

Santiago García Gago

MANUAL PARA RADIALISTAS ANALFATÉCNICOS



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



El autor se responsabiliza de la elección y presentación de los datos contenidos en este libro y de las opiniones expresadas en el mismo, los que no necesariamente son los de la UNESCO y no comprometen a la Organización. Las designaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación no implican ningún criterio en absoluto por parte de la UNESCO sobre la situación jurídica de algún país, territorio, ciudad o área ni de sus autoridades, ni tampoco sobre la delimitación de sus límites o fronteras.

MANUAL PARA RADIALISTAS ANALFATÉCNICOS

Santiago García Gago
www.analfatecnicos.net

Diagramación: Fabrizio Moreno Salas
Diseño portada: Santiago García

ISBN:
Registro Autor IEPI: 032680

Primera Edición: 1000 ejemplares
Impresión: Artes Gráficas SILVA / Telf: 255 12 36
Febrero 2010. Quito, Ecuador

Publicación realizada con el apoyo de UNESCO, Radialistas.net y Radioteca.net



El manual está publicado con derechos compartidos bajo una licencia Creative Commons, Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 3.0
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/>

Lo puedes usar, copiar, difundir y hacer obras derivadas bajo las siguientes condiciones: Citando la fuente, es decir al autor que lo escribió y el nombre del texto. No se permite un uso comercial de la obra.

Si alteras o transformas el texto para generar una obra derivada, sólo puedes distribuir la nueva obra bajo una licencia idéntica a ésta, es decir, con derechos compartidos.

Todos los artículos, materiales, software o fotografías incluidas en el Manual o en el DVD-Kit y que pertenecen a otros autores tienen sus propias licencias de distribución. Sólo están recopilados en esta obra con carácter divulgativo. Los que tengan algún tipo de derechos de autor o copyright lo siguen manteniendo y no están afectados por la licencia Creative Commons con la que se ha publicado el Manual.

*A Elena y Santiago, mis padres,
y a Gloria y Oskar, mis hermanos,
por estar siempre ahí.*

Mil gracias...

A *Rosa González, Günther Cyranek, Andrew Radolf* y todo el equipo de la UNESCO, por la confianza y el apoyo en ésta y otras iniciativas emprendidas para acompañar el trabajo de los radialistas latinoamericanos y caribeños.

A *José Ignacio López Vigil*, maestro de muchísimos radialistas entre los que me cuento. Sus ánimos, sugerencias y correcciones han sido fundamentales para que este Manual viera la luz. A *Tachi Arriola, Carlos Romero y Jeanneth Cervantes*, compas del equipo de Radialistas, por sus opiniones y apoyo a lo largo de la aventura. A *Byron Garzón*, también parte de este equipo, un agradecimiento especial por su entusiasta ayuda en la realización de los videos del DVD y sus sugerencias técnicas.

A *Andrea Vallejo*, por el cariño, la paciencia y el tirón de orejas para que de una vez me pusiera a escribir.

A *Silvia Quesada*, una “analfatécnica” apasionada de la radio, por las ideas y las buenas vibras pero, sobre todo, por devolverme la tranquilidad cuando sugirió el título definitivo del Manual.

A *Santiago Hoerth* por su amistad y por compartir la lucha de hacer más amigables las TICs.

A *Tamara Roselló Reina* por su complicidad y por pasar la lupa al Manual haciéndome caer en cuenta de mil errores.

A *Fabrizio Moreno*, que más que diagramar le dio vida y colores a este manual.

A *Xavier Macas y Edith Freire*, lectores del manual antes de “salir al aire”, que no permitieron que se escapara nada.

Y un agradecimiento de corazón a ti, radialista que comienzas a leer este Manual y a otros con quienes he tenido la oportunidad de compartir aventuras radiofónicas tras los micrófonos o en productivos talleres. Ellos me alfabetizaron técnicamente y mantienen viva mi pasión por la radio.

El Autor:
Santiago García Gago



Español de nacimiento, pero latinoamericano de corazón. Se graduó en Imagen y Sonido, especialidad en Medios Audiovisuales, y posteriormente en Desarrollo de Productos Electrónicos.

Sus inicios en radio fueron en la emisora de la Cadena COPE de Salamanca, su ciudad natal.

Cuando cruzó el océano en 1999 trabajó como Coordinador de la Emisora Raudal Estéreo en el Amazonas Venezolano. Allí formó la primera Red de Voceros Comunitarios del Estado en 10 comunidades Indígenas.

Luego se unió en Perú al equipo de Radialistas Apasionadas y Apasionados donde se desempeña como Productor y Consultor Técnico.

Actualmente, en la nueva sede de Radialistas en la ciudad de Quito, Ecuador, se encarga de coordinar el portal de intercambio de audios RADIOTECA.net

Ha impartido charlas y talleres de Radio y TICs en diferentes países de América Latina y Caribe.

Presentación

Uno de los mandatos de la UNESCO en el área de la comunicación y la información es el fortalecimiento de medios libres, independientes y plurales y, concretamente, de los medios comunitarios. Estos medios son la voz de colectivos que suelen verse menos representados en los grandes medios de comunicación y que, por tanto, se relacionan más adecuadamente con sus realidades. Los medios de comunicación deben ser promovidos con el objetivo de fortalecer el pluralismo de ideas y la integración de las comunidades desfavorecidas en los procesos de formulación de políticas y adopción de decisiones vinculadas al desarrollo sostenible. La capacitación de los profesionales de los medios de comunicación comunitarios es, pues, una prioridad para alcanzar los criterios establecidos de excelencia de la profesión y para asegurar medios comunitarios profesionales y eficientes.

Conscientes de dicha importancia, UNESCO y Radialistas Apasionados y Apasionadas apoyaron este “Manual para Radialistas Analfatécnicos”, cuyo objetivo es proporcionar a los profesionales de las radios comunitarias un instrumento eficaz para llevar a cabo su quehacer profesional. Un mayor dominio tecnológico del medio radiofónico permite una mayor y mejor difusión de los contenidos, algo imprescindible para la promoción de los medios de comunicación comunitarios como actores relevantes de la comunicación social.

El dominio técnico de cualquier medio es un requisito indispensable para su aprovechamiento completo a nivel de contenidos. Cualquier radialista únicamente puede explotar al máximo su medio de comunicación si conoce la historia, las características técnicas, el lenguaje y las posibilidades creativas de la radiodifusión. Por lo tanto, este Manual pretende ser tanto un punto de partida para las y los radialistas más noveles, como una herramienta de consulta rápida, organizada y eficiente para cualquier radialista experimentado que desee ir completando su dominio del medio radiofónico.

Estructurado en cuatro capítulos, este Manual responde de manera clara y concisa a las preguntas que, según nuestro criterio, pueden surgir más a menudo en el ejercicio del radialismo comunitario. Así pues, esperamos que sea de su interés y que, sobre todo, se convierta en una herramienta de gran ayuda en su desarrollo profesional dentro del apasionante mundo de las radiofrecuencias.

Agradecemos a Radialistas Apasionadas y Apasionados, particularmente a Santiago García Gago y José Ignacio López Vigil, por haber propuesto esta interesante iniciativa a las Consejerías de Comunicación e Información de las Oficinas Multipaís de la UNESCO en América Latina.

Günther Cyranek

Consejero de Comunicación e Información para el MERCOSUR y Chile
Oficina de la UNESCO en Montevideo

Rosa González

Consejera de Comunicación e Información para los Países Andinos
Oficina de la UNESCO en Quito

Andrew Radolf

Director, Representante para Costa Rica, El Salvador,
Honduras, Nicaragua y Panamá y antiguo
Consejero de Comunicación e Información para América Central y México
Oficina de la UNESCO en San José

Prólogo

En la radio de antes, las cosas eran más sencillas. El locutor era locutor. La libretista hacía los libretos. El técnico movía los botones. Cada quien se ocupaba de lo suyo y el director, desde su sillón gerencial, supervisaba el conjunto de la producción.

