

# Introducción a la Radioafición

Radioclub de Teleco – E.T.S.I.Telecomunicaciones – Universidad de Vigo

---

Autores:

- Manuel Morán Vaquero, Diplomado EA ([mmv@geocities.com](mailto:mmv@geocities.com))
- Elías Pérez Carrera, EA1AUN ([ealaun@amsat.org](mailto:ealaun@amsat.org))
- Carlos Rico Pereira, Diplomado EC/EB ([crico@lostrego.uvigo.es](mailto:crico@lostrego.uvigo.es))
- Ricardo Sáiz Villoria, EA1APM ([ealapm@amsat.org](mailto:ealapm@amsat.org))

# Índice General

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>8</b>
1.1	Fines y utilidad de la radioafición . . . . .	8
1.2	A quién puede interesar . . . . .	8
1.3	Breve historia . . . . .	8
1.4	Normativa . . . . .	9
1.4.1	Exámenes . . . . .	9
1.4.2	Diploma y licencia . . . . .	10
1.4.3	Libro de guardia . . . . .	11
1.5	Asociaciones . . . . .	11
<b>2</b>	<b>Elementos de la estación</b>	<b>12</b>
2.1	Transceptor . . . . .	12
2.2	Antenas . . . . .	14
2.3	Líneas de transmisión . . . . .	14
2.4	Otros elementos . . . . .	14
2.4.1	Fuentes de alimentación . . . . .	14
2.4.2	Acoplador de antenas y medidor de ROE . . . . .	14
2.4.3	Rotor . . . . .	15
2.4.4	Manipulador y micrófono . . . . .	15
2.4.5	Ordenador . . . . .	15
2.4.6	Otros . . . . .	15
2.5	Normas generales de ubicación y seguridad . . . . .	16
<b>3</b>	<b>Electricidad y radioelectricidad</b>	<b>17</b>
3.1	Bases de la electricidad . . . . .	17
3.2	El decibelio . . . . .	17
3.3	Componentes electrónicos . . . . .	18

3.4	Corriente alterna . . . . .	18
3.5	Circuitos resonantes . . . . .	18
3.6	Bloques básicos . . . . .	19
3.6.1	Amplificadores . . . . .	19
3.6.2	Filtros . . . . .	19
3.6.3	Osciladores . . . . .	20
3.6.4	Mezcladores . . . . .	20
3.7	Modulaciones . . . . .	20
3.7.1	CW . . . . .	20
3.7.2	AM . . . . .	20
3.7.3	SSB . . . . .	21
3.7.4	FM . . . . .	21
<b>4</b>	<b>Antenas</b>	<b>21</b>
4.1	Tipos de ondas . . . . .	21
4.2	Diagrama de radiación y directividad . . . . .	22
4.3	Resonancia . . . . .	22
4.4	Otros parámetros . . . . .	24
4.4.1	Impedancia . . . . .	24
4.4.2	Anchura de banda . . . . .	24
4.4.3	Polarización . . . . .	24
4.4.4	Ángulo de radiación . . . . .	24
4.5	Antenas prácticas . . . . .	25
4.5.1	Dipolo . . . . .	25
4.5.2	Dipolo multibanda . . . . .	25
4.5.3	Antenas de Hilo largo . . . . .	25
4.5.4	Antenas verticales . . . . .	26
4.5.5	Antenas con elementos parásitos . . . . .	26

4.5.6	Antenas yagi . . . . .	27
4.5.7	Antenas colineales . . . . .	27
4.5.8	Parábolas . . . . .	27
<b>5</b>	<b>Líneas de transmisión</b>	<b>28</b>
5.1	Utilidad . . . . .	28
5.2	Problemática de las líneas . . . . .	28
5.3	Tipos de líneas . . . . .	31
<b>6</b>	<b>Espectro Radioeléctrico y propagación</b>	<b>31</b>
6.1	División del espectro . . . . .	31
6.2	Asignación para radioaficionados . . . . .	32
6.3	Composición de la atmósfera . . . . .	33
6.4	Propagación en las bandas de radioaficionado . . . . .	35
6.4.1	Frecuencias Medias o MF (300 kHz–3 MHz) . . . . .	35
6.4.2	Frecuencias Altas o HF (3–30 MHz) . . . . .	35
6.4.3	Frecuencias Muy Altas o VHF (30–300 MHz) . . . . .	37
6.4.4	Frecuencias Ultra Altas o UHF (300 MHz – 3 GHz) y superiores . . . . .	38
<b>7</b>	<b>Códigos y operacion en HF</b>	<b>38</b>
7.1	CQ: Llamada general . . . . .	39
7.2	Código Q . . . . .	39
7.3	RST . . . . .	40
7.4	Deletreo . . . . .	40
7.5	Morse (CW) . . . . .	41
7.6	Fonía . . . . .	41
7.7	QSLs . . . . .	42
7.8	DX . . . . .	42
7.9	Concursos . . . . .	43

	5
7.10 Diplomas . . . . .	43
7.11 Coste y eleccion del equipo . . . . .	43
<b>8 Operación en VHF y superiores</b>	<b>44</b>
8.1 Fonía en FM . . . . .	44
8.2 Señal debil (repaso propagacion) . . . . .	44
8.3 Elección del equipo . . . . .	45
<b>9 Modos digitales</b>	<b>46</b>
9.1 Introducción . . . . .	46
9.2 RTTY . . . . .	46
9.3 PSK31 . . . . .	47
9.4 Packet . . . . .	47
9.4.1 Protocolo . . . . .	47
9.4.2 Modulaciones, módems, equipo necesario . . . . .	48
9.4.3 Servicio que presta: enlaces, BBS, Cluster, etc . . . . .	48
9.4.4 APRS . . . . .	48
<b>10 Satélites</b>	<b>49</b>
10.1 Historia . . . . .	49
10.2 Tipos de órbita . . . . .	50
10.3 Transpondedores lineales . . . . .	50
10.4 Digitales . . . . .	50
10.5 Repetidores de FM . . . . .	51
10.6 Equipo necesario . . . . .	51
10.7 Satélites meteorológicos . . . . .	52
<b>11 Otros modos</b>	<b>53</b>
11.1 Television de Aficionados . . . . .	53
11.2 EME y MS . . . . .	53

11.3 Microondas (propagacion, equipos, ventajas e inconvenientes) . . . . . 53

11.4 LF . . . . . 54

11.5 QRP . . . . . 54

## Prefacio

Esperamos que este documento que se presenta como una simple guía de clases, pueda ser ampliado en el futuro por otros radioaficionados, socios o no del Radioclub de Teleco.

Es nuestra intención aportar una ayuda a los hispanohablantes con curiosidad por la radio, dado que en Internet no se encuentra mucha información de base que no esté en inglés.

Hemos pretendido cubrir todos los temas, aunque sea de forma muy superficial. Queremos transmitir la idea de que esta afición es enormemente amplia y adaptable a los intereses, conocimientos y tiempo libre de cualquier persona.

Si hubiese que elegir un libro con el que iniciarse en la radioafición, ése sería la **“Guía Internacional del Radioaficionado”** de la Editorial Marcombo.

Esta documentación puede ser encontrada en varios formatos en el servidor del Radioclub en <http://lostrego.uvigo.es>. Sobre cualquiera de los temas que se tratan en esta guía se puede encontrar extensísima información en Internet, simplemente introduciendo el término en un buscador (p.e. [www.google.com](http://www.google.com)) Podríamos haber hecho una lista con enlaces, pero ésta es la mejor forma, en nuestra opinión, de acceder a la información más actualizada sobre el tema. En cualquier caso es fundamental leer y entrar en contacto con asociaciones de radioaficionados.

Los autores.

Vigo, 1 de Octubre de 2.001

# 1 Introducción

## 1.1 Fines y utilidad de la radioafición

¿Te gustaría comunicar con personas de otros países, cacharrear con la electrónica o ayudar en caso de emergencia? El radioaficionado realiza todas estas actividades para su disfrute, demostrando su altruísmo y colaboración en emergencias. La máxima del radioaficionado es "experimenta y comparte". El poder hablar con otro compañero radioaficionado de tu zona o incluso extranjero puede ser interesante para intercambiar conocimientos y experiencias, sobretodo cuando uno se construye su propio equipo y comprueba lo trabajado que está, proporcionándole una satisfacción ver que puedes realizar contactos con otros aficionados que emiten o reciben en onda corta, VHF y UHF. Además de fonía y telegrafía, se utilizan otros modos de comunicación: radioteletipo, televisión, radiopaquete o incluso vía satélite. Te conviertes en definitiva en un perfecto técnico con amplios conocimientos en electrónica y radio.

## 1.2 A quién puede interesar

La manera de iniciación en este mundo depende de los acontecimientos. El interés transmitido por un amigo, la lectura de un libro o de una revista técnica, el descubrimiento casual de una transmisión extraña captada con un receptor de radio de casa, por afición a la electrónica, son las formas más comunes por las cuales se "contagia" esta afición. En principio cualquiera puede ser radiaficionado o en su defecto radioescucha, siendo la edad mínima de 13 años para obtener un diploma de operador o una licencia de estación de aficionado en España. Existen tres tipos de licencia y diploma de operador: clase A o general, clase B o restringida y la clase C o de principiante.

## 1.3 Breve historia

La radioafición, como toda radiocomunicación, está fundamentada en los fenómenos físicos que fueron estudiados de forma práctica y teórica por Gilbert, Maxwell, Faraday, Volta, Xalvin y Cavendish. Así de forma cronológica resumiremos los principales descubrimientos que tuvieron gran trascendencia en el mundo de la radio:

- 1887 – Heinrich Hertz consigue la primera transmisión-recepción de ondas de radio.
- 1896 – Marconi realiza el primer sistema práctico de recepción y transmisión de ondas hertzianas.
- 1897 – Se consiguen transmitir señales de radio a una distancia de 15 km.
- 1898 – Comunicación bilateral sin hilos entre Dover (Inglaterra) y Wimerax (Francia), cubriendo una distancia de 130 km.
- 1901 – Marconi recibe la letra S en código Morse en San Juan de Terranova, transmitida por Ambrose Fleming desde Poldhu (Inglaterra).

- 1900 a 1910 - Se construyen rudimentarios transmisores y receptores.
- 1911 – El Doctor Luis Cirera Terre, en su Torre Sarri (Barcelona) enlazó con D. Javier Canals, situado en la calle Caspe de Barcelona (unos 5 km. de distancia) con una longitud de onda de 500 m.
- 1914 – El movimiento de los radioaficionados fue extendiéndose por todo el mundo, creándose las primeras asociaciones de radioaficionados.
- 1921 – Comunicaciones transatlánticas (E.E.U.U - Europa) entre estaciones de radioaficionados.
- 1922 – Primera asociación española: el antiguo Radio Club España.
- 1924 – Primeros comunicados en longitudes de onda inferiores a 90 m.
- 1925 – Se funda la IARU (Unión Internacional de Radioaficionados).
- 1933 – Fusión de la EAR y RED ESPAÑOLA en una sola entidad, la URE (Unión de Radioaficionados Españoles).

## **1.4 Normativa**

### **1.4.1 Exámenes**

Este examen es obligatorio para poder operar la estación, demostrando unos conocimientos mínimos. Se compone de tres o de cuatro partes:

1. Conocimiento suficiente de electricidad y radioelectricidad para operar la estación.
2. Conocimiento de la normativa en general referente a las estaciones de aficionado.
3. Ajuste y manejo de estaciones de aficionado.
4. Prueba de transmisión a mano y recepción auditiva de un texto en código Morse para los que opten a las clases C y A, a una velocidad de ocho y doce palabras por minuto, respectivamente.

Tenemos tres convocatorias de examen al año: una en octubre, otra en febrero y otra en junio a finales de cada mes, entregando la solicitud a principios del mes anterior. La solicitud se realiza en la Jefatura de Inspección Provincial de Telecomunicaciones que corresponda. Esa misma oficina notifica por carta la fecha, hora y lugar en que se realizará el examen, que siempre es en sábado en la capital de la provincia. Junto con la solicitud hay que entregar una fotocopia del DNI y las fotocopias compulsadas del libro diario si vamos a examinarnos de Clase A. En caso de suspender alguna de las pruebas podremos presentarnos en la siguiente convocatoria sin pagar de nuevo. Las pruebas aprobadas se conservan indefinidamente.

### 1.4.2 Diploma y licencia

La edad mínima para obtener el diploma de operador o una licencia de estación de radioaficionado es de 13 años en España. Tenemos tres tipos de licencia y diploma de operador, el de clase A o general, el de clase B o restringida y el de clase C o de principiante. Normalmente se suele empezar con la licencia de clase B o la de C, o ambas a la vez. Para la obtención de la licencia de clase A, es condición indispensable haber sido titular del diploma/licencia de operador de clase C durante al menos 6 meses y además justificar con fotocopia compulsada del libro de diario haber realizado 75 contactos como mínimo, de los cuales 50 han de ser con estaciones extranjeras. Las frecuencias en las que se puede operar con cada diploma/licencia son las siguientes:

- Clase A:

1.830 - 1.850 kHz  
3.500 - 3.800 kHz  
7.000 - 7.100 kHz  
10.100 - 10.150 kHz  
14.000 - 14.350 kHz  
18.068 - 18.168 kHz  
21.000 - 21.450 kHz  
24.890 - 24.990 kHz  
28.000 - 29.700 kHz

- Clases A y B:

144 - 146 MHz  
430 - 440 MHz

- Clase C:

3.550 - 3.600 kHz CW  
3.600 - 3.700 kHz  
7.020 - 7.030 kHz CW  
21.050 - 21.150 kHz CW  
21.150 - 21.200 kHz  
28.100 - 28.150 kHz CW  
28.900 - 29.100 kHz

- Otras frecuencias:

También con permisos especiales y de carácter temporal se pueden operar las bandas de 50-50,2 MHz y 1240-1300 MHz, con fines experimentales, ya que están compartidas por otros servicios: televisión, radiocomunicaciones militares, etc.

La potencia máxima autorizada que puede radiar nuestro equipo para la clase A es de 800 W, para la clase B es de 600 W y para la clase C de 100 W.

### 1.4.3 Libro de guardia

En este libro es donde se anotan todos los comunicados realizados por el operador. La hoja característica está dividida en una serie de columnas en las cuales se anota los siguientes datos:

FECHA	COMIENZO	FIN	ESTACIÓN	SUS	SEÑALES	MIS	SEÑALES	FRECUENCIA
	HORA UTC	HORA UTC	LLAMADA		RST		RST	MHZ

---

**FECHA** día, mes y año en el cual se realiza el comunicado.

**COMIENZO HORA UTC** hora (Universal Time Cordinated) de inicio.

**FIN HORA UTC** hora a la cual se terminó.

**ESTACIÓN LLAMADA** Estación de radioaficionado con la cual nos estamos comunicando.

**SENALES RST** Niveles de señal nuestras (ofrecidas por el corresponsal) o las de él (dadas por nosotros).R=Legibilidad, S=Fuerza, T=Tono.

**FRECUENCIA** Frecuencia en la que estamos realizando el comunicado (en MHz).

**MODO DE EMISIÓN** Aquí se pone por ejemplo el tipo de modulación. Por ej.: USB, J2A, etc

**POTENCIA DE EMISIÓN** Cantidad de vatios utilizados en la transmisión.

**QSL** Se suele poner las fechas de envío y recepción de las tarjetas de confirmación de recibo.

**OBSERVACIONES** Datos adicionales, por ejemplo el indicativo o nombre del operador si es una estación multioperador, como un radioclub.

