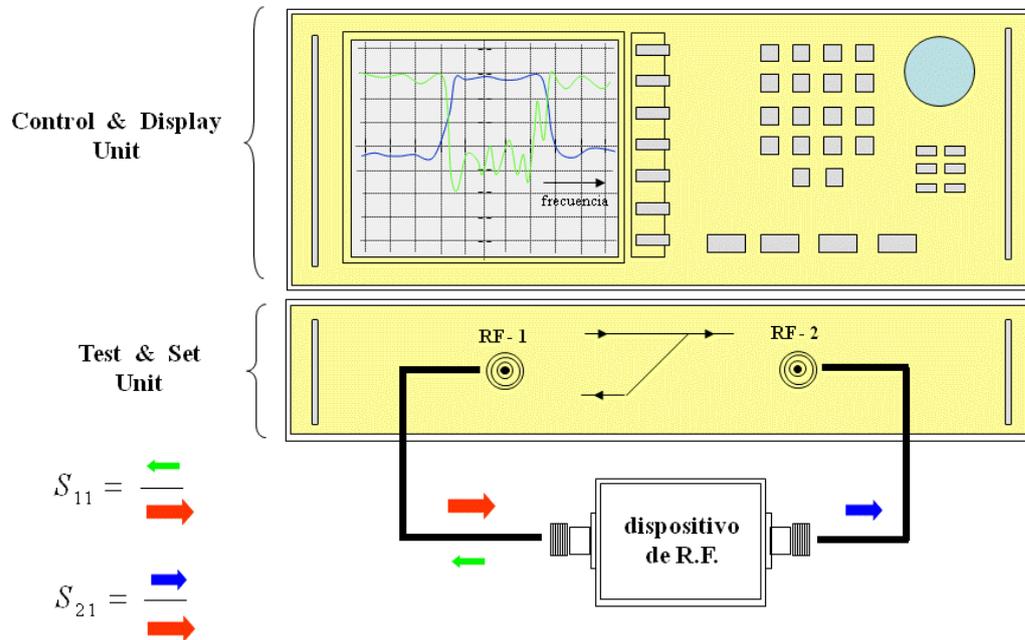


Imagen 8. Analizador de redes.

Manejo del analizador de redes:

<https://polimedia.upv.es/visor/?id=5531ad1c-831d-7d44-b3bb-a545b3b197ba>

#### 4.1.8 Cables, conectores y dispositivos de alta frecuencia

**CABLES:**

**Coaxial:** utilizado para aplicaciones de RF: sistemas de distribución de TV tanto analógica como digital (y terrestre o también vía satélite), sistemas de distribución de TV por cable (CATV), sistemas de telefonía conmutada, instalaciones actuales e incluso futuras de transmisión digital de alta velocidad, equipamiento de medidas y test, sistemas de telefonía móvil, etc.

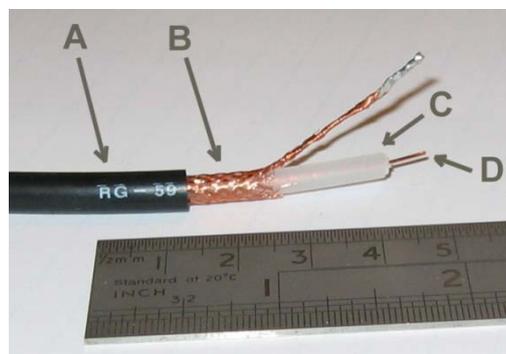


Imagen 9. Geometría de un cable coaxial (A: cubierta protectora de plástico, B: malla de cobre, C: aislante, D: núcleo de cobre).

**CONECTORES:**



**Conectores BNC:** Esta serie de conectores son de pequeño tamaño (miniatura) y ligeros de peso; habiendo sido diseñados para operar típicamente hasta una frecuencia inferior a los 4 GHz. Existen conectores BNC de 50  $\Omega$  y de 75  $\Omega$ .