Pero los tiempos cambiaron. El número de emisoras aumentó y aumentó, saturando el dial latinoamericano. La excesiva competencia mermó los ingresos de cada radio, lo que provocó una reducción del personal y una creciente mediocridad de los programas.

Aumentó el número de emisoras, pero no de concesionarios, porque los grupos económicos, conscientes de la importancia de los medios de comunicación para el control político, se dedicaron a acaparar frecuencias y pautas publicitarias. Monopolio de pocos, escasez de muchos.

También cambió la tecnología. Imágenes, textos y sonidos, se tradujeron en unos y ceros. Con la convergencia digital y a través de ese duende que siempre nos acompaña y que llamamos celular, recibimos y enviamos datos sobre todos los soportes.

Todo se ha vuelto multimedial. Y nosotros, radialistas, ¿continuaremos compartimentados como antes? En esta era digital, ¿tiene sentido que un locutor no sepa redactar un libreto? ¿Que una entrevistadora no sepa editar los audios que ha grabado? Y un redactor de noticias, ¿qué hará si no navega en Internet y syndica los contenidos mediante el RSS? ¿Quién contratará a un musicalizador que no sabe automatizar la programación? Cada vez más, las funciones se fusionan. Hasta el himen cristalino que separaba los controles del locutorio se ha roto con las cabinas calientes.

No es cuestión de ser todólogos. Pero sí radialistas integrales. Y los cambios tecnológicos, sumados a los apremios económicos por los recortes publicitarios, especialmente en las emisoras medianas y pequeñas, nos impulsan hacia una gran versatilidad en nuestro quehacer radiofónico. Hemos de volvernos polifacéticos, multiuso, como navajas suizas.

Este Manual es un puente. Intenta romper la barrera más frecuente, la que separa voces de manos, la que se da entre quienes salen al aire y quienes están detrás de los controles, entre productores de contenidos y técnicos de audio y transmisión.

Democratizar la tecnología haciéndola comprensible para todo el personal de la radio, ése ha sido el empeño de Santiago. Y lo ha logrado.

José Ignacio López Vigil

**Autor del Manual
Urgente para Radialistas
Apasionadas y Apasionados**

1	¿Quién es analfatécnico	
	A quién va dirigido el Manual. Cómo usarlo.	8
2	¿Qué es el sonido?	
	Cómo se produce. Ondas y vibraciones. Velocidad del sonido.	10
3	¿Por qué escuchamos unos sonidos y otros no?	
	Tipos de Ondas. La frecuencia y los hercios.	13
4	¿Qué son los graves, medios y agudos?	
	El rango audible y nuestro oído.	15
5	¿Qué es el volumen?	
	Amplitud y decibelios.	17
6	¿En qué otras cosas se diferencian los sonidos?	
	Timbre y armónicos. Tono. Longitud de onda.	19
7	¿Qué relación tiene la electricidad con el sonido?	
	Tensión, intensidad y resistencia. Corriente alterna y continua. Consejos para instalaciones eléctricas.	21
8	¿Cómo hacer un pozo a tierra?	
	Aterramiento. Descargas eléctricas. Pararrayos.	24
9	¿Cómo se transforma el sonido en electricidad?	
	Principio del electromagnetismo. De las palabras a las ondas. Sonido y Audio.	26
10	¿Cómo se crean las ondas electromagnéticas?	
	El invento de Hertz.	28
11	¿Cómo se inventó la radio?	
	Los teóricos: Franklin, Faraday, Maxwell...	30
12	¿Quién inventó la radio?	
	De la teoría a la práctica: Hertz, Tesla y Marconi, Lee De Forest.	32
13	¿Cómo se divide el Espectro Electromagnético?	
	Clasificación de las Ondas Electromagnéticas	35
14	¿Qué es el Espectro Radioeléctrico?	
	Ondas Hertzianas o de radio, Radiofrecuencia y propagación	37
15	¿Qué modula la modulación?	
	Modulación en Amplitud (AM) y Frecuencia (FM). Alta y Baja Frecuencia. Peligros de la Alta Frecuencia.	41
16	¿Cómo funciona un transmisor?	
	Válvulas y MOSFET. Diagrama de bloques del transmisor.	44
17	¿Qué tipos de transmisores hay?	
	Clasificación. Repetidoras. Marcas comerciales y caseros. Cuidados con el transmisor.	46
18	¿Para qué sirve una antena?	
	Funcionamiento. Balizas.	49
19	¿Cuáles son las características de una antena?	
	Tamaño, impedancia, polaridad, directividad, ganancia, ROE	51
20	¿Qué tipos de antenas existen?	
	Dipólos, Yagi, Verticales, Parabólicas...	54
21	¿Qué distancia cubro con mi transmisor y mi antena?	
	Ganar distancia. Repetidoras. SPLAT.	58
22	¿Qué diferencias hay entre AM y FM?	
	Calidad, distancia, costos, audiencias.	61
23	¿La onda corta es muy corta?	
	Vigencia de la Onda Corta, transmisiones en otras bandas.	64
24	¿Qué es un radioenlace?	
	Unir estudios con planta transmisora. Tipos.	66
25	¿Cuáles son los diferentes sistemas de radiodifusión?	
	Por ondas, Internet, satélite y cable.	69

26	¿Cómo son el estudio master y el de producción? Ambientes, muebles, estudios, cabina, locutorio, pecera...	72
27	¿Cómo insonorizar una cabinas de radio? Aislamiento acústico. Evitar ruidos en la cabina.	74
28	¿Cómo acondicionar acústicamente el estudio? Espumas, absorbentes y difusores.	77
29	¿Por qué tenemos dos oídos? Sonido mono y estéreo.	81
30	¿Podemos hablar con 1 y 0? Sistema binario. Digital.	83
31	¿Qué diferencia el audio analógico del digital? Diferencias y ventajas. Cómo digitalizar un audio.	86
32	¿Cuáles son los formatos de audio digital? PCM, Wav, Aiff. Compresión. Mp3, Ogg, Wma.	90
33	¿Qué tipos de cables y conectores hay? Cables. Conectores XLR, Plug y RCA. Conexiones balanceadas.	93
34	¿Cómo funcionan los micrófonos? Partes y características. Directividad, respuesta en frecuencia.	99
35	¿Qué clases de micrófonos existen? Dinámicos, de condensador, electrec. De mano, corbatero, headset y digitales.	102
36	¿Qué micrófono compro? Marcas y modelos. Uso correcto del micrófono.	105
37	¿Cómo grabo el sonido? Soportes analógicos. Del Fonógrafo al tocadiscos.	108
38	¿Cómo funciona la grabación magnética? Cintas, cartucheras y casetes.	111
39	¿Cómo se graba en digital? DAT, CD, DVD, Minidisc, Memory Flash.	114
40	¿Qué es una consola? Partes de la consola, mixer o mezcladora.	118
41	¿Cómo es el canal de entrada en una mixer? Fade, mute, panorámico y ecualizador. Cuidados.	121
42	¿Qué tipo de consola compro? De transmisión. De producción. Mixer DJ. Sonido en vivo. Virtuales.	124
43	¿Qué son los amplificadores? Etapas de potencia. Clipping	127
44	¿Cómo funciona un altavoz? Altavoces, cornetas o parlantes. Tweeter y Woofer.	129
45	¿Qué es una cabina caliente? Reglas del autocontrol	132
46	¿Cómo hacer radio desde la calle? Transmisiones móviles. Walkie-talíkies. Líneas telefónicas. Celulares 3G.	134
47	¿Cómo funcionan los teléfonos sin cables? Celulares o móviles. Funcionamiento, tipos y generaciones.	138
48	¿Qué grabadora de periodista es la más adecuada? De casete y digitales. Marcas y precios.	141
49	¿Cómo funciona un satélite? Historia, funcionamiento y tipos.	143
50	¿Podemos enchufarnos al sol? Energía Solar. Paneles e instalaciones.	145