## 1.5 Asociaciones

Los radioaficionados sienten la necesidad de asociarse para compartir conocimientos y hobby, para defender sus intereses y fomentar nuevas incorporaciones a la afición. Así nacen las primeras asociaciones de radioaficionados.

Las dividiremos en tres grupos: las extranjeras, las españolas y de ámbito mundial.

- Extranjeras:

- ARRL (American Radio Relay League). Asociación de radioaficionados de E.E.U.U. constituida en 1914 con el deseo de coordinar la actividad de los radioaficionados y realizar, con la repetición de mensajes, el acercamiento de lugares sitios en extremos confines de USA. La podemos considerar como la más importante de todas y la más conocida. Más información en [www.arrl.org](http://www.arrl.org) .
- RSGB (Radio Society of Great Britain). Asociación británica de radioaficionados, constituida en Londres en 1913. Más información en [www.rsgb.org](http://www.rsgb.org) .

- AMSAT (AMateur radio SATellite corporation). Asociación de radioaficionados especializados en satélites. Más información en [www.amsat.org](http://www.amsat.org).
- Españolas:
  - URE (Unión de Radioaficionados Españoles): Fundada en 1933, para unificar a todos los radioaficionados españoles y tener cierta representación ante las entidades públicas e internacionales. Es la única asociación que representa a los españoles ante la IARU. Más información en <http://www.ure.es>
  - AMSAT-EA: Sección española de AMSAT. Más información en <http://aintel.bi.ehu.es/~amsat-ea/>
  - DIGIGRUP: Asociación de radioaficionados especializados en comunicaciones digitales. Más información en <http://www.digigrup.es>
  - QRP-Club: Asociación dedicada a la experimentación con equipos de baja potencia fabricados por los propios radioaficionados. Más información en [http://www.geocities.com/eaqrpclub\\_es/](http://www.geocities.com/eaqrpclub_es/)
  - EA1RCT: (Radio Club Teleco Vigo). Asociación (de ámbito local) de estudiantes de la Universidad de Vigo, sita en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones, con fines educativos y de camaradería por dar a conocer este mundillo de la radioafición a la comunidad; dando cursillos y colaborando en la difusión de la radioafición. Más información en <http://lostrego.uvigo.es>
- Asociaciones mundiales:
  - IARU (International Radio Amateur Union). Fundada en el año 1925 en París. En cada país hay una única asociación miembro de IARU. Defiende los intereses de la radioafición a nivel mundial, especialmente en lo referente a asignaciones de frecuencia. Más información en <http://www.iaru.org>

## 2 Elementos de la estación

Como siempre aconsejamos que antes de utilizar un aparato se estudie bien su manual de instrucciones, ya que si no sabemos manejarlo lo mejor es dejarlo como está para que no se desajuste, estropee o simplemente cambie su modo de operación. Y si no encuentras el manual pregúntale a otro radioaficionado, que seguro que estará dispuesto a ayudarte.

Aparatos típicos que podemos encontrar:

### 2.1 Transceptor

Receptor y transmisor de radio combinado en una unidad única, dotada de diversas disposiciones de conmutación para permitir el uso de una o más etapas tanto para recibir como para transmitir.

Cuando utilizamos el transceptor en modo recepción, disponemos de las siguientes modalidades y mandos básicos:

**Sintonía de señal de telegrafía** Se desconectarán las ayudas a la recepción, especialmente el RIT (vease mandos) y sintonizaremos con el mando general de sintonía hasta obtener un tono medio, que no sea muy agudo. Pondremos una selectividad moderada, de 500 a 600 Hz, sólo aumentándola si la emisora a escuchar se ve interferida.

**Sintonía en BLU** Seleccionaremos con el mando correspondiente la banda lateral (USB o LSB); normalmente por debajo de los 10MHz es LSB y por encima USB y después sintonizamos hasta que la voz del correspondiente sea inteligible.

**Sintonía en AM o FM** Seleccionamos este modo y sintonizaremos hasta que en el medidor S-meter tengamos la máxima intensidad.

**El mando NB** Es muy usado en recepción y permite rebajar o anular los ruidos cercanos de tipo pulsante.

**El mando RIT** Permite variar la frecuencia de transmisión respecto de la de recepción. Se utiliza cuando la estación que llama aparece desplazada de la frecuencia o con tono desagradable.

**El mando NOTCH o REJECT (rendija de anulación)** Cuando se activa este mando lo que hacemos es activar un filtro de banda estrecha que elimina una banda muy estrecha, útil para eliminar portadoras que se escuchan como un tono fijo.

**El mando de Desplazamiento de la frecuencia intermedia (FI)** Con este mando hacemos que se desplace la banda del filtro pasante de SSB, eliminando la interferencia que aparece en un extremo de la banda.

**Ganancia de RF** Normalmente está al máximo. Se reduce en presencia de señales muy fuertes que provocan intermodulación.

**CAG (Control Automático de Ganancia)** Varía la sensibilidad del receptor de acuerdo con las variaciones de la intensidad de la señal recibida, dando una señal de salida casi constante en el receptor.

**Jack para auriculares** Aquí conectaremos nuestros auriculares, desconectando el altavoz del equipo.

**Squelch** Sirve para silenciar el receptor cuando no se recibe ninguna señal. Sin él, se oíría un ruido de fondo muy desagradable. A partir de cierto umbral de potencia recibida se abre y permite oír.

**Ext Sp** Terminal al cual se puede conectar un altavoz externo.

**Scan o Scanner** Explorador de frecuencias.

En modo transmisión disponemos de los siguientes mandos:

**Mando de ajuste de la ganancia del micrófono** Se debe de posicionar para que con voz normal proporcione la máxima potencia, pero sin llegar a distorsionar la señal.

**Entrada de Micro** Donde se conecta el micrófono.

**PTT** Interruptor que hay que presionar para poder transmitir. Del inglés “Push To Talk”.

**On Air** Indicador luminoso que se enciende cuando se está transmitiendo. Generalmente de color rojo.

**Vox** Mando que hace que el transceptor conmute de recepción a transmisión de forma automática cuando se empieza a hablar, y viceversa al dejar de hacerlo. Nos ahorramos así el tener que pulsar el PTT cada vez que queramos transmitir.

En ambos modos podemos utilizar:

**Power ON-OFF** Sirve para encender/apagar el equipo.

**Vol (o AF)** Controla el volumen de audio.

**Dwn/up** Para bajar o subir la frecuencia.

## 2.2 Antenas

Es el elemento radiante y va siempre conectado al final de la cadena después de las líneas de transmisión. En el capítulo 4 se verá un estudio más detallado de las mismas.

## 2.3 Líneas de transmisión

Son lo que vulgarmente se conocen como cables de antena, que se encargan de llevar la energía radiada por el transmisor a la antena. Se suelen utilizar cables coaxiales porque son líneas de transmisión blindadas. Así no se produzcan pérdidas por radiación. Tienen que tener unas ciertas características, tanto dimensionales como eléctricas y magnéticas. Para más información véase el capítulo 5.

## 2.4 Otros elementos

### 2.4.1 Fuentes de alimentación

Usadas para alimentar (dar la corriente y voltaje necesario) las emisoras, receptores, módems, etc. . . Reducen la tensión eléctrica de la red, la rectifican y la filtran para obtener una tensión continua altamente estable. El rizado de alterna que puedan tener afecta mucho a la señal transmitida.

### 2.4.2 Acoplador de antenas y medidor de ROE

Suelen venir los dos juntos y sirven para medir la relación de ondas estacionarias y adaptar la impedancia de salida del transmisor con la de la antena. De esa manera casi toda la potencia disponible en el transmisor es radiada, evitando pérdidas por reflexión y daños en el transmisor.

### **2.4.3 Rotor**

Sirve para girar el sistema de antenas directivas. Puede ser de azimut (gira en el plano horizontal) o también de elevación (gira en el plano vertical).

### **2.4.4 Manipulador y micrófono**

Son conmutadores que cierran un circuito al pulsarlos con mayor o menor duración, dando lugar a rayas o puntos según el código Morse. Micrófono: Transductor acústico-eléctrico por medio del cual se transforma nuestra voz en señales eléctricas para que luego puedan ser modulados por el transmisor.

### **2.4.5 Ordenador**

Elemento que en los últimos tiempos no suele faltar por la versatilidad y posibilidad que ofrece en el mundo de la radioafición. Así tenemos programas para cálculo de antenas, para recibir a través de nuestro receptor mapas meteorológicos, fotos de otros radioaficionados, comunicados con satélites, boletines de noticias de BBS de packet, mensajería, diseño de circuitos y un sin fin de posibilidades que nos brinda.

### **2.4.6 Otros**

**Filtros paso-alto y paso-bajo para el circuito de salida del transmisor** Reducen los armónicos y los parásitos, utilizándose sobre todo para la supresión de interferencias en TV y otros aparatos.

**Amplificador lineal** Dispositivo que se conecta entre el transmisor y la antena para proporcionar más potencia que la propia del transmisor. Se suelen utilizar para contactos a larga distancia (DX) o cuando la propagación no es buena.

**Libro de diario** Libro donde se deben anotar los contactos con otras estaciones de radioaficionado.

**Módem/TNC** Dispositivos electrónicos para pasar las señales digitales a señales analógicas mediante modulaciones digitales y viceversa. Las TNCs además pueden controlar el protocolo de comunicación. Son usados en los modos digitales, tales como el packet u otros.

**DSP (Digital Signal Procesor)** Son procesadores específicos para el tratamiento de señales. Lo que se suele tener es una placa de evaluación de ese procesador, que incluye además memoria, conversores A/D y D/A y una interfaz para la comunicación con un PC. Están aflorando últimamente aplicaciones para estos dispositivos: filtros digitales, módems, cálculos de fft, interfaces para varios modos: SSTV, packet, FAX, PSK, etc.

## 2.5 Normas generales de ubicación y seguridad

Aparte de lo marcado por la ley en lo referente a la ubicación y elementos de seguridad básica, debemos tener en cuenta unas cuantas normas básicas.

Para ubicar el cuarto de radio (*shack*, como lo denominan los anglosajones) se suele buscar una habitación en la que el operador se encuentre cómodo, sin que sea molestado o moleste a alguien. Así los equipos se suelen disponer sobre una mesa grande, con una silla lo más cómoda posible y desde la cual se tenga acceso a la mayor parte del equipo. Delante del puesto de operación se suele poner los transmisores, receptores o transeptores principales. También debemos disponer delante de nosotros el libro de diario y algún otro material para tomar notas. A mano derecha o izquierda, según seamos diestros o zurdos, tendremos los controles de las antenas directivas (los mandos de los rotores). No es conveniente poner los equipos en pila, por problemas de ventilación; por este motivo debemos dejar cierto espacio entre los equipos que produzcan cierta potencia (fuentes de alimentación, transmisores, receptores, transeptores, amplificadores, etc). Tampoco deben situarse los equipos cerca de una calefacción, ni en un sitio donde les dé la luz directa del sol. Otros elementos que debemos situar cerca del operador es el micrófono, de disponer de él, y el manipulador para telegrafía.

La iluminación es importante. De día, a ser posible, debe emplearse luz natural; pero como dijimos antes, sin que incida sobre los equipos. Para la noche, debemos tener bien iluminado el cuarto, con una luz lo menos fatigosa posible para la vista.

Las conexiones de audio entre equipos deben realizarse con cable coaxial, preferiblemente, ya que todo cable no blindado es fuente de interferencias y zumbidos. Para la alimentación de los equipos utilizaremos cable paralelo del grosor adecuado para que no caiga la tensión al pasar intensidades elevadas.

En los pasos finales (justo antes de la antena) se suelen poner filtros para eliminar armónicos que podrían perjudicar a los receptores de televisión, aparatos de música, vídeos, etc, que estuvieran próximos.

En cuanto a seguridad eléctrica debemos disponer de una instalación con limitadores independientes del resto de la vivienda. De esta manera, si hay un cortocircuito no nos quedaremos sin electricidad en toda la casa. Debe haber una cantidad suficiente de enchufes para conectar todos los equipos, es totalmente desaconsejable el uso de ladrones, sobretodo cuando utilizamos equipos de alta potencia. Así deberemos disponer de un interruptor magnetotérmico, que se dispare cuando el consumo es excesivo y un relé diferencial que se encarga de controlar las posibles fugas y derivaciones a tierra que no vayan por el camino habitual (cuando alguien toca un cable o hay un mal aislamiento). Otros elementos que también se suelen utilizar son los fusibles, sobre todo para los equipos que controlan la máxima corriente que circula sobre ellos, nunca debiéndose poner otros de un valor distinto al aconsejado por el fabricante.

Por último resaltamos el uso de la toma de tierra, a la cual se deben conectar todos los chasis metálicos de los equipos y la estructura metálica de la torreta donde están las antenas.

Otro punto a tener en cuenta es la radiación de la antena, sobre todo cuando se utiliza un transmisor potente, ya que en general deberemos mantenernos alejados de los sistemas radiantes cuando se efectúe una transmisión.

## 3 Electricidad y radioelectricidad

Más información en <http://www.ukradioamateur.org/c0-1-0.htm>

### 3.1 Bases de la electricidad

La electricidad es el flujo de partículas con carga eléctrica. Los materiales se oponen de forma natural a ese flujo, y ese fenómeno se conoce como resistencia. Para forzar el paso de una corriente a través de un medio hay que aplicar una tensión. La tensión o voltaje es la energía que hay que aportar a cada unidad de carga. La corriente que atraviesa un material es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del material:  $V = IR$ . Esta ecuación es la ley de Ohm.

Los materiales conductores tienen una resistencia baja para una sección y longitud dadas. Los aislantes interesa que tengan una resistencia muy elevada.

El producto de la tensión por la corriente tiene unidades de energía/carga por carga/tiempo, de lo que resulta energía/tiempo que es potencia. Las unidades de tensión son voltios, de corriente amperios, de potencia vatios y de energía julios.

La energía aportada a un circuito puede transformarse en calor, si es una resistencia, o en otras formas de energía: cinética, química, acústica, electromagnética, etc.

### 3.2 El decibelio

Si queremos comparar dos magnitudes lo podemos hacer con el cociente de una entre la otra. Por ejemplo, si una emisor transmite 100 W y la antena receptora capta  $1\mu W$ , podríamos decir que ha habido unas pérdidas de cien millones. Es típico que en un preamplificador de antena la relación señal a ruido empeore 1,26 veces. Resulta evidente que es muy engorroso trabajar con magnitudes tan grandes o tan pequeñas, y aún más engorroso multiplicarlas o dividir las. Serías mucho más cómodo usar menos cifras y poder convertir las multiplicaciones en sumas. Para eso se utilizan los decibelios.

Un belio indica una relación de 1 a 10 entre dos magnitudes. Dos belios suponen una relación de 1 a 100. Para tener más precisión, esta medida se divide en diez subintervalos, los decibelios. Un decibelio, en adelante dB, es una relación de 1 a 1,2589. Si elevamos 1,2589 a 10, tenemos precisamente 10.

$$\text{Decibelios}(dB) = 10 \log \frac{\text{magnitud1}}{\text{magnitud2}}$$

Los cálculos se simplifican mucho cuando decimos que tenemos un amplificador con 14 dB de ganancia, una línea con 2 dB de pérdidas, una antena con 9 dB de ganancia... etc.

### 3.3 Componentes electrónicos

Son los elementos constitutivos de los circuitos. Se representan mediante símbolos estandarizados para mostrar cómo se conectan entre sí.