**Conectores SMA:** Los conectores de esta serie son más pequeños (subminiatura) que los de la anterior (BNC); y pueden emplearse a cualquier frecuencia comprendida entre continua (DC) y 18 GHz. Tienen una impedancia de 50  $\Omega$ .

**Conectores N:** Los conectores de esta familia son de tamaño medio y presentan tipo de acoplamiento roscado (*threaded*). En cuanto a la impedancia y margen de frecuencias de funcionamiento los suele haber de dos tipos: los que presentan una impedancia de 50  $\Omega$  y pueden operar entre 0 GHz (DC) y 11 GHz, y los que tienen una impedancia de 75  $\Omega$  y trabajan hasta una frecuencia aproximada de 1'5 GHz.

**Conectores F:** Estos conectores son pequeños (aproximadamente de igual tamaño que los BNC de 75  $\Omega$ ); y suelen usarse a frecuencias menores siempre que 3 GHz. Su tipo de acoplamiento suele ser roscado (*threaded*) y tienen una impedancia de 75  $\Omega$ .

**Conectores TV:** se trata de los conectores que se tienen en la casa para llevar la señal de TV que baja de la antena al receptor; y lógicamente presentan una impedancia de 75  $\Omega$ .



Conector BNC



Conector SMA



Conector N



Conector F



Conector TV

Imagen 10. Conectores de radiofrecuencia

## TRANSICIONES

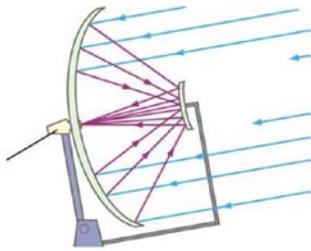
En algunas circunstancias resulta necesario conectar elementos entre sí (por ejemplo dos cables coaxiales, o un cable y un equipo, etc.) terminados en conectores de diferentes familias (por poner un caso BNC y SMA), o incluso de la misma familia pero de la misma forma (2 N hembra por citar un ejemplo); siendo necesario en tales situaciones el uso de una transición (en inglés *adapter*) entre los dos conectores.

## DISPOSITIVOS DE RF:

Existen diferentes dispositivos de RF que realizan distintas funciones dentro de un sistema de comunicaciones, tenemos antenas, guías de onda, filtros, diplexores y multiplexores, híbridos, etc.



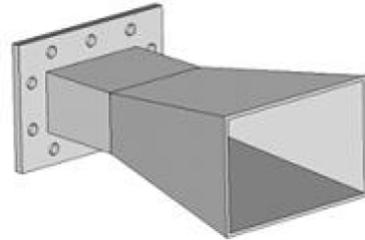
UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



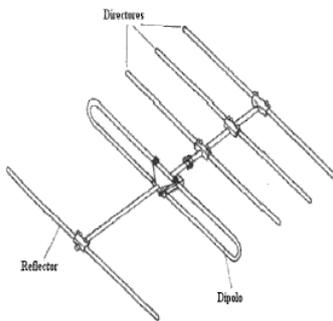
Reflector parabólico



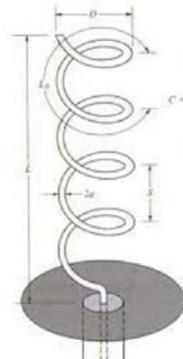
Monopolo



Bocina



Antena Yagi-Uda



Helicoidal



Array de antenas: antena parche

Imagen 11.

Antenas

## 4.2 Trabajo en el Laboratorio

### OSCILOSCOPIO:

Conecte el generador de funciones al osciloscopio, genere una señal sinusoidal de 1 vpp, de 10 KHz. Visualícela en el osciloscopio, modificando adecuadamente la base de tiempos y la amplitud. Realice la FFT para ver el espectro en frecuencia de esa señal.

Ahora genere una señal cuadrada de 10 KHz, con la misma amplitud, visualícela en el osciloscopio y genere su espectro en frecuencia con la función FFT.