51	¿Cuáles son las partes de una computadora? PC y MAC. Motherboard, procesador y tarjetas.	148
52	¿Cómo funcionan las tarjetas de audio? Full Duplex. Latencia. USB, Firewire y SPDIF. Integradas, PCI y externas. Marcas.	151
53	¿Qué es el Software? Tipos, Licencias, Software Libre, GNU-Linux. Cloud computing.	155
54	¿Por qué no suena mi computadora? Fallos de instalación, drivers o consola virtual.	159
55	¿Para que sirven los editores y multipistas? Cortar y pegar audio. Multitracks. Render. Principales editores.	161
56	¿Cómo hacer música electrónica? MIDI, secuenciadores, samples y loops.	165
57	¿Cómo ecualizar? Tipos de ecualizadores. Ecualizar voces, instrumentos y la salida al aire.	167
58	¿Qué son los efectos técnicos? Rever, Delay, Flanger...	170
59	¿Qué es un plugin? VST, LADSPA, RTAS, DX.	172
60	¿Para qué sirven los vúmeter? Medidores de señal. Normalización de un audio. Rango dinámico.	174
61	¿Cómo se procesa el audio? Masterización. Procesadores de Señal. Voz “profesional”.	176
62	¿Cómo usar los efectos de sonido? Dónde obtenerlos y cómo usarlos.	179
63	¿Cómo elegir los elementos para una producción? Criterios de selección de voces. Fondos musicales y efectos de sonido.	181
64	¿Qué tipos de mezclas hay? Lineal o en cascada. Finales y transiciones. Panorámico.	183
65	¿Cómo producir un audio? Proceso completo: grabación, mezcla y masterización.	186
66	¿Cómo grabar instrumentos? De cuerda, percusión y viento. La cantante.	188
67	¿Cómo digitalizar un audio? Recuperar vinilos y cassetes. Tipos de ruidos.	190
68	¿Cómo automatizar la emisora? Funciones y programas para automatizar	193
69	¿Qué otro software necesito para la radio? Reproductores y quemadores. Ripear.	197
70	¿Con qué equipar un estudio de producción? Equipos y software para producir audios.	199
71	¿Cómo instalar una emisora? Equipos y software para salir al aire	201
72	¿Cómo funciona la radio digital? Transmisión digital. Características y ventajas.	203
73	¿Cuáles son los estándares digitales? Estándares de radio y TV digital. DAB, HD Radio y DRM. Migración digital.	205
74	¿Qué cuidados técnicos debo hacer a mis equipos? Mantenimiento preventivo. Teoría del seguimiento.	207
75	¿Qué hago cuando algo falla? Cuadro de averías, causas y soluciones.	209

76	¿Qué son las TICs? Nuevas Tecnologías y Sociedad de la Información.	212
77	¿Cómo nació Internet? De ARPANET a Tim Berners-Lee. Línea de tiempo de la Red.	214
78	¿Qué es y qué nos ofrece la Red? Servicios en Internet: Web, Redes Sociales, Email, Chat, Audio y Video, VoIP, FTP, P2P,...	218
79	¿Cómo conectarnos a Internet? ISP. Dial Up, ADSL, RDSI, Cable, Wi-Fi y Wimax, 3G, Satélite.	221
80	¿Cómo navegar por la Web? Navegadores o browsers. Firefox, Explorer, Safari, Opera y Chrome.	225
81	¿Cómo puedo tener una página web? La IP. Dominios generales y por país. Adquirir un dominio.	227
82	¿Dónde alojo mi sitio? Hosting o alojamiento. Compartidos, dedicados o virtuales. FTP	230
83	¿Cómo diseño una web? HTML y PHP. Manejadores de contenidos, CMS.	233
84	¿Qué son los blogs y las redes sociales? Tener una bitácora. Redes, ventajas y peligros. Facebook y Twitter.	236
85	¿Cómo llamar por Internet? Voz sobre IP. Skype. SoftPhones. Teléfonos virtuales.	240
86	¿Qué son las redes P2P? Legalidad, funcionamiento, programas y peligros.	243
87	¿Qué es la radio on line? Ventajas y desventajas de transmitir "online"	247
88	¿Cómo poner mi radio en línea? Streaming. DPS, Shoutcast.	250
89	¿Cómo subir audio y video en el ciberespacio? Alojamientos gratis para archivos.	254
90	¿Qué es la sindicación de contenidos? RSS, agregadores, XML, feed.	257
91	¿Cómo hacer podcasting? Programas para hacer y escuchar un podcast. Las tags.	259
92	¿Cómo bajar audios y videos de la Web? Trucos y programas. Adjuntar archivos de un CD en un email.	262
93	¿Se pueden enfermar las computadoras? Antivirus para gusanos, troyanos, adware, spyware...	264
94	¿Por qué tanto SPAM? Evitar el SPAM. Cadenas o Hoaxes. Phising.	269
95	¿Qué son los Derechos Compartidos? Copyleft y Copyright. Creative Commons.	271
96	¿Es muy grande la brecha digital? Usos y abusos de Internet. Brecha social.	274
97	¿Hacia dónde camina Internet? Web 2.0. G4. IP.	277
98	¿Tecnología versus Naturaleza? Desarrollo ecológico y sustentable.	281
99	¿Recursos y aliados en Internet? Producciones para radio. Redes. Agencias y medios. Otras webs de interés.	283
100	¿Qué significa esta palabra? Glosario de los principales términos tecnológicos sobre radio y TICs.	289
	Bibliografía	291
	Listado de fuentes de fotografías	292

Capítulo 1



SONIDO Y RADIOCOMUNICACIONES

Comenzaba el taller. Habían llegado veinte corresponsales de la Red de Voceros Comunitarios del Estado Amazonas venezolano. Una red que iniciaba con el apoyo de la emisora Raudal Estéreo, con sede en Puerto Ayacucho.

Era la primera ocasión en que el grupo se reunía para recibir una capacitación. Una de las compañeras tomó la palabra para comenzar a explicar los diferentes géneros periodísticos. No llevaba un minuto hablando cuando se levantó María, la corresponsal de la población de Manapiare. *Un momento, por favor —interrumpió—. Ustedes nos han instalado unas radios en la comunidad para que les mandemos la información. Antes de comenzar, a mí me gustaría que me explicaran cómo funciona eso. Yo no termino de creer que cuando hablo desde mi comunidad mi voz llegue hasta aquí. Estamos a dos horas en avioneta... ¡demasiado lejos para que me escuchen!*

Se hizo un silencio. La jefa de informativos no sabía qué decir. Todos me miraron a mí esperando la respuesta. *Bueno —comencé dubitativo— resulta que unas ondas electromagnéticas compuestas por campos que se retroalimentan... ¡Nadie se enteró de nada, ni yo mismo! Había estudiado la teoría de la radio pero me costaba explicarla a los demás.*

Terminado el taller, me prometí comenzar *una campaña de alfabetización técnica* en nuestra emisora. Todas y todos deberíamos cursarla y aprobarla. No era posible que trabajáramos en radio y no conociéramos, al menos por encima, las herramientas que usamos a diario. ¿Sabes cómo es por dentro un micrófono? ¿Has visto alguna vez los componentes de una computadora? ¿Sabes el camino que recorre un email desde que lo envía un oyente hasta que lo recibes en la emisora?