Se pueden clasificar en pasivos y activos. Pasivos son las resistencias, condensadores y bobinas, cuyo comportamiento se reduce a conocer su impedancia  $Z$  reactiva o resistiva. Los activos son los diodos, transistores y válvulas de vacío.

La válvula, cada vez menos utilizada, marcó un hito en la historia de la electrónica y de la radio (1908). Fue el primer componente capaz de amplificar una señal. Hoy en día han sido sustituidas por los transistores en casi todas las aplicaciones, a excepción de los amplificadores de RF de alta potencia.

Los diodos y los transistores están hechos de materiales semiconductores. El diodo se caracteriza porque sólo deja pasar la corriente en una dirección. El transistor, inventado en 1947, permite amplificar una corriente. Supuso un gran avance con respecto a la válvula por su menor tamaño, consumo y coste. No solamente existen como componentes discretos sino que se pueden realizar en reducidísimas áreas de silicio, incluyendo complejos circuitos en una pequeña oblea (circuitos integrados). Se utilizan extensamente en todas las áreas de la electrónica, tanto digital (ordenadores, etc. . .) como de audio o radio.

### 3.4 Corriente alterna

En muchos casos la electricidad no se presenta en forma de una corriente constante que circula de un punto a otro, sino que tanto la tensión como la corriente cambian su sentido periódicamente. El número de ciclos completos en un segundo es la frecuencia y se mide en Hercios; su inverso es la duración de cada ciclo y se llama periodo. La tensión de la red eléctrica tiene una frecuencia de 50 Hz.

La tensión generada por la fuente no llega instantáneamente a la carga sino que su velocidad es finita y siempre menor que la de la luz. Por lo tanto entre dos máximos consecutivos hay una distancia: es la longitud de onda. La velocidad de propagación es el producto de la longitud de onda por la frecuencia.

Una ventaja de la corriente alterna es que se puede cambiar el valor de la tensión a bajo coste y con gran eficiencia por medio de transformadores. Basándose en las leyes físicas que relacionan el campo magnético y la tensión en una espira se puede demostrar que la relación de tensiones en los devanados de un transformador es proporcional al número de espiras de ese devanado. Un transformador no crea ni consume potencia, y por tanto la corriente disminuye en el mismo factor en que aumenta la tensión.

### 3.5 Circuitos resonantes

Toda la electrónica de los equipos de comunicaciones se basa en los efectos que sufre la corriente alterna al pasar por dos tipos de componentes: capacidades e inductancias (generalmente en forma

de condensadores y bobinas).

En los bornes de un condensador no puede cambiar instantáneamente la tensión, al igual que ocurre con la corriente que atraviesa una bobina. La ley de Ohm generalizada para estos componentes se escribe  $V = IZ$ , donde  $Z$  es la impedancia del componente. En los condensadores  $Z = \frac{-j}{\omega C}$  siendo  $\omega = 2\pi f$  y  $C$  la capacidad en Faradios. Para una bobina  $Z = j\omega L$ .  $L$  es la inductancia en Henrios. La  $j$  significa que  $Z$  no es un número real sino complejo, y más concretamente imaginario puro. No explicaremos en profundidad todas las implicaciones. Lo que debe quedar claro es que la impedancia imaginaria (en adelante, reactiva) no consume potencia, como ocurre con la resistiva, y que depende de la frecuencia. Esta característica es fundamental y merece la pena el esfuerzo de avanzar sobre ella.

Si tenemos una bobina  $L$  y un condensador  $C$  en serie, en su conjunto presentan una impedancia que es la suma de las dos. Para la corriente continua o para la alterna de baja frecuencia, el condensador tiene una impedancia altísima y de signo negativo. A frecuencias muy altas es la bobina la que impide el paso de la corriente con una impedancia reactiva de signo positivo y muy elevada. Pero a una cierta frecuencia los dos componentes tienen la misma reactancia, sólo que de signos opuestos. A esa frecuencia, llamada de resonancia, la impedancia del circuito es prácticamente nula.

Si están asociados en paralelo ocurre justamente lo opuesto. A frecuencias bajas la bobina es como un cortocircuito, igual que el condensador a frecuencias altas. Cuando los dos tienen la misma reactancia en valor absoluto la impedancia del conjunto es muy alta.

Bobinas y condensadores se pueden asociar de diferentes maneras para lograr circuitos selectivos en frecuencia; con ellos se determina la frecuencia de transmisión y se selecciona la de recepción eliminando las señales indeseadas.

## 3.6 Bloques básicos

Con los componentes activos y pasivos se construyen bloques funcionales que a su vez se conectan entre sí para formar equipos completos. La mayor parte de los bloques que tiene cualquier equipo de radio son de uno de los cuatro tipos siguientes: amplificadores, filtros, osciladores y mezcladores.

### 3.6.1 Amplificadores

La tensión recibida en una antena puede ser del orden de un microvoltio, por lo que habrá que multiplicarla por casi un millón para poder escucharla. Un receptor normalmente llevará varias etapas amplificadoras, cada una con uno o más dispositivos activos.

### 3.6.2 Filtros

Están siempre constituidos por componentes reactivos, si bien pueden llevar además componentes activos. Los filtros cumplen, entre otras, la tarea nunca trivial de seleccionar sólo la señal que nos interesa de entre todas las que le llegan al receptor. Frecuentemente queremos recibir una señal débil

cerca de la cual hay otras mucho más intensas. El rechazo a esas señales cercanas es la selectividad del receptor, uno de los parámetros más importantes.

### 3.6.3 Osciladores

Los osciladores poseen componentes reactivos y amplificadores para generar una señal sinusoidal. Son los que crean la señal que, tras ser modificada en otras etapas, se transmitirá por la antena. Se pueden entender como un filtro más un amplificador realimentados: a una frecuencia determinada la señal se mantiene indefinidamente a través del bucle.

### 3.6.4 Mezcladores

Su comportamiento es el de un multiplicador analógico: tiene dos entradas y una salida que en cada instante vale el producto de las entradas. Pensando en las entradas como sinusoides podemos ver lo que ocurre:

$$\text{sen}(a)\text{sen}(b) = \frac{1}{2}[-\cos(a + b) + \cos(a - b)]$$

Es decir, que a la salida hay señales de frecuencias que no estaban a la entrada: son la suma y la diferencia de las frecuencias. Si una de esas señales es una senoide procedente de un oscilador y la otra es una señal de voz, el mezclador desplaza la señal de voz a la frecuencia de la senoide.

## 3.7 Modulaciones

Para enviar una señal por medio de ondas de radio hay que incluir de alguna manera la señal original en otra, de frecuencia más elevada y que por tanto se puede radiar, llamada portadora. Uno de los parámetros de la portadora, sea la amplitud o la frecuencia, debe seguir en cada instante a la amplitud de la portadora. Es lo que se llama modulación.

### 3.7.1 CW

Los primeros comunicados por radio fueron en telegrafía, utilizando el código Morse. Para ello basta con interrumpir la transmisión de la portadora al ritmo de los signos (puntos y rayas). Esta modulación se llama de onda continua, y es un tipo de modulación de amplitud (todo/nada).

### 3.7.2 AM

Es la modulación más utilizada históricamente y aún vigente para radiodifusión. El valor instantáneo de la moduladora (voz) fija la amplitud de la portadora. Para escuchar la moduladora basta con recuperar la envolvente de la portadora. Esto puede hacerse con un simple detector hecho con un diodo y un condensador. El diodo deja pasar sólo los semiciclos positivos y el condensador interpola entre los máximos de la portadora.

El espectro de una modulación AM es el de la moduladora pero centrado en la frecuencia portadora. Podemos distinguir dos bandas laterales, cada una con el mismo ancho que la moduladora, y resto de la portadora. Estamos transmitiendo la misma señal en dos frecuencias diferentes, además de un tono fijo que no lleva información. Esto supone un derroche de ancho de banda y de potencia.

### **3.7.3 SSB**

Una variante mucho más eficiente de la AM es la banda lateral única (Single Side Band). Consiste en eliminar la portadora y una de las bandas laterales. Para ello es necesario un filtro muy selectivo, generalmente realizado con cristales de cuarzo, aunque hay otras formas. El ancho de banda es el mismo que el de la moduladora y no se desperdicia potencia ni espectro. En el receptor se mezcla la señal recibida con la de un oscilador que la desplace a frecuencias bajas para que sea audible. Es el modo más utilizado por radioaficionados porque su reducido ancho de banda permite economizar el espectro disponible.

### **3.7.4 FM**

Consiste en desplazar instantáneamente la frecuencia de la portadora de su valor central. Esa desviación es proporcional a la amplitud de la moduladora. El ancho de banda depende de la relación entre la desviación y el ancho de banda de la moduladora. Si ese factor es pequeño se habla de FM estrecha, que tiene un ancho de banda similar a la AM. Si el factor es elevado el ancho de banda es mucho mayor, como ocurre con la radiodifusión, pero también mejora mucho la fidelidad del sonido.

## **4 Antenas**

Podríamos definir una antena como todo elemento físico, consistente en uno o varios conductores colocados a una cierta altura del suelo, que transmiten o captan energía electromagnética. La función de una antena es convertir la energía eléctrica que le entrega el transmisor en energía electromagnética, y captar ondas electromagnéticas y transformarlas en señales eléctricas que puedan ser procesadas en un receptor.

Se caracterizan por su diseño, el cual se realiza para buscar siempre la mayor efectividad, es decir, que radie el mayor porcentaje de energía que llegue a ella, o que capten la mayor energía posible para unas frecuencias determinadas. Todo esto se consigue cumpliendo una serie de requisitos, como son sus dimensiones, su impedancia, etc. . . Las características de una antena son iguales tanto en transmisión como en recepción. Por lo tanto toda antena buena en transmisión también lo será en recepción.

### **4.1 Tipos de ondas**

Las posibles formas de propagación de la onda radiada son:

**Ondas de tierra u ondas de superficie** se desplaza a nivel del suelo siguiendo la curvatura del planeta.

**Ondas directas o visuales** van de la antena emisora a la receptora.

**Ondas espaciales** son aquellas que superan la línea del horizonte.

## 4.2 Diagrama de radiación y directividad

El decibelio es una medida de ganancia o atenuación de dos señales, una de entrada y la otra de salida del sistema. Matemáticamente se define así:

$$\text{Decibelios}(dB) = 10 \log \frac{\text{potencia salida}}{\text{potencia entrada}}$$

Si medimos alrededor de una antena transmisora la intensidad de campo producida por la onda electromagnética radiada, uniendo todos los puntos de igual intensidad trazaremos una curva que se llama lóbulo de radiación de la antena. De este modo tendremos el lóbulo de radiación horizontal si las medidas fueron tomadas en el plano horizontal y el lóbulo de radiación vertical si éstas fueron tomadas en el plano vertical.

Así podemos clasificar las antenas según su directividad:

**Omnidireccional** Si el lóbulo de radiación horizontal es semejante a una circunferencia con centro en la antena.

**Bidireccional** Si la radiación es en dos direcciones opuestas.

**Direccional ( o unidireccional )** Si el lóbulo de radiación está en una sola dirección.

Estas últimas antenas, además del lóbulo principal tienen otros más pequeños en otras direcciones; la diferencia entre el lóbulo de radiación principal y el de dirección opuesta nos da la relación delante-detrás, frente/espalda (Front-to-Back: F/B) o eficacia directiva de la antena.

**Radiador isotrópico** Es una antena imaginaria (ideal) que radiase igual energía exactamente en todas las direcciones; esta antena estaría en el centro de una esfera en la que todos los puntos de su superficie recibirían la misma cantidad de energía, sería en definitiva un punto.

La ganancia de una antena es la relación o cociente entre la potencia entregada a la antena y la que tendríamos que entregar al radiador isotrópico para obtener la misma intensidad de campo en un punto común a los dos lóbulos (situado en la dirección del lóbulo principal de la antena). Esta ganancia se expresa normalmente en decibelios y se simboliza por dBi.

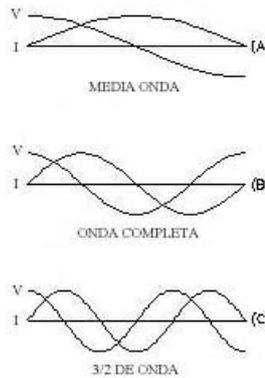
## 4.3 Resonancia

Para que una antena tenga un buen rendimiento, tiene que resonar en la frecuencia de trabajo (es decir, tener cancelada la componente reactiva). Cuando esto ocurre, para una misma potencia disponible en el transmisor circulará una corriente mayor. A lo largo de la antena se establecen vientres y

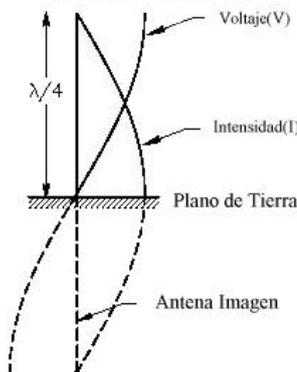
nodos de intensidad y de tensión. La resonancia se logra si en el punto de alimentación el cociente de la tensión entre la corriente es resistivo.

Para el caso de una antena aislada de tierra, la medida de resonancia será igual a media longitud de onda y sus múltiplos (ya que en los extremos de la antena sólo pueden existir nodos de intensidad, o sea intensidad nula). Si utilizamos una antena vertical conectada a tierra por un extremo, ésta resonará cuando tenga una longitud de un cuarto de onda o un múltiplo impar de ella (tiene un nodo de corriente en un extremo y un nodo de tensión a la altura de la toma de tierra).

**ANTENA HORIZONTAL**



**ANTENA VERTICAL**



La longitud eléctrica de una onda de radiofrecuencia está relacionada con la velocidad de propagación de las ondas en el espacio y con su frecuencia.

$$l = \frac{c}{f}$$

La longitud física de una antena siempre será menor que su longitud eléctrica a causa de objetos próximos, de la relación longitud/diámetro y del efecto de los aisladores en las puntas de la antena. Por lo tanto habrá que aplicar ciertos factores de corrección a las fórmulas de cálculo.

## 4.4 Otros parámetros

### 4.4.1 Impedancia

Es la relación que existe en un punto de la antena entre la tensión y la intensidad. Si la antena está en resonancia a una frecuencia determinada y la alimentamos, entonces su impedancia coincide con la resistencia de radiación. En el punto de alimentación tendremos un máximo de corriente creada por la potencia entregada, la cual será disipada por la antena.

Podemos calcular la impedancia de la antena utilizando la fórmula de Joule:

$$Z = \frac{P}{I^2}; Z=\text{impedancia}, P=\text{potencia}, I=\text{intensidad}$$

Esto es válido si y sólo si la antena está alimentada en un punto de máxima intensidad.

La relación longitud/diámetro de la antena tiene influencia en su impedancia.

### 4.4.2 Anchura de banda

Se denominará así a la gama de frecuencias en que puede funcionar una antena sin sobrepasar el límite prefijado de ondas estacionarias en la línea de alimentación.

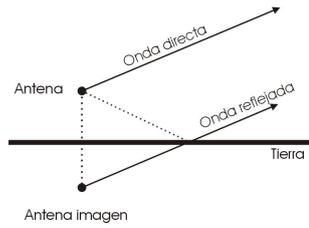
La ganancia y la impedancia de una antena limitan normalmente el margen de funcionamiento a la región de frecuencias de HF, mientras que el cambio de características limita el margen de las de VHF.

### 4.4.3 Polarización

Se define la polarización como el vector del campo eléctrico de la onda electromagnética. Para antenas rectilíneas coincide con el eje de la antena, por lo que será siempre lineal. Otros tipos son la polarización circular y la elíptica que a la vez pueden ser a derechas o a izquierdas, según el sentido de giro del campo eléctrico. Si la polarización de la onda que se quiere recibir no coincide con la de la antena receptora, habrá pérdidas.