¿Qué diferencias se observan en el espectro en frecuencia de ambas señales? ¿A qué son debidas?



## ANALIZADOR DE ESPECTRO

- a) Relacione en la siguiente tabla cada una de los términos con las definiciones que se dan:
- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| SPAN •                          | • Nivel de potencia que tendría una señal si alcanzará la línea superior de la cuadrícula del analizador de espectro. Normalmente se mide en dB. |
| Frecuencia central •            | • Separación mínima entre dos frecuencias que es capaz de visualizar el analizador de espectro.  |
| Nivel de referencia •           | • Margen de frecuencias representado y centrado entorno a la frecuencia central.   |
| Resolución del filtro (ResBW) • | • Frecuencia que aparece en el centro del analizador del espectro.   |
| Escala vertical •               | • Margen que cubre cada división en vertical (dB/div)  |
- b) Todos los parámetros se muestran en la propia pantalla del analizador. Identifica los parámetros de configuración definidos anteriormente (SPAN, frecuencia central, nivel de referencia, escala vertical) en la siguiente pantalla de un analizador de espectros, en el que se está viendo un tono de 50MHz y potencia -26.5dBm. A partir de la frecuencia central y del SPAN, ¿cuál es la frecuencia máxima y mínima que estamos visualizando?

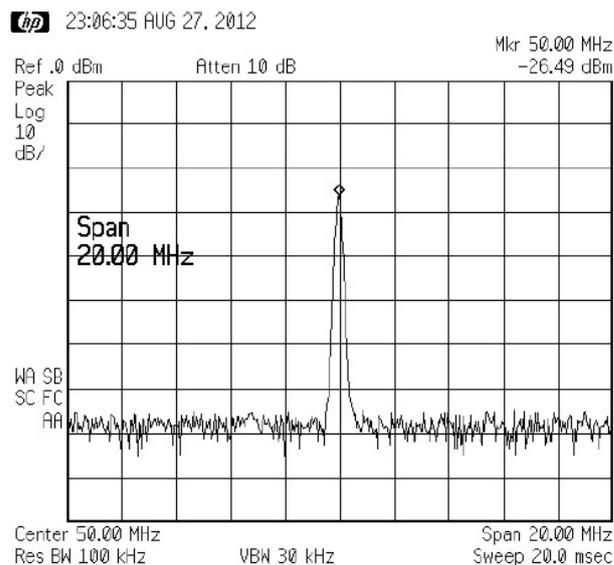


Imagen 12. Pantalla de un analizador de espectros.

- c) Conecte a la entrada del analizador una antena de FM comercial (es decir, una antena que pueda recoger frecuencias entre 85MHz y 110MHz aproximadamente) y ajuste el analizador de espectro para representar entre



este rango de frecuencias: vea cada una de las emisoras de radio, medida las potencias con las que nos llegan y los anchos de banda que ocupa.

Emisoras de radio en Valencia	Nivel de Potencia (dBm)	Ancho de banda (MHz)
88.2 MHz → R5 Todo noticias		
90.9 MHz → Radio Marca		
89.8 MHz → RNE1		
93.4 MHz → Cadena COPE		
96.1 MHz → M80		
96.9 MHz → Kiss FM		
98.4 MHz → Cadena DIAL		
100.4 MHz → Cadena SER		
101.2 MHz → Onda Cero		
103.2 MHz → Europa FM		
106.6 MHz → RNE Clásica		

Tabla 2. Medidas emisoras de radio de Valencia

## 5 Cierre

En esta práctica se ha dado a conocer el Laboratorio de Radiocomunicaciones. Tras la misma los alumnos están capacitados para realizar montajes sencillos y medidas de señales de radiocomunicaciones.

## 6 Bibliografía

V.M. Rodrigo Peñarrocha et al., *Laboratorio de Radiocomunicaciones Tomo I y II*, Universidad Politécnica de Valencia. Servicio de Publicaciones, 2009. ISBN 9788483634509