Me ocurrió en Puerto Ayacucho y se repitió en Cerro de Pasco, Perú. Y en Santo Domingo, República Dominicana. Y también en Managua, Nicaragua. En donde quiera que impartía un taller de tecnología radial, constataba que los radialistas sabían manejar los equipos que les servían para su producción, pero no tenían idea de cómo funcionaban éstos y menos aún de cómo solucionar las más simples averías que se presentan tan a menudo en la emisora.

Años después, ya trabajando en Radialistas Apasionadas y Apasionados, iniciamos el Consultorio Técnico, que se unía a los existentes de Producción, Género e Investigación. Enseguida comenzaron a llegar preguntas de todos los rincones de América Latina. Compañeros y compañeras radialistas que querían conocer los equipos necesarios para instalar una emisora o cómo hacer para tener una página Web y su radio *online*.



El problema es que los libros técnicos que responden a estas dudas van dirigidos a los técnicos. Manejan un lenguaje bastante incomprensible para el común de los mortales. El desafío era traducir estos conceptos tan especializados y hacerlos asequibles para todas y todos. Sumando las inquietudes de Radialistas y la experiencia de la UNESCO, nació este *Manual para Radialistas Analfatécnicos*, dirigido a todo el equipo de una emisora, no sólo al personal técnico.

Este manual pretende acercarte a este universo casi mágico de ondas y bits en el que estamos inmersos. Responderemos a la pregunta de María pero, esta vez, de una manera práctica y comprensible. Y a otras 99 preguntas que quizás te estarás haciendo y que te ayudarán a entender la tecnología de la nueva radio.

[1] Analfatécnico desesperado de una emisora latinoamericana. Primer lector de este Manual.

¿CÓMO ESTÁ ESTRUCTURADO EL MANUAL?

Las 100 preguntas están divididas en cuatro capítulos. La idea es que los vayas leyendo consecutivamente, ya que hay conceptos del primero que se necesitan para comprender respuestas del segundo. Aún así, cada pregunta guarda una unidad temática y podrían leerse de forma separada.

Como toda la teoría técnica no cabe ni en éste ni en cien libros, el Manual se acompaña de un **DVD-Kit** donde se recogen varios materiales en texto, audio, video y software que te servirán para completar, ampliar y profundizar muchos temas.

En todos los materiales obtenidos de Internet figuran las direcciones web originales, pero se han incluido en el DVD-Kit para facilitar la consulta, ya que algunos radialistas no disponen aún de conexión fija a Internet. Vaya un agradecimiento a todas las autoras y autores que han permitido compartir sus obras en este Manual. Igualmente, a quienes publican sus fotos en la Red con derechos compartidos. En las páginas finales está la lista con sus créditos¹.

Algunas preguntas, sobre todo las del capítulo de TICs, quedarán desfasadas en breve tiempo. Las tecnologías avanzan tan rápido que es casi imposible mantenerse al día. Para que el Manual no pierda vigencia, hay una edición en línea que se irá actualizando permanentemente: **www.analfatecnicos.net**

Además, en la Web está disponible la versión digital del Manual que podrás descargar libremente y compartir con quien quieras... ¡copyleft!

También hay secciones para opinar sobre los capítulos, sugerir ideas, hacer más preguntas y aportar lo que se te ocurra para seguir contribuyendo colectivamente a la *alfabetización tecnológica de radialistas*.



MÁS EN EL DVD KIT

- Estudio *La Práctica Inspira: Raudal Estéreo y la Red de Voceros Indígenas de Amazonas*.

¹ Todos los artículos, materiales, software o fotografías incluidas en el Manual o en el DVD-Kit y que pertenecen a otros autores, tienen sus propias licencias de distribución. Sólo están recopilados en esta obra con carácter divulgativo. Los que tengan algún tipo de derechos de autor o copyright lo siguen manteniendo y no están afectados por la licencia Creative Commons - Copyleft con la que se ha publicado el Manual.

Primero hay que gatear para aprender a caminar. Y en estas preguntas iniciales del Manual vamos precisamente a eso, a gatear por los vericuetos del sonido. Sobre todo, porque las 100 preguntas de este texto responden, de un modo u otro, a las dudas más comunes que tenemos sobre la radio. Y la radio es, fundamentalmente, sonido. Él será nuestro incansable compañero de aventuras, al que grabaremos, editaremos y subiremos a una página Web. Por ello, antes de trabajar con el sonido, debemos conocerlo. ¡Aquí te lo presentamos!

EL SONIDO

Poder hablar y escuchar es lo que más nos sorprende cuando todavía somos bebés. Balbuceamos en nuestra cuna, repite que repite, mientras nos reímos de nuestros propios ruidos. Incluso antes de nacer, el feto puede distinguir la voz de su madre entre la de varias mujeres. No en vano el oído es el sentido que más se desarrolla durante el embarazo. Tanto que, cuando nacemos, lloramos en nuestro idioma. Los recién nacidos imitan en su llanto la melodía del idioma que han escuchado desde el vientre materno.² ¡Sorprendente!

Ya en nuestra infancia, cuando pasamos de los 5 años, comenzamos a sentir la inquietud de entender todo lo que nos rodea. Es la etapa en que ponemos en apuros a papá y mamá con preguntas al estilo de Mafalda:

¿De dónde vienen las niñas?

¿Por qué suenan las campanas?

Los más *curuchupas*³ responderán a la primera con el cuento de la cigüeña, mientras que otros acudirán a la semi-llita que papá puso en mamá. Para la respuesta del sonido de la campana no suelen ser tan imaginativos y remiten al diccionario.

*Sonido: del latín sonitus. Sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire.*⁴



[2]

Esta definición nos deja más confundidos que antes. Para salir del desconcierto, vamos a imaginarnos al sonido como si fuéramos niñas o niños de cinco años.

Los sonidos son *vibraciones*. Vibraciones que generamos con nuestras cuerdas vocales, con instrumentos musicales, o que se producen cuando los objetos se mueven o chocan entre sí, y que somos capaces de recibir con nuestros oídos e interpretar con el cerebro. Estas vibraciones aprovechan el aire para viajar de nuestra boca a los oídos de quienes nos escuchan. Pero, ¿cómo lo hacen?

El entorno que nos rodea no está vacío. En el aire hay millones de partículas: el oxígeno que respiramos, el dióxido de carbono que expulsamos, y tantas otras. Todas esas partículas que flotan en el aire se mueven con las vibraciones que emitimos al hablar y son el vehículo para que las palabras viajen de un lado a otro. Al igual que los aviones se “apoyan” en el aire aprovechando las corrientes, las palabras se van apoyando en las partículas que hay en el aire para viajar de un lado a otro.

² <http://www.serpadres.es/> - <http://www.elmundo.es/> (en el DVD-Kit)

³ Término usado en Ecuador para referirse a las personas excesivamente conservadoras o cucufatas.

⁴ Esta definición, y algunas otras, son tomadas del Diccionario de la Real Academia de la Lengua (R.A.E.)

CUERDAS VOCALES

Los seres humanos, y casi todos los mamíferos, tenemos en la garganta cuerdas vocales.⁵ Son músculos verticales que vibran al moverse, igual que las cuerdas de una guitarra. Si has tocado un instrumento de cuerda, verás que éstas, al ser “ras-cadas”, quedan vibrando un tiempo. Esas vibraciones son, precisamente, las que producen los sonidos.

Con nuestras cuerdas vocales sucede lo mismo. Las vibraciones que producen son amplificadas y moduladas en nuestro pecho y boca. Esta vibración mueve las partículas que existen en el aire las que, a su vez, hacen vibrar a otras partículas... y así sucesivamente hasta que llegan al oído.