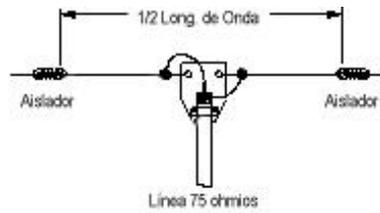
### 4.4.4 Ángulo de radiación

Denominamos así al ángulo que forma el eje de su lóbulo de radiación principal con el horizonte. Éste se mide en el plano vertical y viene determinado por el diagrama de radiación de la antena, por la altura de la antena respecto al suelo y por la naturaleza del mismo. Tiene gran importancia para lograr mayores distancias de salto, por ejemplo si utilizamos una antena para HF situada cerca del suelo en relación con la longitud de onda, el suelo afectará al ángulo de radiación, ya que parte de la energía radiada por las antenas es reflejada por el suelo y devuelta al espacio. En general, para DX interesa que el ángulo sea bajo.

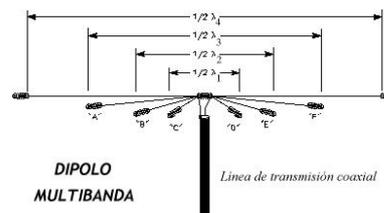


## 4.5 Antenas prácticas

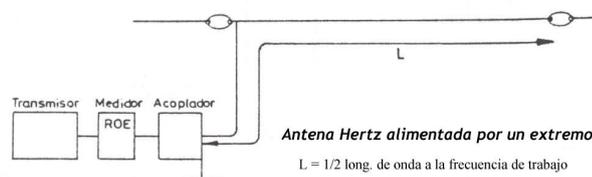
### 4.5.1 Dipolo

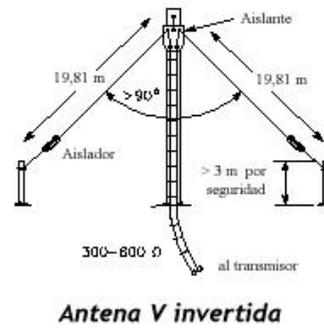
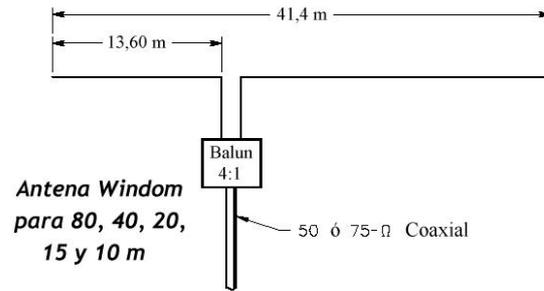


### 4.5.2 Dipolo multibanda

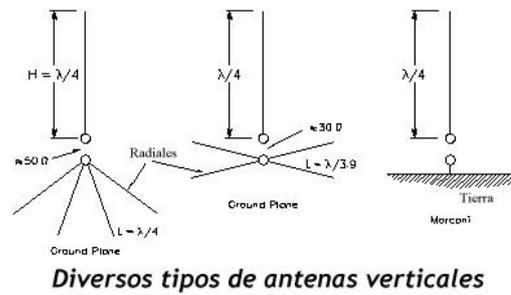


### 4.5.3 Antenas de Hilo largo

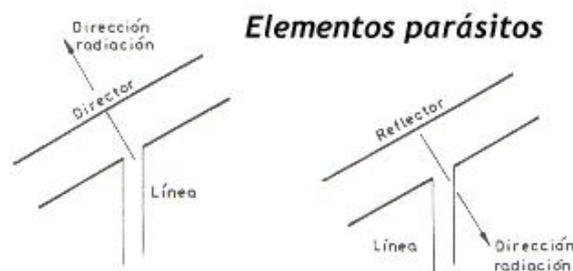




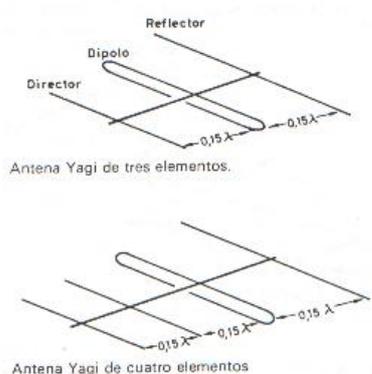
4.5.4 Antenas verticales



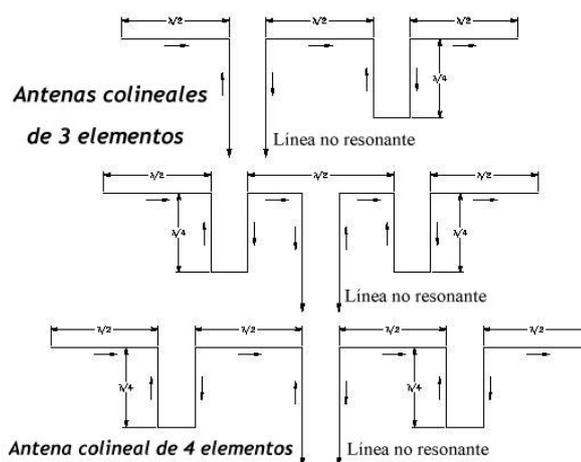
4.5.5 Antenas con elementos parásitos



### 4.5.6 Antenas yagi



### 4.5.7 Antenas colineales



### 4.5.8 Parábolas

Este tipo de antena utiliza el principio de superficie reflectora para obtener grandes ganancias, siempre que la relación entre el área de la superficie reflectora entre la longitud de onda sea grande. Básicamente se trata de un reflector parabólico, en cuyo foco se instala el elemento radiante. Su lóbulo de radiación es estrecho en los planos vertical y horizontal, de aquí su gran ganancia.

Este tipo de antenas se utiliza para el seguimiento de los satélites y en grandes observatorios, pero actualmente también son numerosos los radioaficionados que las utilizan para sus comunicados en UHF y SHF.

Ésta es una breve reseña de los muchos tipos de antenas que podemos encontrar en el mundo de la radioafición. Para más referencia buscar en la bibliografía.

## 5 Líneas de transmisión

### 5.1 Utilidad

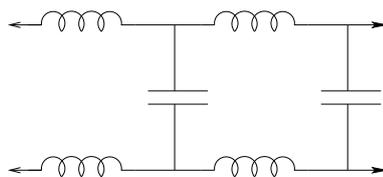
En todo cuarto de radio nos encontraremos con una gran variedad de cables: de alimentación de los equipos, de interconexión de las señales de audio, de control de los rotores, coaxiales... Todos ellos son diferentes entre sí, de diferentes materiales y con distintos diámetros, en función de la potencia y fundamentalmente de la **frecuencia** de las señales que transporten en su interior.

El término “líneas de transmisión” en el ámbito de los radioaficionados se emplea para referirnos a aquellos “cables” que llevan la señal desde el transmisor de radio hasta la antena, o desde la antena hasta el receptor. Habitualmente disponemos de *transceptores*, con lo que tendremos una única línea de transmisión por la que viajan las señales de radiofrecuencia (RF) desde y hacia la antena, que será la que se encargue de captarlas y radiarlas, respectivamente. Las líneas de transmisión son indispensables para los radioaficionados, puesto que las antenas no suelen (ni deben) estar en el cuarto de radio, sino en el lugar más alto y despejado de nuestra vivienda. No hay otra forma de llevar la señal de RF hasta ellas que mediante líneas de transmisión.

### 5.2 Problemática de las líneas

¿Cuál es por tanto la misión de las líneas de transmisión? Pues simplemente la de conducir las señales de radiofrecuencia. Así a primera vista, no parece una tarea difícil, pero sí lo es. En primer lugar, los campos electromagnéticos que componen las señales de radio sufren una atenuación al propagarse por la línea de transmisión, debido a la resistencia de los conductores y a la conductividad del dieléctrico. Esto nos impide tener una línea de transmisión todo lo larga que queramos, si necesitamos tener al otro extremo un cierto valor de señal. La atenuación se suele expresar en decibelios por metro (dB/m), aunque es usual encontrarla en los catálogos como “decibelios cada cien metros”.

En segundo lugar, las características físicas de los materiales que componen las guías dependen de la frecuencia de trabajo. Si quisiéramos modelar un cable mediante una combinación de elementos pasivos, nos encontraríamos con una resistencia e inductancia en serie y una conductancia y capacidad en paralelo.



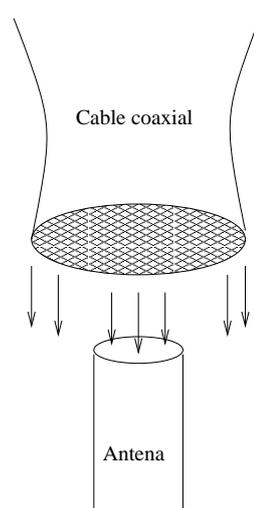
Así, una línea de transmisión que funcione correctamente en la banda de HF puede ser totalmente inútil en la banda de UHF (entendiendo por *inútil* que la atenuación que presenta es muy alta). Como ejemplo, un cable coaxial tipo RG-58 presenta una atenuación de 0.4 dB/100 metros a 1 MHz,

mientras que si la frecuencia de trabajo es de 100 MHz la atenuación es de 4.3 dB/100m.

En tercer lugar, no podemos introducir en un cable toda la potencia que deseemos. Los materiales admiten unas tensiones máximas que no podemos exceder. Así, el RG-58 admite una tensión máxima de 1400 V, mientras que el RG-213, otro coaxial muy popular entre los radioaficionados, soporta una tensión máxima de 3700 V.

Por otra parte, toda línea de transmisión tiene una *impedancia característica*, que viene determinada por su geometría y las características físicas de sus conductores y dieléctricos. Esa impedancia es el cociente entre el campo eléctrico y el magnético de la onda de radio que viaja en su interior, y veremos más adelante que si la carga a la que conectamos la antena no tiene la misma impedancia que la línea, se produce una reflexión de la señal. Es común tener cables coaxiales con una impedancia característica,  $Z_0$ , de  $50\Omega$  (como el RG-58 y el RG-213) o de  $75\Omega$  (como el RG-59 o el RG-216). Otro parámetro importante es el factor de velocidad, que se expresa como el cociente en tanto por ciento de la velocidad de propagación en el cable respecto a la velocidad de propagación en el vacío. Para el RG-58, el factor de velocidad es del 66%, que es un valor típico en cables coaxiales).

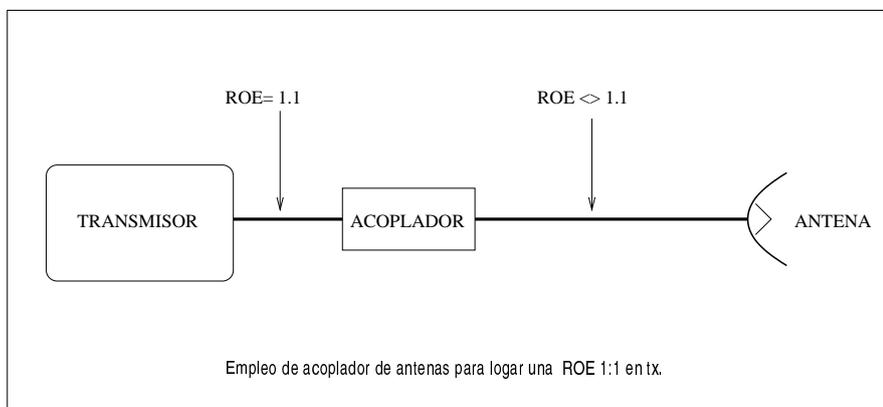
Si la carga en la que acaba no está adaptada a la línea, parte de la potencia se refleja, viajando desde la carga hacia el generador. En este caso no se entrega a la carga toda la potencia, y al volver ésta al generador puede haber un exceso de corriente o de tensión y dañarse los circuitos de salida del mismo. Un símil que ayuda a comprenderlo sería considerar el cable coaxial como un tubo del que sale agua (que sería la señal de radiofrecuencia) y la antena como un tubo que admite agua. Si los diámetros (impedancias) de las bocas de ambos tubos no son iguales, se produce una *desadaptación*: parte del agua no entrará en el tubo. En el caso real, parte de la señal se refleja al transmisor.



El grado de desadaptación de la línea respecto a la carga se mide por la relación de ondas estacionarias (ROE o SWR, *Standing Wave Ratio*). La ROE es el cociente entre el valor de pico máximo del voltaje en la línea y el valor mínimo del voltaje en la línea; así, es siempre mayor que uno. Si la adaptación es perfecta la ROE es de 1:1, si es algo peor puede ser 1:1,5, 1:2, 1:3, etc, hasta 1: $\infty$ . Cuando la ROE es de 1:1, toda la potencia que genera el transmisor es entregada a la antena, y al

no haber reflexiones la distribución del voltaje a lo largo de la línea es constante. Que sea infinita significa que se refleja toda la potencia, que no se entrega nada a la carga. Esto ocurre cuando la carga es un cortocircuito, un circuito abierto o si es totalmente reactiva (sin resistencia).

Si queremos usar una antena desadaptada sin dañar el transmisor y entregando la máxima potencia, necesitamos un circuito que transforme una impedancia en otra. Esto se consigue con un *acoplador de antenas*, que es también un elemento común en los cuartos de radio. Generalmente llevan dos condensadores variables y una inductancia con varias tomas, y pueden ser automáticos o manuales. En el último caso, será el operador quien tendrá que ajustar la bobina y los condensadores para conseguir una ROE mínima. La función del acoplador de antenas es hacer que el transmisor vea la impedancia que necesita (habitualmente  $50\Omega$ ), independientemente de la impedancia de la carga. Con esto, la ROE en la línea no será 1:1 pero sí lo será en el tramo de coaxial que una el transmisor con el acoplador.



Es tremendamente importante que antes de emplear una antena comprobemos la relación de ondas estacionarias. El rango aconsejado de trabajo es por debajo de 1:2.

Por otro lado, cuando tenemos que alimentar un dipolo y no lo hacemos con una línea paralela, la alimentación que estamos dando al dipolo no es simétrica (puesto que una rama del dipolo va conectada al vivo y la otra a la malla, que está conectada a tierra). Esto provoca la aparición de RF por la cara externa del coaxial, y por consiguiente toda la línea hace de antena: se deforma el diagrama de radiación, se interfiere en aparatos eléctricos e incluso el operador puede sufrir calambres al tocar partes metálicas del transceptor. Este problema se soluciona intercalando entre el coaxial y el dipolo un dispositivo conocido como *balun* (contracción de *balanced-unbalanced*, del inglés simétrico-asimétrico).

Podemos construirnos un balun con un arrollamiento del coaxial sobre sí mismo, o sobre un núcleo de ferrita para aumentar la inductancia. Así se forma un choque de RF, de alta reactancia para la corriente que circula por la cara externa.

### 5.3 Tipos de líneas

Antes de los años 40 no existía el cable coaxial y se empleaban en su lugar dos hilos paralelos, lo que se conocía como “línea paralela”. Este tipo de línea tiene sus ventajas e inconvenientes. Al no llevar blindaje, le afectan los objetos metálicos cercanos y puede interferir y captar ruidos del entorno. Como contraparte, presentaba la ventaja de que el dieléctrico es aire, por lo que tiene unas pérdidas casi despreciables incluso con ROE elevada.

El cable coaxial vino a sustituir a la línea paralela, estando formado por dos conductores concéntricos aislados entre sí por un dieléctrico y recubiertos por otro material aislante que los protege de los agentes externos, formando una estructura cilíndrica. Al conductor más interno se le denomina habitualmente *vivo* y al más externo *malla*, por estar trenzado formando una especie de rejilla. La malla hace que los campos electromagnéticos queden confinados entre los dos conductores, lo que minimiza la radiación hacia el exterior y la captación de interferencias externas. Es usual hoy en día ver decenas de coaxiales discurriendo longitudinalmente unos con otros sin que se produzca entre ellos interferencia apreciable, lo cual no sería posible con la línea paralela. En este caso, la separación recomendada es de varias veces la separación entre conductores.

El conductor usado suele ser cobre y como aislante se emplea PVC (policloruro de vinilo), polietileno o teflón. Los cables de alta calidad para frecuencias muy altas (p.e. repetidores de telefonía móvil o televisión) tienen aire como dieléctrico, lo cual dificulta la construcción mecánica.

El cable coaxial es hoy en día un producto del que existe una extensa gama en el mercado, tanto de fabricantes como de modelos. A la hora de escoger uno para una aplicación en concreto tendremos que atender a los puntos indicados anteriormente: atenuación a la frecuencia de trabajo y potencia máxima. En general, cuanto mayor diámetro tenga el coaxial, mayores frecuencias de trabajo podrá soportar, y cuanto mejor sea el dieléctrico, menor atenuación.

Si bien para frecuencias de HF e inferiores la calidad del cable coaxial empleado no es fundamental, para frecuencias de la banda de VHF y superiores es un parámetro crítico, puesto que la atenuación aumenta con la frecuencia y habrá que intentar minimizar en la medida de lo posible la distancia desde la carga (antena) al transceptor.

## 6 Espectro Radioeléctrico y propagación

### 6.1 División del espectro

Las ondas de radio son una radiación electromagnética de frecuencia comprendida entre unas pocas decenas de hercios (Hz) hasta los gigaherzios (GHz,  $10^9 Hz$ ), y están formadas por un campo magnético y un campo eléctrico que se propagan por el espacio formando una onda electromagnética. Las variaciones del campo magnético crean el campo eléctrico y viceversa, y ambos se encuentran orientados formando un ángulo de  $90^\circ$  entre sí y con la dirección de propagación. Las ondas electro-

magnéticas viajan en el vacío, como el resto de las radiaciones electromagnéticas (rayos X, rayos gamma, ultravioleta...) a 299.792 km/seg, que es la velocidad de propagación de la luz, mientras que en otros medios viajan a una velocidad menor.

Las ondas de radio coexisten con otro tipo de ondas electromagnéticas, formando el denominado espectro electromagnético:

Nombre de la región espectral	Rango de Frecuencias
Radiofrecuencia	$3\text{KHz} - 300\text{GHz}$
Infrarrojo	$300\text{GHz} - 4.3 * 10^{14}\text{Hz}$
Luz Visible	$4.3 * 10^{14}\text{Hz} - 1.0 * 10^{15}\text{Hz}$
Ultravioleta	$1.0 * 10^{15}\text{Hz} - 6 * 10^{16}\text{Hz}$
Rayos X	$6 * 10^{16}\text{Hz} - 3.0 * 10^{19}\text{Hz}$
Rayos Gamma	$3.0 * 10^{19}\text{Hz} - 5.0 * 10^{20}\text{Hz}$

Las ondas de radio, habitualmente denominadas como radiofrecuencia (RF), ocupan una pequeña parte de todo el espectro electromagnético existente. El espectro de RF se clasifica a su vez en distintas bandas, que engloban frecuencias con propiedades similares:

Abreviatura	Clasificación	Rango de Frecuencias
VLF (Very Low Frequency)	Frecuencias muy bajas	3 a 30 KHz
LF (Low Frequency)	Frecuencias bajas	30 a 300 KHz
MF (Medium Frequency)	Frecuencias medias	300 a 3000KHz
HF (High Frequency)	Frecuencias altas	3 a 30 MHz
VHF (Very High Frequency)	Frecuencias muy altas	30 a 300 MHz
UHF (Ultra High Frequency)	Frecuencias ultra altas	300 a 3000 MHz
SHF (Super High Frequency)	Frecuencias super altas	3 a 30 GHz
EHF (Extra High Frequency)	Frecuencias extremadamente altas	30 a 300 GHz

## 6.2 Asignación para radioaficionados

No todo el espectro de RF está disponible para el uso por los radioaficionados, sino tan sólo unos determinados segmentos en las distintas bandas. La ITU (*International Telecommunication Union*) asigna los distintos servicios que se emplean en cada segmento del espectro radioeléctrico, a título primario o secundario. Dentro de cada estado, el gobierno asigna o no a los radioaficionados las bandas que son de uso secundario. Por ejemplo, de 7000 KHz a 7100 KHz está a título primario, pero de 1240 a 1300 MHz es de título secundario y hasta hace un año no se podía usar en España. Hay que tener muy presente que el espectro radioeléctrico es *finito*, y que hoy por hoy, los radioaficionados disponemos de una porción muy considerable del mismo.

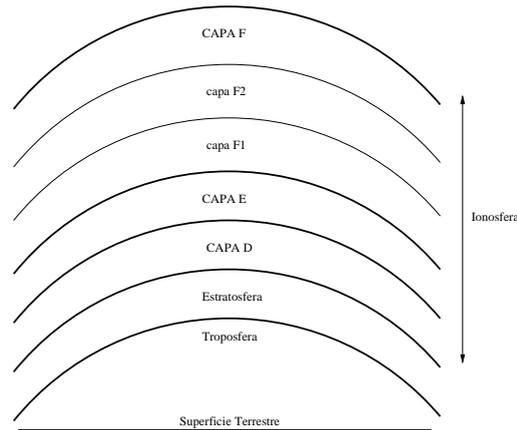
(λ)	NOMENCLATURA	SERVICIOS	(f)
300 nm	Ultravioleta	Telefonia	5 10 Hz
	Espectro Visible	Datos Video	4 10 Hz
1000 nm	Infrarrojo	Satelites	100 Ghz
	Milimetricas	Radar Telefonia (GPRS, UMTS...)	10 Ghz
1 cm	SHF	GPS LMDS, MMDS ...	10 Ghz
10 cm	UHF	TV comercial	1 Ghz
1 m	VHF	Difusion FM	100 Mhz
10 m	HF	Difucion onda corta Balizas Aeronautica (Volmet)	10 Mhz
100 m	MF	Trans. maritimas Fax	1 Mhz
1 Km	LF	Difusion AM Aeronautica Cables submarinos	100 Khz
10 Km	VLF	Radiofaros, balizas	10 Khz
100 Km	Espectro Audible	Telegrafia	1 Khz

Espectro electromagnetico

### 6.3 Composición de la atmósfera

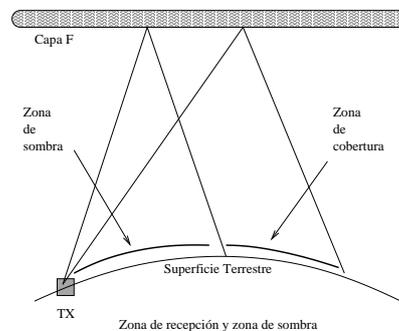
La atmósfera es el medio por el que se propagan la mayoría de las ondas de radio, por lo que es importante conocer su estructura básica. La atmósfera alcanza hasta los 600 km de altura y está compuesta por varias capas. La inferior es la troposfera, y está situada entre la superficie terrestre y los primeros 10 km de altitud. Es en esta capa donde se producen fenómenos muy útiles para la propagación en las bandas de VHF y superiores.

Entre los 10 y los 50 km se encuentra la estratosfera, que es donde se encuentra lo poco que hemos dejado de ozono. Por encima de los 50 km se encuentra la ionosfera, que será la causante de la mayor parte de los fenómenos de propagación en HF. Por encima de la atmósfera se encuentra la magnetosfera, que se extiende hasta zonas que no tienen interés alguno en el estudio de la radiopropagación.



Hay tres parámetros de la atmósfera que son de especial interés para los radioaficionados: la frecuencia crítica, la máxima frecuencia utilizable y la distancia de salto.

La frecuencia crítica es la mayor frecuencia para la cual una onda enviada verticalmente hacia la ionosfera es reflejada por la capa E o F. La máxima frecuencia utilizable o MUF (*Maximum Usable Frequency*) es aquella a partir de la cual las ondas atraviesan la ionosfera sin ser reflejadas, por lo que se pierden en el espacio. Un valor típico de la MUF es de tres veces la frecuencia crítica para la capa E y cinco veces para la capa F. Si trabajamos justo en la MUF, corremos el riesgo de que nuestra onda no lleguen a la capa E o F, por lo que debemos trabajar un poco por debajo (se recomienda trabajar con un valor de 0,85 veces la MUF). La distancia de salto se mide sobre la superficie terrestre desde el punto en que realizamos la transmisión hasta el punto en que la onda retorna a la superficie. Así, se crea una zona de sombra con la que no podremos trabajar a no ser que variemos la frecuencia. La ITU-R emite recomendaciones en las que se detallan fórmulas semi-empíricas para el cálculo de todos estos parámetros.



## 6.4 Propagación en las bandas de radioaficionado

A lo largo de su viaje por el medio, las ondas de radio sufren una *atenuación*, que será mayor o menor en función del medio que atraviesen, pero está directamente relacionada con la banda de trabajo.

Un aspecto fundamental que modifica las características de propagación es el Sol, y en concreto, el número de manchas solares. Las manchas solares son una especie de llamaradas creadas en la superficie del sol, cuyo efecto sobre la atmósfera es producir una mayor ionización. Numerosos estudios muestran que el número de manchas solares se repite de forma cíclica, con una periodicidad que ronda los 11 años. Mientras nos encontramos en una época de poca actividad solar, en general las características de propagación empeoran, sobretodo en las bandas altas de HF. Durante mediados de la década de los 90, los radioaficionados sufrimos un ciclo de baja actividad solar, que tuvo mínimo en 1996. En 2000 las condiciones de propagación fueron excelentes, y en 2001 ya hemos pasado el máximo y las condiciones han empezado a empeorar lentamente.

Veremos a continuación cómo es la propagación en las distintas bandas asignadas a los radioaficionados y qué alcances podemos esperar en dichas bandas.

### 6.4.1 Frecuencias Medias o MF (300 kHz–3 MHz)

En este segmento nos encontramos con la banda de 160 metros (1830-1850 KHz). A estas frecuencias, las señales sufren una gran absorción en la capa D, incluso con ángulos de entrada suficientemente altos, con lo que casi ninguna señal pasa a la capa F. Esto provoca que, durante el día, los únicos contactos que podamos realizar se deban a la propagación por medio de la *onda de superficie*. Estas ondas se propaga en contacto con la superficie terrestre, y posibilita una cobertura aproximada de unos 100 Km, habitualmente empleada por las estaciones de radiodifusión de AM. La polarización que se ha de emplear para tener una menor atenuación es la vertical.

Durante la noche, la capa D desaparece rápidamente y se hacen posibles los contactos a larga distancia, debido a las reflexiones que sufre la onda en la capa F<sub>2</sub>. Las tormentas tropicales crean un gran nivel de estática en el verano, por lo que las mayores distancias se consiguen durante las noches de invierno. Esta banda también se ve afectada por el ruido industrial y por el ruido atmosférico.

### 6.4.2 Frecuencias Altas o HF (3–30 MHz)

En la banda de HF tienen lugar varios tipos de propagación, fundamentalmente por *onda ionosférica*. Los contactos de mayor distancia se consiguen por rebotes en la capa F<sub>2</sub>. En toda esta banda, los contactos están caracterizados por desvanecimientos de la señal (en inglés *fading*), que consisten en variaciones lentas o rápidas del nivel de señal recibido. Las causas de los desvanecimientos son varias, pero las fundamentales son el cambio de tamaño de las capas de la atmósfera y las variaciones de polarización.

Otro efecto muy común es el del multitrayecto o *multipath*. El multitrayecto se produce cuando la señal que recibimos recorre diferentes trayectos, en función de la altura a la que se refleje. Esto puede resultar perjudicial si las señales llegan en contrafase (se restan las contribuciones).

En la banda de los *80 metros* (3,5 a 3,6 MHz), la propagación mejora durante las noches, si bien las señales con mayor ángulo de entrada pueden atravesar la capa D y reflejarse en las capas E y F. Un DX típico en esta banda está limitado a unos 400 Km. En EA es habitual encontrarse con tertulias entre estaciones de toda la península y las islas durante las noches.

La banda de los *40 metros* (7 a 7,1 MHz) es muy popular entre los radioaficionados debido a su buena propagación durante casi todo el día. La capa D empieza a ser más transparente y las señales se rebotan en las capas E y F, posibilitando contactos diurnos de 1000 km. de distancia, siendo el mecanismo de propagación más importante la onda ionosférica (la onda de superficie a estas frecuencias ya no tiene relevancia). El ruido industrial y atmosférico ya no es tan terrible en estas bandas, por lo que podemos decir que es la banda de más baja frecuencia en la que podemos tener cobertura mundial. En EA, esta banda está repleta durante las noches de estaciones llamando DX, tanto en telegrafía como en LSB.

Pero la banda reina del DX no deja de ser la de los *20 metros* (14 a 14,350 MHz.), lo que queda patente al comprobar la tremenda ocupación de esta banda por los radioaficionados de todo el mundo. Durante cualquier hora del día, en los periodos favorables del ciclo solar, podremos hacer contactos a nivel mundial. En los años de actividad solar baja, la propagación es mayor durante las horas de día. Quizás el mayor problema para hacer DX en esta banda sea el QRM creado debido al alto nivel de actividad. Durante los concursos de DX a nivel mundial, es fácil encontrar varias estaciones operando en unos pocos KHz. La propagación en esta banda se debe a las reflexiones en la capa F, pudiendo reflejarse la onda varias veces de forma consecutiva y alcanzando así mayores distancias.

La banda de *17 metros* (18,068 a 18,168 MHz.) es bastante similar a la de los 20 metros, pudiendo realizar contactos a nivel mundial durante el día. Durante los años de baja actividad solar, la banda puede encontrarse totalmente cerrada, si bien cuando se encuentra abierta el QRM es mucho menor que en la banda de los 20 metros.

Los *15 metros* (21 a 21,450 MHz) es otra banda muy popular para el DX, siendo de uso primordialmente diurno. Durante los años de baja actividad esta banda suele estar totalmente cerrada, si bien durante los picos del ciclo solar se mantiene abierta por saltos en la capa F2 durante todo el día y parte de la noche. En EA, la parte baja de esta banda es muy utilizada por las estaciones EC para el DX.

La última banda de HF es la de los *10 metros* (28 a 29,7 MHz). En esta banda tienen lugar muchos modos de propagación y las condiciones varían de forma extremadamente rápida, combinando las características de la propagación en HF (reflexiones en la capa F2) con las de VHF. Durante los periodos altos de actividad solar, la banda está abierta desde el amanecer hasta un par de horas

después de que anochezca, y se consiguen largos contactos debido fundamentalmente a rebotes en las capas E y F2.

### 6.4.3 Frecuencias Muy Altas o VHF (30–300 MHz)

La propagación en VHF se produce fundamentalmente por *onda espacial*. Esto quiere decir que las ondas se propagan de forma directa de transmisor a receptor, sin pasar a las capas altas de la atmósfera, por lo que los alcances se limitan a un poco más que el alcance visual. Esto se denomina comúnmente “línea de vista” (*line of sight*) o línea de horizonte<sup>1</sup>. Así, cuanto más altura tenga la antena, mayor distancia de cobertura tendremos. Según la frecuencia de trabajo va aumentando, los alcances son menores. Debido a esto, en estas bandas es importante tener antenas muy directivas y apuntando hacia la otra antena de la forma más adecuada. Éste es el motivo por el cual los radioaficionados instalamos repetidores en las bandas de V/UHF, con objeto de comunicar poblaciones orográficamente separadas por grandes obstáculos.