El tímpano, uno de los elementos del oído, tiene la función inversa a las cuerdas vocales. Es una membrana que se mueve al ritmo de las vibraciones que recibe. Estos movimientos del tímpano son interpretados por el cerebro como sonidos.

Cada cuerda vocal es distinta. También lo es el pecho y el resto de nuestro cuerpo que actúa como caja de resonancia. Por eso, cada vibración es distinta, cada sonido diferente y cada persona tiene una voz particular.

Así hablamos y escuchamos. Más adelante, veremos cómo este perfecto sistema de comunicación con el que la naturaleza nos dotó fue copiado por el hombre para inventar la radio.



Para entender cómo viaja el sonido, es muy común compararlo con una piedra arrojada a un lago. Al caer la piedra, en el agua se forman unos círculos concéntricos que llamamos *ondas*.

También podemos compararlo con el *efecto dominó*. Ponemos de pie todas las fichas, una tras otra, y al empujar la primera, ésta va golpeando a la siguiente hasta que todas caen.

De forma similar se comporta el sonido. La fuerza de la onda que generamos con cualquier vibración presiona las partículas del aire que están a su alrededor, que a su vez presionan a otras, hasta que llegan al oído y golpean el tímpano.

Los sonidos pueden generar tal fuerza y mover las partículas de aire con tanta presión que rompen hasta vidrios. Es la llamada *onda expansiva* que producen las explosiones. Cuando estalla una bomba, las ventanas de los edificios cercanos se quedan sin cristales. Es la fuerza del sonido moviendo el aire que le rodea con brusquedad y violencia. El paso de los aviones cerca de las viviendas produce un efecto similar. Si eso puede hacer el sonido con un cristal, imagínate cómo quedará el tímpano cuando un ruido tan fuerte lo alcanza.⁶

Si te das cuenta, estamos hablando de partículas que se mueven por el espacio. Por lo tanto, siempre tiene que existir un “apoyo” para que el sonido avance, sean las partículas del aire o de cualquier otro medio gaseoso, líquido o sólido. En el vacío, no se transmite el sonido.⁷

⁵ Según diferentes estudios, las jirafas son los únicos mamíferos que no tienen cuerdas vocales. Las aves, en cambio, tienen *siringe* con la que son capaces de emitir sonidos sin necesidad de cuerdas vocales.

⁶ En el DVD-Kit hemos incluido un interesantísimo video para que veas como las ondas sonoras son capaces de mover una copa de cristal hasta romperla. Experimento realizado por alumnos del MIT - Instituto Tecnológico de Massachusetts. <http://techtv.mit.edu/>

⁷ Esto no significa que otras ondas no lo puedan hacer. Como veremos al estudiar el espectro electromagnético, las ondas de la luz, sí viajan en el vacío.

Es una cifra que aprendemos en la escuela: el sonido viaja a 340 metros por segundo.⁸ Aunque esta velocidad tiene algunos matices. Los 340 m/s corresponden a la velocidad del sonido en el aire cuando éste se encuentra a una temperatura de 20° grados centígrados. Pero, ¿y si variamos la temperatura? Sucederá lo mismo que si cambiamos el aire por agua. Cualquier variación del medio o de la temperatura provoca un cambio en la velocidad.

Por ejemplo, el sonido va más rápido a medida que la temperatura aumenta.⁹ Igualmente, en los sólidos viaja más veloz que en los líquidos y en los líquidos más que en los gases. Cuanto más denso es el medio, más rápido viaja el sonido.

¿Recuerdas la típica escena de las películas del oeste cuando los ladrones pegaban la oreja a los rieles para saber si se acercaba su futuro botín? Kilómetros antes de la llegada del tren, los ladrones lo sabían, dándoles suficiente tiempo para preparar el asalto.

El sonido de las ruedas del tren, golpeando los rieles de metal, se escuchaba mucho antes que el ruido de la locomotora que viajaba a través del aire. En los metales, por ejemplo el acero, el sonido avanza a más de cinco mil metros por segundo, casi 15 veces más rápido que a través del aire.

Los seres humanos hemos logrado crear aparatos que viajan más rápido que el sonido, como los aviones *supersónicos*, capaces de romper la llamada *barrera del sonido*. Y ahora, veloces como estos aviones, pasamos a la siguiente pregunta.



MÁS EN EL DVD KIT

- El cuerpo humano emplea para escuchar un espléndido equipo de sonido, el oído. Si quieres conocerlo al detalle, escucha el radioclip de Radialistas Apasionadas y Apasionados. <http://www.radialistas.net/>
- Explicación animada de cómo escuchamos el sonido de una campana. Cortesía de <http://www.howstuffworks.com/> una interesante web con información acerca de cómo funcionan o trabajan cientos de utensilios que usamos cotidianamente.

⁸ Aunque realmente es un poquito más, entre 343 y 344 m/s. Corresponde a unos 1.234 kilómetros a la hora.

⁹ Viaja 0,6 m/s más rápido por cada grado centígrado de aumento.

Tipos de ondas. La frecuencia y los hercios.

Si tuviéramos los ojos de Superman y pudiéramos ver todas las ondas que hay a nuestro alrededor, enloqueceríamos. Todavía peor si, en vez de los ojos, nuestros oídos fueran de ciencia ficción. No aguantaríamos ni un segundo. ¿Te imaginas escuchar todas las vibraciones que nos rodean? Hay millones a nuestro alrededor. Imágenes y sonidos de TV, música y programas de radio, conversaciones de telefonía celular, señales de radar, llamados por radio entre camiones de bomberos y autos de policía...

Por suerte, nuestro oído sabe tomar lo que le conviene y selecciona solamente un tipo de sonidos. ¿Por qué sucede esto? Porque hay dos tipos de ondas, unas son *audibles* y otras no. E incluso dentro de las *audibles*, oiremos sólo las que tienen una determinada *frecuencia*.

La *frecuencia* es una de las características principales que nos sirve para clasificar las ondas. La otra es la *amplitud*. Pero antes de entrar con esas dos magnitudes, debemos conocer los tipos de ondas que existen.

TIPOS DE ONDAS**1. Ondas Sonoras**

Son ondas *mecánicas* que se originan por la vibración de algún elemento. Por ejemplo, las cuerdas vocales, la membrana de un tambor o el golpe de un martillo sobre un metal. Cuando los seres humanos hablamos, producimos este tipo de ondas que llamamos *sonidos*.

Como explicamos, las ondas sonoras no viajan por el vacío, siempre necesitan un medio de propagación, ya sea líquido, sólido o gaseoso como el aire. No pueden cubrir largas distancias, solamente unos pocos metros. También se las conoce como *audiofrecuencias*. Ahora bien, dentro de las ondas sonoras, no somos capaces de escucharlas todas. Es donde entra en juego la *frecuencia* que luego veremos.

2. Ondas Electromagnéticas

Son ondas formadas de *electricidad y magnetismo*. Esto les permite viajar por el vacío sin necesidad de un medio para propagarse.¹⁰ Se las conoce también como *radiofrecuencias*. Algunas se originan de forma natural, como la luz solar y sus colores. Otras son generadas por aparatos inventados por el ser humano como los transmisores de radio o de TV.

Igualmente, usamos la *frecuencia* para clasificarlas. El conjunto de ondas electromagnéticas, agrupadas por sus frecuencias, es lo que llamamos *espectro electromagnético* y hablaremos ampliamente de él en la pregunta número 13. Un pequeño segmento de este espectro, el que corresponde a los aparatos de radio y televisión y en general a las radiocomunicaciones, forma el *espectro radioeléctrico*.