En estas bandas, coexisten varios modos de propagación, como son las reflexiones en la capa F y en la capa E, auroras... así como la propagación troposférica, el rebote lunar y el *meteor scatter* o dispersión meteórica.

El meteor scatter (MS) es otro modo de propagación empleado por los radioaficionados, consistente en aprovechar las reflexiones en las regiones ionizadas de la atmósfera durante una lluvia de meteoros. Este modo de propagación da lugar a contactos de muy poca duración, exclusivamente en CW, debido a que el efecto ionizante es muy breve.

Los contactos de larga distancia más habituales en V/UHF son posibles debido a los efectos de la capa más baja de la atmósfera, la troposfera. Bajo determinadas circunstancias, se produce una inversión de la temperatura en la troposfera, lo que produce una refracción de las ondas, provocando que retornen hacia la superficie terrestre. Estos conductos formados por aire caliente-frío pueden dar lugar a contactos de cientos de kilómetros en V/UHF. Este efecto ocurre con condiciones de alta presión y en los atardeceres tras días cálidos y secos, por lo que tienden a darse mayoritariamente en verano.

La banda más baja para uso de radioaficionados en VHF es la de los 6 metros (50 a 50,2 MHz.). Durante los años de alta actividad solar, es posible hacer DX en esta banda, de nuevo mediante rebotes en la capa F2, si bien el modo más popular de propagación es la esporádica (capa E).

La banda reina de la alta frecuencia es sin duda la de 2 metros (144 a 146 MHz). En esta banda seguimos teniendo esporádica en la capa E, y la propagación troposférica empieza ya a aparecer e irá aumentando con la frecuencia. Los conductos troposféricos pueden hacer que tengamos alcances extraordinarios a estas frecuencias, del orden de los 1000-2000 kilómetros de distancia o incluso

---

<sup>1</sup>La distancia al horizonte en millas es 1.42 veces la altura de la antena en pies.

más, si se trata de enlaces sobre el mar.

#### 6.4.4 Frecuencias Ultra Altas o UHF (300 MHz – 3 GHz) y superiores

La banda más baja dentro de las frecuencias ultra altas es la de 70 cm (430 a 440 MHz). A estas frecuencias los alcances que podemos esperar son ya bastante menores que en VHF, si bien la propagación por conductos troposféricos pueden darnos contactos de larga distancia. Por otra parte, la capa E no tiene ningún a estas frecuencias y el efecto doppler empieza ya a ser un problema para ciertas aplicaciones.

Para frecuencias más altas, comienzan ya a aparecer otros efectos troposféricos, así como la propagación producida por *scattering* de hidrometeoros (agua, nieve...) en las bandas bajas del orden de los GHz. Por encima de 10 GHz., los factores más limitadores son la atenuación producida por el oxígeno (60 GHz) y el vapor de agua (22 GHz y 120 GHz).

Otro efecto muy llamativo de la radiopropagación son las auroras. Las auroras son tormentas electromagnéticas que ocurren en las regiones polares, y producen una fluorescencia en la atmósfera. Esta tormenta crea una gran ionización de la atmósfera, lo que actúa como dispersor para las señales de VHF (50 y 144 MHz son las bandas típicas). Como la posición de la cortina cambia rápidamente, aparecen desvanecimientos, multitrayecto y doppler, lo que hace que las señales de gran ancho de banda lleguen totalmente distorsionadas (señales de voz). Se puede utilizar SSB pero es más habitual la CW por ser más inteligible con doppler y escucharse mejor si la señal es muy débil.

El último modo de propagación que comentaremos es la propagación por línea gris (*gray-line propagation*). La línea gris es una banda alrededor de la tierra, formada entre la zona de día y la zona de noche. La propagación a lo largo de esta línea es muy eficiente, debido a que al amanecer las capas D y E no están todavía formadas pero la F2 se forma rápidamente. Al anochecer, la D y la E desaparecen rápidamente y la F2 se mantiene más tiempo. Si trabajamos en las bandas bajas de HF (160 y 80 metros) durante la línea gris estaremos consiguiendo mayores distancias que las esperables a otra hora del día.

## 7 Códigos y operacion en HF

La operación en las bandas de radioaficionado en HF (3–30 MHz) es mayoritariamente en telegrafía (CW) o fonía en banda lateral única (SSB). Por las características de esta banda en cuestiones de propagación, y por los modos de operación, la comunicación puede a veces resultar difícil, y se necesitan códigos que permitan abreviar o aclarar las comunicaciones.

Aun con todas estas desventajas, la HF sigue siendo el segmento del espectro más querido entre los radioaficionados, por permitir comunicaciones a larga distancia y con potencias mínimas, ayudadas por la peculiar propagación de las ondas.

A continuación se exponen algunos de los métodos de abreviatura y aclaración de la comunicación que utilizan los radioaficionados.

## 7.1 CQ: Llamada general

Es la abreviatura por excelencia. La primera palabra que se dice antes de salir al aire (tras preguntar, obviamente si la frecuencia está ocupada). Tanto en fonía como en telegrafía se suele utilizar de esta forma: *seek you*.

CQ CQ CQ DE EA1RCT EA1RCT EA1RCT

Tras esto, se queda a la escucha de posibles estaciones que quieran contactar con nosotros.

Algunas variantes de la llamada general muy comunes entre los radioaficionados se utilizan para hacer saber que sólo queremos contactar con alguien o un grupo en especial. Por ejemplo los siguientes:

- CQ DX: Llamada “a larga distancia”<sup>2</sup>
- CQ CONTEST: Llamada de concurso. Se utiliza cuando estamos participando en un concurso (que se supone suficientemente conocido, o de lo contrario habría que dar el nombre) y sólo queremos contactar con gente participando en dicho concurso.

Hay muchos más tipos de CQ que se van escuchando por las bandas con la experiencia.

## 7.2 Código Q

El código Q tiene sus orígenes en la telegrafía temprana, en la cual los operadores se veían obligados a transmitir grandes cantidades de telegramas. Estos códigos se reservaban para decirse rápidamente cosas como “transmite más despacio” o “acuso recibo de su transmisión”. Con el tiempo, los radioaficionados hemos adoptado muchos de ellos. En la bibliografía se puede encontrar una guía completa de este código, pero a modo de curiosidad se citan algunos muy utilizados:

- QSL: Recibido, acuse de recibo. Incluso a veces se utiliza en fonía.
- QRT: Deje de transmitir, o dejo de transmitir.
- QRZ: ¿Quién me llama?
- QTH: Localización, lugar. . .
- QSY: Paso a transmitir en otra frecuencia.

---

<sup>2</sup>También DX se suele utilizar como sinónimo de *país raro*.

Hay otras abreviaturas muy utilizadas en Morse y que no entran dentro del código Q pero no son por ello menos importantes. Se podrían comparar a las actuales abreviaturas que utilizamos en los mensajes SMS actuales a través de móviles GSM. Algunos ejemplos clarifican a qué nos referimos:

- OM: *Old Man* (viejo amigo, radioaficionado, etc. . .)
- PLS : *Please* (por favor).
- UR: Su (pronunciado en inglés suena a “*your*”).
- YL: Señorita (*young lady*).
- 73 : Los mejores deseos, generalmente al terminar una conversación.

### 7.3 RST

Este es el código de calidad de señal más utilizado entre los radioaficionados. Las tres letras se refieren a tres parámetros de la señal de audio recibida:

**R** *Readability* (legibilidad). Valores oscilan entre 1 (ininteligible) y 5 (perfectamente legible).

**S** *Signal* (señal). Valores posibles de 1 (muy débil) a 9 (muy fuerte). Los equipos de fábrica suelen incluir un medidor que facilita ser precisos al leer este parámetro.

**T** *Tone* (tono). Obviamente, sólo utilizado en telegrafía. Si el tono llega con chirridos o es inestable, se utilizan los valores más cercanos a 1 y si el tono es puro y sin desviaciones de frecuencia, se utiliza el 9.

Por tanto no es raro oír en fonía una frase parecida a:

Your signal is 59
-------------------

Lo cual significa que nuestro corresponsal nos entiende perfectamente y que nuestra señal es muy buena.

### 7.4 Deletreo

Al principio del capítulo comentábamos que en HF es bastante común que en un momento, la comunicación se vea afectada por desvanecimientos. A lo cual se añaden todo tipo de ruidos de la banda, de interferencias por otros aparatos, del propio equipo, etc. . .

El código de deletreo se impuso en fonía para evitar las posibles confusiones al deletrear texto. Si eligiésemos unos radioaficionados al azar de diferentes países y les hiciésemos deletrear “VIGO” en inglés, probablemente lo pronunciarían de manera muy dispar. Para ayudar a la comprensión del deletreo en estas ruidosas bandas, se creó el código de deletreo UIT o ICAO, en el cual cada letra se asocia a una palabra que es muy distinta de cualquier otra que defina otra letra:

Letra	Código ICAO	Letra	Código ICAO
A	ALFA	N	NOVEMBER
B	BRAVO	O	OSCAR
C	CHARLIE	P	PAPA
D	DELTA	Q	QUEBEC
E	ECHO	R	ROMEO
F	FOX	S	SIERRA
G	GOLF	T	TANGO
H	HOTEL	U	UNIFORM
I	INDIA	V	VICTOR
J	JULIET	W	WHISKY
K	KILO	X	X-RAY
L	LIMA	Y	YANKEE
M	MIKE	Z	ZULU

Por tanto “VIGO” se deletrearía: VICTOR, INDIA, GOLF, OSCAR.

## 7.5 Morse (CW)

La telegrafía es aún ampliamente utilizada en HF, y muy especialmente por los radioaficionados, quienes aún se resisten a dejar este bonito medio de comunicación. Los radioaficionados en general gustan de comunicarse en Morse por la pericia que requiere y por la satisfacción que reporta completar un comunicado en esta modalidad.

Otras ventajas de la telegrafía son el reducido ancho de banda que necesita (unos 100 Hz) y que requiere mucha menos potencia que la fonía para ser comprensible.

En las bandas de HF todos los segmentos pueden ser utilizados para transmisión de Morse (es la única modalidad que lo permite) aunque hay siempre algunos que son los más habituales, que suelen estar al principio de las bandas.

Se pueden oír velocidades de transmisión de principiante (por ejemplo alrededor de 21.125 KHz) hasta velocidades de auténtico experto al principio de la banda de 20 metros.

## 7.6 Fonía

Éste quizás sea el modo de transmisión que más trasciende al público en general, y quizás sea el más sorprendente para el principiante.

La fonía es con mucho la modalidad más extendida de operación en HF, siendo la SSB el modo de transmisión habitual. También suele haber estaciones operando en FM en la banda de 10m sobre todo en épocas de buena propagación.

Se pueden encontrar diferentes tipos de comunicaciones de fonía dependiendo de la banda, la hora, y el tipo de estación con la que se esté comunicando:

Las estaciones *DX* suelen hacer comunicados muy cortos para poder contactar con el mayor número de personas posibles, y habitualmente tienen *pileups*<sup>3</sup> pues mucha gente desea contactar con ellos.

En las bandas de corto alcance como 40 y 80, y sobre todo durante la noche o fines de semana, suelen hacerse “ruedas” de charla. Normalmente son un grupo de habituales y se va pasando el cambio de uno a otro cíclicamente. Siempre se puede entrar en éstas, pues las normas de cortesía, respetadas siempre por los radioaficionados, hace que se deje un espacio de tiempo sin transmitir para permitir a nueva gente entrar a dicha rueda.

Otros comunicados entre estaciones suelen tener una duración media, y generalmente se comenta el tipo de antena que uno tiene, la calidad con la que se recibe la señal, si se desea recibir una tarjeta QSL, etc. . .

## 7.7 QSLs

Las tarjetas llamadas QSL son el “acuse de recibo” de una comunicación entre dos radioaficionados.

Cuando se realiza un contacto, normalmente se pide “tarjeta QSL” y los involucrados en el contacto se envían mutuamente una tarjeta con sus datos, la fecha hora y modalidad del contacto realizado.

Esta tarjeta puede ser utilizada como acreditación personal de haber contactado con ese país o zona del mundo, y también como simple recuerdo del contacto (QSO) mantenido.

Enviar tarjetas QSL a todos con los que hacemos contactos por correo sería muy caro. Para ello los radioaficionados suelen asociarse con la unión de radioaficionados de su país, quien les pone a su disposición el servicio de *QSL bureau* que es como un servicio de correo de QSLs particular entre radioaficionados.

## 7.8 DX

El *DX*<sup>4</sup> en un principio significaba “contacto a larga distancia” pero su uso se fue generalizando entre los radioaficionados hasta significar “país raro o difícil de conseguir”.

Hay algunos países donde rara vez salen los radioaficionados al aire, o donde, por restricciones legales, no se dan licencias. Estos países suelen ser los más buscados por los *DXistas*, que son aquellos radioaficionados que gustan de tener en su haber QSLs de todos los países posibles, bien sea por simple satisfacción personal, o bien por conseguir alguno de los diplomas que honran a los radioaficionados.

---

<sup>3</sup>Gran número de estaciones intentando que una estación les dé paso.

<sup>4</sup>Léase “Di-ex”

## 7.9 Concursos

Los concursos de radioaficionados suelen tener una duración de entre unas horas hasta dos días (normalmente en fin de semana, que es cuando la gente puede estar haciendo radio). Los concursos se organizan desde las asociaciones nacionales u otras instituciones como revistas especializadas, etc...

Normalmente se publican las fechas y las bases unos meses antes de la celebración de los concursos, cuyo objetivo es muy diverso. En general se trata de realizar la mayoría de contactos posibles (los contactos dan puntos) con la mayoría de países/zonas posibles (las cuales multiplican esos puntos). Se pueden clasificar de esta forma:

**Concursos pequeños** normalmente organizados por una sección local o pequeña asociación y que en los que suele estar premiado realizar muchos contactos en la mayoría de las bandas posibles con gente de esa asociación o sección.

**Concursos medios** que normalmente tienen ámbito nacional y que congregan generalmente a gente de ese país. Los contactos con el país organizador suelen puntuar más. Un ejemplo es el *Concurso Nacional de Radioteletipo “EA RTTY”*.

**Concursos grandes** de ámbito mundial. Suelen ser una gran fiesta para muchos radioaficionados, algunos de los cuales organizan expediciones a países raros (DX), para intentar conseguir una buena posición, puesto que el objetivo suele ser contactar con el mayor número de países posibles. Los más conocidos son el *CQ WW* ó *CQ WPX*.

## 7.10 Diplomas

Hay gran cantidad de diplomas en el mundo de la radioafición. El más conocido es el DXCC: para conseguirlo has de acreditar (mediante tarjetas QSL) haber realizado un contacto con cada uno de los 330 países<sup>5</sup> que lo forman.

Hay también diplomas nacionales, como el TPEA (Todas las Provincias de España) con sus variantes (5 bandas).

## 7.11 Coste y elección del equipo

Si en principio se tiene acceso a un radioclub o al cuarto de radio de un radioaficionado, como manera de tomar el contacto con la radio, el principiante puede tender a pensar que para salir en HF hace falta un equipo “electrodoméstico”, manufacturado por alguna marca conocida, y de gran potencia.