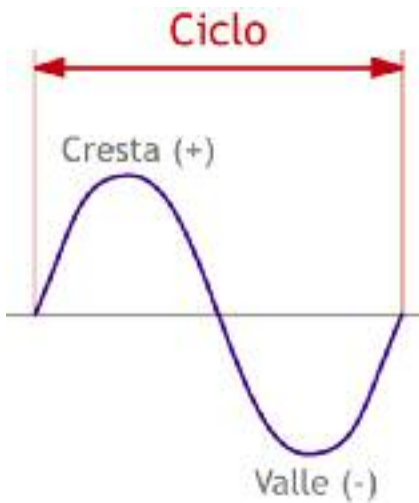
¿QUÉ ESCUCHAMOS?

Nuestro oído y el de los animales están preparados para escuchar *exclusivamente las ondas sonoras, no las electromagnéticas*. Para éstas, inventamos “oídos electrónicos” que son los radorreceptores, la televisión, los celulares... todos con sus respectivas antenas. Estos equipos también saben distinguir entre las diferentes ondas. Un receptor de radio recibe todo tipo de ondas electromagnéticas, pero sólo “escucha” y transforma en sonidos las de una determinada *frecuencia*.



[4] Antiguo radorreceptor.

¹⁰ Algunos siguen hablando del “éter” como el medio sobre el que se transporta la luz en el espacio, pero este término, más filosófico que físico, fue desmitificado hace muchos años con la Teoría de la Relatividad de Albert Einstein (1879-1955). No me refiero al éter como elemento químico, ése sí existe.



[5] Representación de un ciclo completo de onda.

Es una palabra que usamos cotidianamente. Indica el número de veces que hacemos algo. Por ejemplo, ¿con qué frecuencia vas al cine? Y respondemos: una vez por semana. Con las ondas pasa igual. El número de veces que se repite una onda en un determinado tiempo es su frecuencia.

Esta es la representación gráfica de un ciclo de onda como los que producimos al hablar. Un ciclo arranca desde el punto medio (cero), sube hasta el punto máximo (llamado positivo o cresta), y baja al punto mínimo (llamado negativo o valle). El número de ciclos completos por segundo que tiene una onda es lo que se conoce como *frecuencia*. Por ejemplo, 10 ciclos en un segundo son 10 Hertz o hercios en castellano (Hz)



[6] Estampilla postal alemana conmemorando el nacimiento del científico Heinrich Hertz (1857-1894). Fue el primero en crear artificialmente una onda electromagnética. En honor a él, bautizaron como “hercio” la unidad de frecuencia.

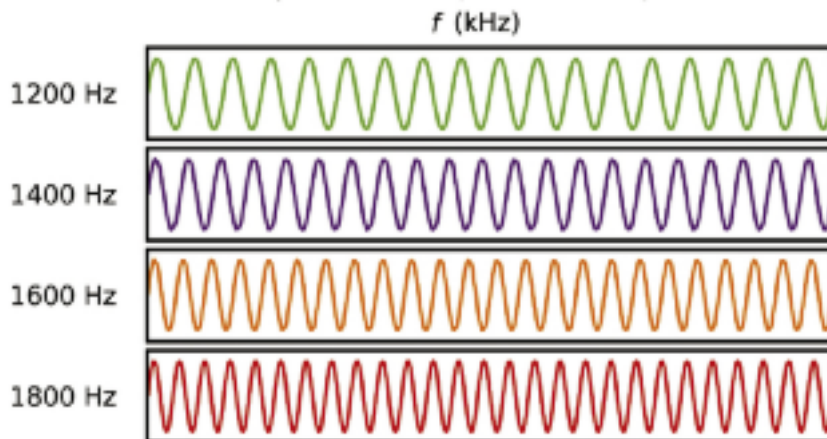
Mil ciclos en un segundo es una frecuencia de mil hercios o, usando los múltiplos, será un *kilohercio* (Khz). Noventa y dos millones y medio de ciclos por segundo serán 92.5 *megahercios* (Mhz), la frecuencia de muchas radios en FM.

$$1.000 \text{ Hz} = 1 \text{ Kilohercio (Khz)}$$

$$1.000.000 \text{ Hz} = 1.000 \text{ Khz} = 1 \text{ Megahercio (Mhz)}$$

$$92.500.000 \text{ Hz} = 92.5 \text{ Mhz}$$

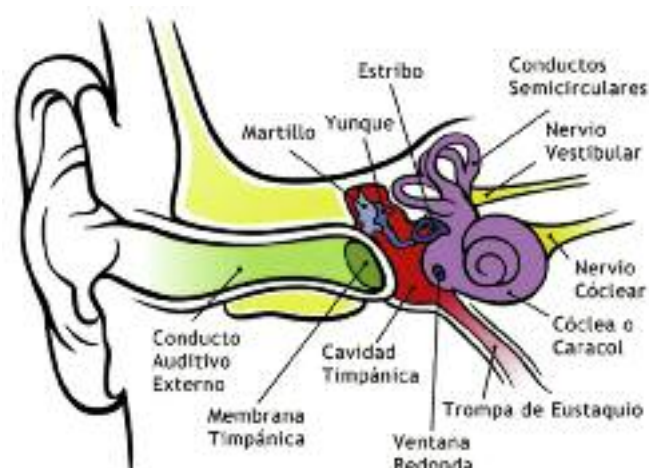
A mayor número de ciclos, mayores frecuencias. Como podemos ver en la imagen, las ondas de color verde tienen menos frecuencia que las otras, sólo se repiten mil doscientas veces en un segundo, mientras que las ondas de color rojo tienen una frecuencia muy superior. Son 1.800 hercios o, lo que es lo mismo, se repiten 1.800 ciclos en un segundo. La frecuencia es una magnitud que sirve tanto para medir *ondas electromagnéticas* como las ondas sonoras que escuchamos los humanos. Como veremos en la siguiente pregunta, el oído percibe de diferente forma las ondas sonoras de una frecuencia y de otra.



[7] Mayor frecuencia, más ciclos en un segundo.

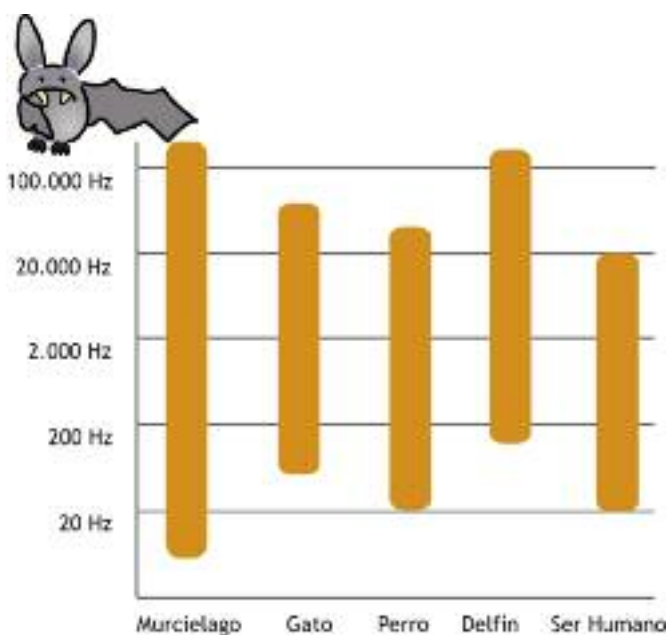
El rango audible y nuestro oído.

En nuestros años escolares, descubríamos lo maravilloso que es el cuerpo humano. El oído, nuestro aparato receptor de ondas sonoras, es uno de los que despertaba mayor admiración. Gracias a él escuchamos y tenemos equilibrio. La falta de oído no sólo nos dejaría sordos, sino que nos pondría en serias dificultades para mantenernos en pie.



[8] El oído es uno de los órganos más sensibles y fascinantes del cuerpo humano. Por eso, debemos cuidarlo con mucho cariño, sobre todo si trabajas con audio. El oído contiene pequeños huesitos que se combinan con miles de células nerviosas para transformar las vibraciones en sonidos.