La ventaja de la HF y su propagación, es que con un equipo autoconstruido de telegrafía, podemos llegar a cualquier parte del mundo si las condiciones de propagación son favorables. Algunos

---

<sup>5</sup>Este número cambia a menudo.

radioaficionados practican el QRP (transmisión en baja potencia), demostrando que se pueden llevar a cabo contactos con muy poca potencia y equipos muy sencillos.

Como antena puede servir desde un simple dipolo, de precio irrisorio, hasta una torreta con varias antenas direccionales.

## 8 Operación en VHF y superiores

La posibilidad de comunicar con todo el mundo por reflexión ionosférica acaba en la parte baja de la VHF. A partir de aquí, el modo predominante de propagación es el rayo directo. La reflexión y difracción sobre montañas y edificios aumentan el alcance, pero para lograr distancias elevadas hay que ingeniárselas de alguna manera.

Una ventaja de estas frecuencias es que hay mucho más ancho de banda disponible, con lo que se pueden usar modulaciones más anchas (FM, digitales, etc). Las altas frecuencias son el campo donde más se puede experimentar e innovar porque su uso es más reciente. Aquí se dan algunas formas de comunicación especialmente interesantes, como la dispersión meteórica, el rebote lunar, los satélites o el packet-radio, que se verán en los temas correspondientes.

### 8.1 Fonía en FM

La actividad más habitual en la banda de 2 metros (144–146MHz) es la de charlas locales en FM entre radioaficionados de una misma ciudad. Con 5w de potencia y una antena vertical se suele cubrir una ciudad entera, y, si la ubicación es buena, hasta algunas decenas de kilómetros.

Para superar las dificultades que impone la orografía se utilizan repetidores. Estos son estaciones automáticas que reciben una señal en una frecuencia y simultáneamente la retransmiten en otra. Suele ubicarse en lugares elevados con buena cobertura. Para operar por repetidor, el equipo debe recibir en una frecuencia distinta de la de transmisión. En España los repetidores de 2 metros se denominan R0-R7, y sus frecuencias de entrada son 145.000, 025, 050, 100, 125, 150 y 175. La salida es en 145.600, 625, ... y 145.775. Para operar por un R0 el transceptor deberá recibir en 145.600 y bajar a 145.000 para transmitir. Ese desplazamiento lo pueden hacer automáticamente cuando se pulsa el PTT. También hay repetidores en la banda de 70 cm (430–440 MHz).

Las reglas de buena educación para operar un repetidor son dejar prioridad a las estaciones móviles, mantener unos segundos de silencio antes de tomar el cambio por si quisiese entrar alguna otra estación, y, aunque parezca obvio, no utilizarlos cuando no sea necesario (cuando se pueda comunicar en directo por símplex).

### 8.2 Señal debil (repasso propagacion)

Una de las formas de propagación más aprovechadas en VHF es la refracción troposférica o "tropo". Ocurre como consecuencia de una inversión térmica en las capas bajas de la atmósfera (troposfera), y sobretodo por un gradiente en la concentración de vapor de agua. Esto quiere decir que al aumentar

la altitud aumenta también la temperatura, al contrario de lo habitual, y/o disminuye el vapor de agua. El aire más caliente es menos denso y por él las ondas viajan más deprisa, al igual que por el más seco. Este fenómeno se da sobretodo en verano y sobre el mar. El agua del mar actúa como un reflector, al igual que la inversión térmica, con lo que se logran contactos de más de 3000 kilómetros, por ejemplo entre las islas Canarias y el Reino Unido o entre Hawai y la costa Oeste de EEUU. Contactos entre 1000 y 2000 km son habituales incluso entre estaciones modestamente equipadas durante el verano siempre y cuando estén separadas por el mar.

Sin duda la forma de propagación más buscada por los operadores de VHF es la esporádica de capa E. Como su nombre indica, sucede muy de cuando en cuando, y es casi impredecible. Entre Mayo y Agosto puede haber media docena de aperturas aprovechables en 144, cada una de menos de una hora de duración. El mecanismo por el que se crea no se conoce con precisión, pero se sabe que se forma una nube ionizada a unos 100 Km de altitud que actúa como un espejo reflector. Las distancias alcanzadas son superiores a los 1000 Km, y las señales recibidas bastante intensas.

En 10 y 6 metros también es útil la esporádica, de hecho tiene más duración cuanto menor es la frecuencia. La única manera de "predecir" la esporádica en 144 es estar atento a la banda de 50 MHz; cuando se abre, empezar a escuchar la parte baja de la FM comercial, después la parte alta y, si en ésta también se escuchan estaciones extranjeras, pasar a 144.

### **8.3 Elección del equipo**

La mayoría de los radioaficionados disponen de uno o varios equipos de 145 o 435 con FM, así como de una antena vertical colineal. Los transceptores suelen ser portátiles (walkie-talkie), que incorporan la antena y la batería, y suelen tener 5w de potencia, o los llamados móviles (para llevar en un vehículo). Estos últimos tienen habitualmente 50w de potencia. Portátiles y móviles pueden ser monobanda o bibanda, y los segundos pueden permitir o no la operación en full-duplex, es decir, transmitir y recibir al mismo tiempo en bandas diferentes. También existen otros equipos que, además, cubren las bandas de 50, 220 o 1200 MHz.

Aunque la FM ofrece muy buena calidad de audio, tiene el inconveniente de que usa bastante ancho de banda (al menos el doble que la moduladora) y necesita que la señal recibida sea relativamente intensa. Cuando se quieren alcanzar distancias grandes es obligado usar modulaciones más eficientes (SSB o CW), además de mayores potencias y antenas directivas.

Los equipos de VHF-UHF con SSB cuestan más dinero que los de FM, pero se pueden conseguir muy baratos de segunda mano. Recientemente han aparecido en el mercado transceptores que cubren todas las bandas de HF, más 50, 144, 435 y algunos incluso 1200 MHz, en todas ellas con SSB.

Las antenas que se utilizan son casi siempre yagi, en polarización horizontal. Una sola antena puede ser suficiente, pero en caso de querer más ganancia lo que se hace es enfasar dos o más. En cualquier caso es necesario girarlas con un rotor. Para frecuencias mayores puede ser factible usar otros tipos de antenas, como las helicoidales o parabólicas. Son más fáciles de construir y ofrecen ganancias elevadas.

Un accesorio muy utilizado por los operadores exigentes es el preamplificador de bajo ruido. Se debe colocar lo más cerca posible de la antena, generalmente en la propia torre, para compensar en recepción las pérdidas del cable. No da lo mismo colocarlo dentro de casa, antes del transceptor.

El objetivo es amplificar la señal pero manteniendo el ruido al mínimo. Si el previo se pone en la antena, primero se amplifica la señal, y los sistemas posteriores le añaden atenuación y una cierta potencia de ruido. Si se pone después de la bajada de cable, primero se suma ruido y se atenúa la señal y después se amplifica todo, degradando la relación señal a ruido.

## 9 Modos digitales

### 9.1 Introducción

La primera aproximación a la comunicación digital fue, curiosamente, la telegrafía. El esquema de bloques de una conexión digital actual no difiere mucho en el fondo de aquel de la telegrafía, si bien salvando las diferencias en cuanto a tecnología y automatización.

Utilizamos un ejemplo para definir los elementos principales de una comunicación digital, desde el transmisor hasta el receptor. Una comunicación telegráfica temprana y un correo electrónico actual:

**Generación de datos** En telegrafía, los datos los generaban personas en texto claro para ser transmitido. Hoy en día podría ser un cliente de correo electrónico.

**Codificación** Esta labor la realizaba el empleado de correos que transmitía el telegrama y se hacía en código Morse. Actualmente los computadores lo hacen directamente en ASCII desde un primer momento.

**Modulación** La manera de pasar la comunicación digital CW al aire (que solo porta señales analógicas) era por el sencillo procedimiento de abrir-cerrar una llave. En las comunicaciones por radio o cable actuales, se utilizan muchísimos tipos de modulaciones y constelaciones para los símbolos.

**Decisor** Era el telegrafista destino, que decodificaba él mismo los símbolos. Ahora la decisión la toma el receptor digital.

**Presentación de datos en destino** Se recibía en papel en el caso de los telegramas. Ahora se puede recibir por la pantalla en un computador, o ser almacenado en disco directamente.

Esta sencilla aproximación a los conceptos en los que se basa una comunicación digital, nos servirá para comprender mejor los diferentes tipos que utilizan los radioaficionados:

### 9.2 RTTY

Fue la sucesión lógica de la telegrafía, y supuso la automatización de las telecomunicaciones en el ámbito de los mensajes de aquella época.

Se basa en la transmisión de dos tonos de frecuencia próxima, llamados *marca* y *espacio* que codifican<sup>6</sup> caracteres (letras y números).

A este modo de transmisión se le denomina FSK<sup>7</sup> por basarse en una modificación de la **frecuencia** que lleva la información.

Los radioaficionados utilizan habitualmente la HF para los contactos de RTTY. Se suele utilizar 170 Hz de desviación entre los tonos de marca y espacio y una velocidad de 45 baudios.

Este modo es bastante fácil de escuchar en bandas de radioaficionado aún hoy en día, sobre todo en la banda de 20m. Se puede decodificar con cualquier tarjeta de sonido puesto que el ancho de banda (170 Hz, que es lo que ocupan los dos tonos) es suficientemente reducido como para acoplar el receptor por audiofrecuencia. Para transmitir podemos usar igualmente la tarjeta de sonido.

### 9.3 PSK31

Frente al FSK, el PSK codifica sus símbolos mediante la modificación de la **fase** de la señal. La idea de usar una modulación PSK de banda estrecha para contactos de teclado a teclado proviene de Pawel Jalocho, SP9VRC, y fue implementado por Peter Martinez G3PLX.

La gran ventaja de esta comunicación frente a otras es su alta inmunidad al ruido, como se podrá comprobar en una demostración práctica, con la consiguiente reducción de la potencia necesaria para realizar un comunicado así como del ancho de banda necesario.

### 9.4 Packet

El Packet es una manera de comunicación entre radioaficionados que se basa en el protocolo AX.25 para el acceso al medio. Esto quiere decir que se comparte un canal para un número de usuarios, y estos se pueden comunicar utilizándolo uno cada vez, sin pisarse.

Se consigue que la información llegue a su destino mediante la inclusión de cabeceras con dicha información, en el paquete que se envía.

La información a enviar se segmenta en paquetes.

La utilidad didáctica de este protocolo es lo que lo hace tan atractivo para explicar importantes conceptos como el acceso al medio. Se pueden “oír” las comunicaciones digitales mientras ocurren, dadas las velocidades de transmisión que se utilizan.

#### 9.4.1 Protocolo

El AX.25 permite todo lo que permite un protocolo de enlace normal. Se utiliza éste por ser el obligatorio en las comunicaciones de radioaficionados, y tiene la característica de poder almacenar

---

<sup>6</sup>Normalmente en codificación baudot

<sup>7</sup>Frequency Shift Keying

en las cabeceras del paquete, la información de los radioaficionados origen y destino, codificadas por su propio indicativo y el SSID<sup>8</sup>.

El protocolo tiene varios tipos de tramas, algunas numeradas para la transmisión de paquetes correlativos normales, y otras para informar de que la recepción ha sido correcta (ACKs), etc...

### 9.4.2 Modulaciones, módems, equipo necesario

En general, para el packet básico a 1200 baudios en VHF, podemos acoplar el módem o TNC<sup>9</sup> directamente por audiofrecuencia a nuestro transmisor, lo que equivale a decir que el módem nos presta una salida que se puede introducir por la entrada de micrófono al transmisor.

Igualmente para la recepción, el módem recibe por audiofrecuencia la modulación.

### 9.4.3 Servicio que presta: enlaces, BBS, Cluster, etc

Hay innumerables aplicaciones en el packet radio, limitadas sólo por la imaginación y los medios de que se disponga. Las principales son:

**Enlaces** El AX.25 permite la inclusión de digipeaters en su trayecto. Esto significa que el paquete puede saltar de una estación a otra, hasta llegar a su destino. Así, podríamos enviar un paquete desde una estación a otra sin que ambas se escuchen directamente.

**BBS** <sup>10</sup> Sistema mediante el que los radioaficionados pueden compartir mensajería, almacenada en una BBS local. Existe una red por la que esos mensajes llegan a todas las BBS.

**Cluster** Red internacional de información en tiempo real. Generalmente se asocia su uso a la búsqueda del DX.

**TCP/IP** El AX.25 permite encapsular este protocolo en sus tramas y así poder crear una red vía radio con el mismo funcionamiento que Internet, incluso con sus propias IPs universalmente asignadas. Ésta es otra de las utilidades didácticas del packet radio en cuanto a la enseñanza del funcionamiento de redes de comunicaciones modernas como es el caso de Internet. Los radioaficionados tenemos asignada una red de clase A: todas las direcciones IP que tienen 44 en el primer octeto pertenecen al dominio `ampr.org`. Así, el radioclub es `ea1rct.ampr.org` y su IP la `44.133.36.1` El segundo octeto, 133, indica el país (España), el tercero la provincia (Pontevedra), y el último se asigna correlativamente según se pide.

### 9.4.4 APRS

El APRS no deja de ser una aplicación más del packet, pero hemos querido dedicarle una sección aparte.

<sup>8</sup>Algo parecido a lo que representa la IP y el puerto, en el protocolo TCP/IP de Internet

<sup>9</sup>Terminal Node Controller

<sup>10</sup>Bulletin Board System

Es un sistema creado por Bob Bruninga, WB4APR, que usa el packet para transmitir información sobre la posición actual de tu equipo, información meteorológica y mucho más como partes de tráfico etc. . .

Las estaciones personales pueden configurar su baliza APRS para que transmita la información de posición (que puede ser fija, o variable si tiene acoplado un GPS) u otras informaciones como temperatura, velocidad, etc...

Todas las estaciones en su área recibirán esta trama y con la ayuda de algún tipo de software pueden ir registrando las estaciones recibidas. Con esta información se puede representar, por ejemplo, un mapa con la posición de las estaciones base.

Algunas estaciones de radio cuentan con un ordenador con una dirección de internet fija, y pueden conectarse a otros servidores similares para compartir las tramas de APRS recibidas por las redes locales de radio.

Asímismo, cualquier persona desde su casa puede ver, con un programa de APRS como el UI-VIEW, la información de dichos servidores simplemente conectándose a cualquiera de ellos por internet.

## 10 Satélites

El primer satélite de radioaficionados se lanzó en 1961 (poco después del Sputnik, que fue en 1957). Era el OSCAR-1, que además fue el primer satélite no gubernamental. Desde entonces se han lanzado decenas, construidos y financiados por diversas asociaciones. La principal es AMSAT, en cuya página web [www.amsat.org](http://www.amsat.org) podemos informarnos del estado actual de todos los satélites de radioaficionado en órbita.

### 10.1 Historia

El término *fase* clasifica a los satélites de radioaficionado dependiendo de cuándo fueron lanzados. Cronológicamente se hace la siguiente clasificación:

**Fase 1** Estos primeros satélites tenían un corto periodo de vida, dado que no llevaban células solares. Sólo eran transmisores: llevaban una simple baliza, igual que el Sputnik.

**Fase 2** Satélites de órbita baja que ya llevan paneles solares y baterías recargables, lo que les permite tener años de vida. De órbita circular y más alta que en la fase I. Incorporan ya algún tipo de reemisor.

**Fase 3** Satélites con órbitas muy elípticas, con gran duración de los pases y con apogeo (distancia máxima) muy elevado, por lo que se necesitan antenas de elevada ganancia. Sólo hay dos en órbita actualmente (AO-10 y A0-40).

**Fase 4** Simplemente son satélites propuestos para el futuro, geoestacionarios y con transpondedores en frecuencias de microondas.

## 10.2 Tipos de órbita

Algunos de estos términos ya han sido utilizados en el punto anterior y se refieren a los siguientes conceptos:

**Órbita elíptica** Describen órbitas elípticas, de tal manera que no siempre están igual de cerca de la superficie terrestre. En muchos casos tienen una distancia de apogeo tan grande que se necesitan antenas con mucha directividad para trabajarlos, en contrapartida, suelen tener pases de mayor duración. Durante el apogeo parecen estar casi fijos para el observador terrestre, lo que significa que apenas hay que mover las antenas ni corregir el doppler.

**Órbita circular** Describen órbitas circulares y en la mayoría de los casos podemos trabajarlos con un equipo sencillo. Por tener esta órbita, cambian su posición rápidamente, y los pases pueden no ser mayores de 10 o 15 minutos.

**Órbita geoestacionaria** Están situados a unos 36000 km sobre el ecuador y parecen estar en un punto fijo sobre el cielo.

Otras clasificaciones atienden a la altura de la órbita (LEO/HEO<sup>11</sup>)

## 10.3 Transpondedores lineales

La función básica de los satélites es *repetir* la señal que les llega, de vuelta hacia la tierra.

La aplicación más común es la de los transpondedores lineales, que son sistemas que repiten todo lo que reciben en un segmento de banda en otro segmento de banda, de manera totalmente lineal. Simplemente a través de un transverter, no demodulando cada comunicación en particular y volviéndola a transmitir.

Las señales recibidas se retransmiten tal cual son, por lo que podríamos usar cualquier modulación, como FM. Pero si queremos hacer un uso eficiente del espectro se deben usar otras más estrechas, como SSB, CW u otras digitales de banda estrecha.

Dada la linealidad del método de retransmisión, es importante seguir algunas normas de cortesía al trabajar estos satélites. Es fundamental reducir al mínimo la potencia de transmisión, para que la potencia con que transmite el satélite se dedique por igual a todas las comunicaciones.

Un ejemplo es el RS/12. La banda de subida es de 145,910 a 145,950 y la de bajada de 29,410 a 29,450.

## 10.4 Digitales

Los digitales se pueden dividir en dos categorías, los de almacenamiento y reenvío de ficheros y los "digis" de APRS. Todos ellos utilizan AX.25.

---

<sup>11</sup>Low/High Earth Orbit

Los primeros funcionan a 9600 o 38400 baudios, con subida en 2 m y bajada en 70 cm. A ellos se pueden conectar varios usuarios a la vez para enviar o recibir ficheros. El acceso al canal está controlado por el satélite para lograr una mayor eficiencia. Para comunicar con estos satélites es necesario un transceptor de 145 y 435 con FM y capacidad de FSK a 9600 y antenas directivas de ganancia moderada, con rotor de azimut y elevación. Lo más habitual es utilizar una tnc en modo KISS. Algunos de estos son el UO-22, KO-23, KO-25, o el UO-36.

Los digis se limitan a reenviar tramas sueltas. Es el caso de la ISS o los recién lanzados Pcsat, Starshine y Sapphire. Todos ellos retransmiten tramas de APRS y se pueden trabajar o al menos recibir con antenas muy sencillas.

## 10.5 Repetidores de FM

Algunos satélites como el AO-27 y el UO-14, repiten un solo canal de FM, de esta forma sólo pueden ser utilizados para una comunicación a la vez.

## 10.6 Equipo necesario

No hay por qué pensar en principio que los equipos que se necesitan para trabajar satélites son caros y complicados. Hay un gran número de satélites que pueden trabajarse con simples antenas omnidireccionales, si bien hay muchos otros de gran interés para los cuales necesitamos un sistema radiante apropiado, y un mecanismo de posicionamiento.

Necesitaremos en general los siguientes elementos:

**Transceptor** el cual nos permitirá transmitir o recibir en los canales apropiados. Puede ser necesario que tenga función SPLIT<sup>12</sup>.

**Antena** Las directivas son las más adecuadas para trabajar satélites (pues se encuentran a miles de kilómetros de distancia), pero éstas necesitan un sistema que las apunte hacia el satélite, tanto en azimut como en elevación. En general es conveniente que tengan polarización circular, aunque con lineal también puede uno iniciarse. Para frecuencias de 1200 MHz y en adelante pueden usarse antenas parabólicas o helicoidales.

**Rotor** Es un motor que hace girar el sistema de antenas hacia el satélite. El cálculo de la posición suele hacerlo un ordenador, que manda las órdenes al rotor para seguir el satélite. Los tipos de rotores son:

**En azimut** Pueden apuntar la antena hacia cualquier dirección en la brújula.

**En elevación** Pueden apuntar la antena verticalmente desde el horizonte hasta el cénit.

**En azimut y elevación** Combinando los dos efectos anteriores, hay rotores que permiten apuntar la antena hacia cualquier punto del cielo.

---

<sup>12</sup>Transmisión y recepción en frecuencias diferentes.

**Preamplificador** Si la señal recibida es débil y las pérdidas en la bajada de cable son apreciables puede ser necesario instalar un preamplificador. Deberá estar lo más cerca posible de la antena para no estropear la relación de señal a ruido.

**Ordenador** Es imprescindible para el cálculo de la posición del satélite. Se calcula a través de los *Datos Keplerianos* que pueden obtenerse actualizados en Internet. Puede mostrar a través de la pantalla los pases del satélite para que veamos cuándo va a pasar el satélite y por dónde lo va a hacer, o directamente apuntar el sistema radiante hacia el satélite.

El ordenador también nos resulta de gran ayuda en el cálculo del **Doppler**. Este parámetro es muy importante a la hora de recibir los satélites, y es especialmente crítico en CW y SSB. Cuando el satélite se acerca, oímos su transmisión en una frecuencia mayor que en la que realmente transmite éste, y al revés cuando se aleja. Esto es completamente similar a cuando oímos acercarse un tren que silba (oímos su silbido más agudo). Cuando se aleja, escuchamos su silbido disminuir en frecuencia.

En cualquier caso el tema de los satélites es tan cambiante como cualquier otro en la radioafición. En la página web de AMSAT se puede encontrar información completa y actualizada de los satélites de radioaficionados, además de los datos keplerianos necesarios para conocer la posición de los satélites y las frecuencias y normas de uso.

## 10.7 Satélites meteorológicos

Desde los años 60, distintos organismos gubernamentales han aprovechado la ubicación privilegiada de los satélites para tomar imágenes de la superficie terrestre. Éstas han aportado una ayuda enormemente valiosa para la predicción de la meteorología.

Algunos de los primeros tomaban fotografías en una película fotosensible que después devolvían a la superficie terrestre, pero por lo general envían la imagen mediante radio.

Todo el mundo ha oído hablar del Meteosat, pero existen muchos otros que nos son de órbita geoestacionaria sino LEO, y más concretamente órbita polar. Es el caso de los construidos por la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de EE.UU. o los Meteor rusos. Ambos transmiten alrededor de 137 MHz en FM. El audio demodulado es una subportadora de 2400 Hz, modulada en amplitud con la señal de vídeo. La señal de vídeo, en escala de grises, tiene dos líneas por segundo. Cada línea forma dos imágenes, generalmente una de ellas de espectro visible y otra infrarroja. Los meteor transmiten una sola imagen. Además hay un sincronismo de fin de línea para que la imagen quede bien centrada.

Para recibir estas señales puede utilizarse un equipo normal de VHF con FM, pero la señal tendrá inevitablemente distorsión. Eso se debe a que los satélites utilizan unos 34 KHz de ancho de banda, mientras que los equipos normales tienen sólo 12. Existen receptores específicos con el ancho de banda adecuado. La antena es conveniente que tenga polarización circular, y, si no es directiva, que reparta la ganancia uniformemente para todos los valores de elevación.

## 11 Otros modos

En este tema se incluyen actividades menos extendidas en la radioafición, con mayor contenido técnico, pero que son precisamente donde hay más posibilidades para la experimentación.

### 11.1 Television de Aficionados

La modalidad que quizás esté menos extendida en España es la televisión de aficionados (ATV). Consiste en transmitir televisión, en el mismo formato que las cadenas comerciales: la portadora se modula en banda lateral vestigial con una señal de vídeo PAL. Esta modulación ocupa 6 MHz de ancho de banda, por lo que sólo es posible en 435 y superiores. Para recibir es necesario un conversor de frecuencia que desplace la señal para que la pueda recibir un televisor convencional.

Hay otra forma de transmitir ATV, y es modulando en FM, igual que lo hacen los canales analógicos de televisión por satélite. Un transmisor de FM es más simple que uno de VSB, y como receptor puede emplearse uno de satélite. El ancho de banda obliga a usar frecuencias de 1200 en adelante.

### 11.2 EME y MS

Probablemente el rebote lunar y la dispersión meteórica sean las modalidades más exigentes, tanto desde el punto de vista técnico como operativo. El rebote lunar, como su nombre indica, consiste en hacer rebotar una señal en la superficie de la Luna, y captar su eco. El trayecto de ida, la reflexión y el trayecto de vuelta atenúan y distorsionan la señal más que ningún otro canal conocido. Recordemos que la distancia entre la Tierra y la Luna es de aproximadamente 380000 km. Es el más exigente y mejor banco de pruebas para receptores, antenas, preamplificadores, filtros y modulaciones de banda estrecha. Las estaciones activas en EME en 145 tienen al menos dos grandes antenas enfasadas, un preamplificador de muy bajo ruido, cientos de vatios de potencia y por supuesto ninguna atenuación que se pueda evitar. La operación es en CW, sólo las estaciones mejor equipadas pueden intentarlo en SSB. Las bandas utilizadas son de 145 en adelante.

La dispersión meteórica (MS) utiliza como reflectores las trazas de aire caliente ionizado que dejan los meteoritos al quemarse en la atmósfera. Esas trazas mantienen la propagación durante sólo unos segundos, por lo que la información debe enviarse de forma muy rápida y redundante. Suele utilizarse telegrafía de alta velocidad (HSCW). El equipamiento necesario es más sencillo que para EME.

### 11.3 Microondas (propagación, equipos, ventajas e inconvenientes)

Casi todos los avances en la radioafición se han basado en subir a frecuencias mayores. Las frecuencias superiores a 1 GHz se propagan principalmente por rayo directo, aunque se pueden conseguir distancias mucho mayores por conductos troposféricos. El enorme ancho de banda disponible permite modos digitales de alta velocidad o ATV en FM. También son bandas muy indicadas para

satélite.

Las dificultades propias de estas bandas son la construcción de los equipos y el poca oferta de equipos comerciales. Actualmente eso está cambiando, porque ya existen transceptores completamente funcionales que traen hasta 1200 MHz, y la oferta de kits y módulos montados para esa y otras bandas es extensa. La configuración más habitual para salir en microondas es un transverter y un equipo con SSB para una frecuencia menor, como 145 o 435. Un transverter desplaza una banda hacia otra por medio de un modulador. Habitualmente se coloca en la misma antena para reducir al mínimo las pérdidas en la línea; una vez amplificada y desplazada la señal a 145 o 435 las pérdidas en el cable son menores.

Hasta hace poco el montaje de equipos para microondas requería el uso de tubos de cobre a modo de resonadores, pero hoy en día existen muchos circuitos integrados que funcionan a esas frecuencias. Ello se debe a la electrónica de consumo (teléfonos móviles, receptores de televisión por satélites, etc) que utiliza masivamente esos componentes y hace que se abaraten.

## 11.4 LF

La baja frecuencia o LF es el segmento comprendido entre 30 y 300 KHz, entre 10 y 1 km de longitud de onda. Fue la banda que usaron los pioneros de la radio hace un siglo, y su uso actual está limitado a muy pocas aplicaciones: radionavegación marítima y aérea, estándares horarios, y recientemente radioaficionados. Algunos países (entre ellos España) han permitido el uso de dos pequeños segmentos, en 73 y 136 KHz.

En LF el principal problema es sin duda la antena. En 136 KHz la longitud de onda es de 2200 m, y en 73 de 4100 m. En la práctica no es posible construir una antena que sea resonante. Aunque se despliegan decenas de metros de cable, la resistencia de radiación será de una fracción de ohmio, menor que la resistencia del propio conductor. La eficiencia de esas antenas siempre es reducida, es decir, la mayor parte de la potencia que se les aplica no se radia sino que se convierte en calor. El reto está en diseñar la geometría de la antena para conseguir la mayor eficiencia posible. El truco se basa en que la corriente se distribuya uniformemente, para lo que son útiles sombreros capacitivos.

Ya que las antenas radian poco y la propagación no ayuda, es necesario alguna estrategia para lograr distancias importantes. Si la potencia recibida es extraordinariamente débil se puede reducir más y más el ancho de banda hasta que el ruido recibido sea igual de débil. Pero al reducir el ancho de banda se limita la información que se puede enviar. La modulación más utilizada es la telegrafía de baja velocidad. Cada punto o raya dura minutos, y un QSO puede tardar más de una semana en completarse. Son necesarios procesadores digitales de señales y transceptores altamente estables.

## 11.5 QRP

El reto de construirse el propio transceptor.

A partir de los años 60, construirse los propios equipos de radio dejó de ser una necesidad. Desde entonces no ha parado de aumentar la oferta y la calidad de los transceptores y accesorios que se pueden comprar en tiendas, y no ha parado de bajar su precio. Hoy en día es posible tener

una estación perfectamente equipada con un desembolso económico reducido y sin haber tocado un soldador.

Al mismo tiempo, son muchos los que no se sienten satisfechos al usar equipos comerciales. Aunque son indiscutiblemente superiores, hay quien prefiere salir al aire con un equipo hecho por él mismo. Montarse un receptor o un transmisor exige cierto nivel de conocimientos, además de tiempo y tesón, pero tanto su montaje como el posterior uso proporcionan muchas horas de entretenimiento.

La afición al cacharreo se suele identificar con el QRP, abreviatura usada en morse que significa reducir la potencia. Los equipos caseros suelen transmitir mucha menos potencia que los comerciales, y aun así se puede hacer DX con ellos.

Aunque no lo parezca, nunca ha sido tan sencillo construir equipos de radio. Hoy en día hay una inmensa variedad de circuitos integrados que realizan muchas de las funciones necesarias (osciladores, amplificadores, moduladores, etc) simplificando el diseño. Otra posibilidad interesante son los kits que venden diversas casas. Sin tener grandes conocimientos y sin perder tiempo buscando los componentes, uno puede montarse receptores, transmisores u otros accesorios. Los kits suelen incluir los componentes y la placa taladrada y serigrafiada.

Existen decenas de asociaciones QRPistas en el mundo, y a través de internet se puede acceder a infinidad de esquemas diseñados y probados por sus socios. Suelen intercambiar ideas mediante listas de correo.

## 12 Bibliografía

- Guía internacional del radioaficionado. Ed. Marcombo Boixareu Editores.
- Manual del radioaficionado moderno, varios autores, Marcombo Boixareu Editores, 1983.
- Apuntes para Examen de Radioaficionados, A. Golderos Maroto Unión de Radioaficionados Españoles, edición de 1995.
- ARRL Handbook 2.0 75 edición en CD.
- Antenna Book CD 1.0, edición de 1999.
- Página web de la URE: [www.ure.es](http://www.ure.es)
- VHF-UHF Handbook. Ed. RSGB.
- Solid State Design. Ed. ARRL.