Nuestro oído es limitado y sólo percibe unas determinadas ondas sonoras, las que tienen *frecuencias de 20 a 20.000 hercios*.¹¹ Este rango se conoce como el *espectro audible*. Como en tantas otras cosas, los animales nos llevan la delantera y pueden escuchar por encima (*ultrasonidos*) o por debajo (*infrasónicos*) de este rango. Es lo que sucede cuando usamos un silbato para perros. Al silbar, emitimos un ultrasonido por encima de los 20 kilohercios, audible para ellos, pero no para los humanos. ¡Aunque para oído agudo, el de los murciélagos!



[9] Tabla comparativa de las frecuencias que escuchan los animales y el ser humano.

Dependiendo de la frecuencia, clasificamos los sonidos que podemos escuchar de la siguiente manera:¹²

¹¹ Los múltiplos universales también sirven para los hercios. 1.000 hercios es 1 kilohercio. Por lo tanto, 20.000 hercios, son 20 Kilohercios (Khz).

¹² Esta división la encontrarás de forma diferente en otros libros. En esta tabla hemos elegido la división por octavas del espectro audible. Las 4 primeras octavas son las frecuencias graves, desde la quinta hasta la séptima son las medias y en adelante, hasta la 11, son las agudas. Si quieres saber más sobre el tema puedes leer la *Introducción a la Psicoacústica* de Federico Miyara, uno de los expertos más reconocidos sobre el tema. Incluida en el DVD-Kit. <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/audio/psicoacu.pdf>

- 20 Hz	No escuchamos las frecuencias por debajo de 20 Hz. Son los infrasonidos . Aunque sí los sentimos, por ejemplo, las vibraciones que hacen temblar los cristales al pasar cerca un gran camión.
20 Hz a 250 Hz.	Frecuencias graves . Las que emite un tambor o un bajo eléctrico.
250 a 2.000 Hz	Frecuencias medias . La mayor parte de instrumentos musicales se desenvuelven en ellas, al igual que casi todas las voces humanas, aunque los varones tienden a las graves y las mujeres a las agudas.
2.000 a 20.000 HZ	Frecuencias agudas . Los platillos de la batería están dentro de este rango. Son esos tonos de algunas cantantes de ópera que quiebran una copa de cristal.
+ 20.000 HZ	Los ultrasonidos . Los humanos no los podemos escuchar, pero muchos animales sí.

Esta clasificación sirve para los sonidos que escuchamos y para los que emitimos con nuestras cuerdas vocales, que también van desde los 20 a los 20.000 hercios. Este rango audible y “hablable” son máximos y mínimos teóricos. No es cierto que el oído pueda captar tantas frecuencias. Además, con la edad y el maltrato, sobre todo al escuchar música con audífonos a un volumen demasiado alto, el oído pierde sensibilidad, especialmente en las frecuencias altas o agudas.

REPELENTES ACÚSTICOS

De adultos percibimos menos las frecuencias altas. Por lo general, a partir de los 25 o 30 años es difícil escuchar más de 17 o 18 Khz. Este fenómeno es conocido como *presbiacusia*. Dicho fenómeno sirvió para que Howard Stapleton, en el Reino Unido, inventara un “repelente electromagnético de adolescentes”. Algunas tiendas lo tienen instalado y emite un zumbido que sólo los más jóvenes pueden oír. Es tan insoportable que dejan de entrar al establecimiento. Se llama *Mosquito* y por este invento Howard recibió en el 2006 el premio Lg Nóbel, mención Paz, una parodia de los premios Nóbel reales. (Hay un artículo más extenso sobre este repelente de adolescentes en el DVD-Kit.)

Esta idea, también sirvió para crear *ringtones* o tonos telefónicos para celulares. Con estos timbres en el celular, las profesoras de la escuela no escuchan si suena el celular de algún alumno. Mientras, ellas y ellos, por tener todavía el oído sensible a frecuencias altas, pueden seguirse *mensajeando* sin ser oídos. Hasta tienen página web por si lo quieres descargar:

<http://www.teenbuzz.org/es/>



MÁS EN EL DVD KIT

- El rango de frecuencias que cada persona puede escuchar determina su *espectro auditivo*, que se puede averiguar con una prueba muy sencilla llamada *audiometría* que muestra las máximas frecuencias agudas y las mínimas graves que nuestros oídos pueden captar. En el DVD-Kit hay un experimento para que sepas cómo suena cada frecuencia y puedas conocer tus umbrales de audición.

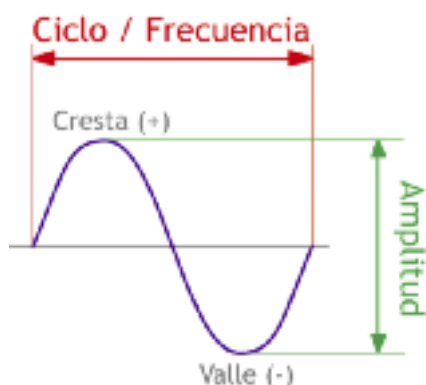
Amplitud y decibelios.

—¡Baja el volumen! —nos ha gritado cientos de veces nuestro padre cuando estamos escuchando en el equipo de música a Shakira y sus “caderas que no mienten”.

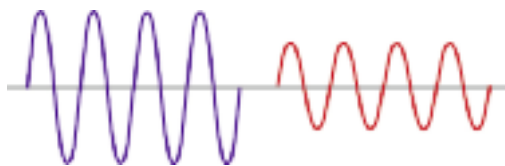
—¡Papi, no está muy alto!

—Eso díselo a los vecinos que se han venido a quejar.

Fin de la conversación. Ese es nuestro primer “desencuentro” con el volumen que podríamos definir como la cantidad de sonido que emite una fuente sonora.



[10] Amplitud y frecuencia de una onda.



[11] Ondas con la misma frecuencia, pero diferente amplitud.

Pero para explicar mejor por qué unos sonidos se escuchan más fuertes que otros, conoceremos otra magnitud de las ondas. Si en anteriores preguntas hablamos de la *frecuencia*, en ésta lo haremos de la *amplitud*. Recuerda que la frecuencia es la cantidad de ciclos u ondas completas que se repiten en un determinado tiempo. Gráficamente, los ciclos los medimos en forma horizontal. En cambio, si nos fijamos en el tamaño vertical de la onda, desde la cresta al valle, tendremos su amplitud.

Mayor amplitud, o tamaño vertical de la onda, es sinónimo de un sonido más fuerte, es decir, de un mayor volumen.

Lógicamente, estas medidas se hacen sobre el papel. En la práctica, para subir el volumen, movemos un botón y así escuchamos más alto la canción mientras enojamos al vecindario.

Ya dijimos que las vibraciones que produce un sonido van moviendo las partículas que hay en la atmósfera. Éstas, a su vez, mueven nuestro tímpano y así escuchamos sonidos. Cuanto más grandes son estas ondas o vibraciones, mayor será la presión que se ejerce sobre las partículas y más fuerte la *presión sonora* que llega a nuestro tímpano. Por lo tanto, escucharemos el sonido con mayor volumen, con más intensidad.

¿CÓMO MEDIMOS EL VOLUMEN?

El volumen es algo subjetivo. Mientras para ti, la música no suena tan fuerte, para los vecinos resulta ensordecedora. Por eso, el volumen es sólo una percepción de lo más o menos fuerte que es un sonido.

El oído humano escucha solamente un determinado número de *frecuencias*, lo que llamamos *rango audible*. Algo similar sucede con la *amplitud* del sonido. Si el sonido es demasiado bajo, no lo escuchamos, es el *umbral de audición*. Si por el contrario es demasiado alto, podemos llegar a dañar irreparablemente nuestros oídos.

Para medir los niveles de una manera más objetiva y concreta usamos una unidad llamada *decibelio*.¹³ Su sigla es dB. El decibelio es una medida de comparación de niveles: el mínimo que escuchamos como humanos (0dB) y el nivel que queremos medir.

¹³ El decibelio es la décima parte de un belio, llamado así en honor al que por mucho tiempo se consideró el inventor del teléfono, Alejandro Graham Bell (1847-1922). Ya te enterarás de la verdad en la pregunta 11, cuando hablemos de los avances que dieron lugar a la invención de la radio.

Estas diferencias de nivel nos permiten obtener la tabla de *Niveles de Presión Sonora* (SPL por su nombre inglés *Sound Pressure Level*). Con ella podemos saber qué tan fuerte es un sonido. Los valores están expresados en *decibelios de nivel de presión sonora* (dB SPL).¹⁴

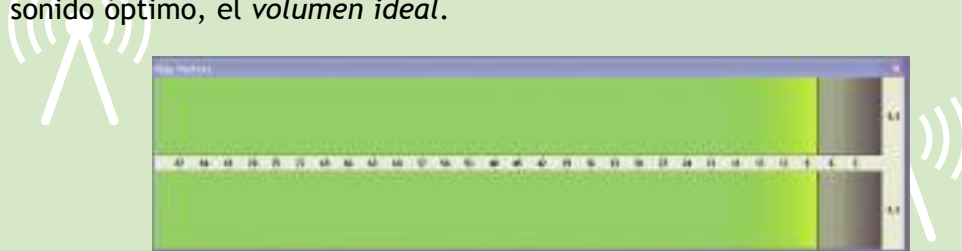
Niveles Sonoros y Respuesta Humana		
Sonidos característicos	dB SPL	Efecto
En un lanzamiento de cohetes	180	Pérdida auditiva irreversible
En la pista al despegar un jet	140	Dolorosamente fuerte
Bocina auto a 1 metro	120	Máximo soportado
Martillo o taladro neumático	110	Extremadamente fuerte
Camión recolector	100	Muy fuerte
Tránsito urbano	90	Muy molesto
Secador de cabello	80	Molesto
Oficina de negocios o restaurante ruidoso	70	Difícil mantener una conversación
Conversación	60	Normal
Oficina tranquila	40	Silencioso
Murmullos	10	Apenas audible
Umbral auditivo	0	Silencio total

Como puedes observar en la tabla, el aumento de decibelios no es lineal. Por ejemplo, de un sonido muy fuerte (camión recolector) a uno extremadamente fuerte (martillo neumático) van sólo 10 dB. El motivo es sencillo. El decibelio es una unidad logarítmica porque nuestros oídos escuchan de esa manera. Eso quiere decir que un aumento de sólo 10 dB es tener el doble de sonido en nuestros oídos.

Si con 0dB no hay sonido, ¿por qué en los medidores de las consolas aparece 0db y nunca se debe superar ese pico?

Como dijimos, el decibelio es una unidad de comparación y sirve para medir muchas magnitudes, como niveles de presión, intensidad o potencia sonora... En el caso de la consola no son dB de la escala SPL (Niveles de Presión) que acabamos de ver, son dBm.

Los dBm hacen referencia a una comparación de potencia en *miliwatts*. En este caso, cuando el medidor supera los 0 dB, tengo un exceso de sonido, lo que en las grabaciones se llama *saturación*. Por el contrario, cuando no los supera, significa que tenemos un sonido óptimo, el *volumen ideal*.



[12] Ejemplo VU Meter digital del Editor SoundForge. www.SonyCreativeSoftware.com



MÁS EN EL DVD KIT

- Aprende más sobre el decibelio leyendo *Unidades mas comunes empleadas en audio y acústica*. Cortesía del Ing. Noé Rubio Chávez.

¹⁴ Los datos para realizar la tabla han sido tomados de la *Noise Pollution Clearinghouse* <http://www.nonoise.org> y la adaptación realizada en castellano por *Federico Miyara*, Universidad Nacional de Rosario, www.eie.fceia.unr.edu.ar

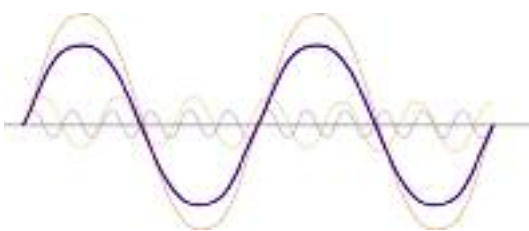
Timbre y armónicos. Tono. Longitud de onda.

Los sonidos son como las personas. Unas tienen ojos verdes y otras marrones. Unas, los cabellos rizados color azabache y otras lisos y rubios. En la naturaleza hay millones de sonidos. Otros tantos los producimos los humanos con nuestras cuerdas vocales o con instrumentos que inventamos, pero todos, todos, son diferentes. Unos más agudos y otros más graves (*frecuencia*). Unos más fuertes y otros apenas perceptibles (*amplitud*). ¿Qué más diferencia a los sonidos?



TIMBRE

Las ondas que hemos dibujado en ejemplos anteriores son puras, una sola línea describe un ciclo. Pero la realidad es muy distinta. Las vibraciones no producen una sola onda. Hay una principal que va “escoltada” por otras ondas de diferentes frecuencias. Son los *armónicos*.



[13] A la onda azul, la principal, la acompañan otras ondas.

Todas las cuerdas vocales tienen diferentes dimensiones y grosores. Además, la boca y el pecho, que actúan como cajas resonadoras del sonido, son de distintos tamaños y formas. Estas particularidades hacen que, al vibrar, cada onda venga acompañada de sus *armónicos*, distintos en cada caso. Por eso, es difícil encontrar dos personas que hablen igual. Esas características o matices aportados por los armónicos que nos permiten distinguir unos sonidos de otros es lo que llamamos *timbre*.

Igual pasa con los instrumentos. Podemos tocar la misma nota musical en una flauta o un violín, pero cada una sonará distinta. Es porque los instrumentos están fabricados con materiales y formas diferentes, lo que aporta unos armónicos a las notas que salen de la flauta y otros a la misma nota cuando sale de un violín.

TONO

Si recuerdas, el *volumen* es la percepción subjetiva de la *amplitud* de las ondas. Decimos que el volumen está muy fuerte o muy débil y para medirlo usamos los *decibelios*.

Con la *frecuencia* pasa algo similar. El *tono* es la percepción subjetiva de la *frecuencia*. Hablar del tono es referirse a la *altura* de los sonidos, a su *escala musical*. Decimos que un sonido tiene un tono alto (*agudo*) o bajo (*grave*) y para medirlo usamos los *hercios*.

Un sonido puede tener un volumen fuerte de unos 100 dB (decibelios) y un tono alto de 12.000 Hz (hercios) o, por el contrario, ser un sonido con volumen débil de 40 dB y un tono bajo de 2.000 Hz.

Musicalmente hablando, “bajar un tono a una canción” consiste en disminuir su *frecuencia*, es decir, bajarla un tono o un semitono en la escala musical, hacerla más grave.

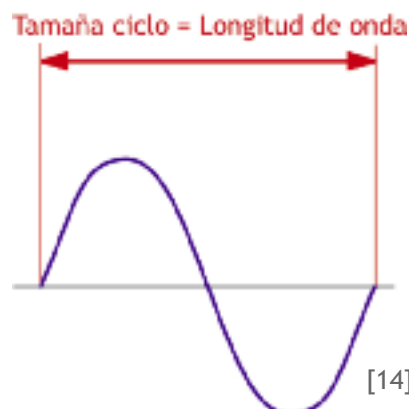
LONGITUD DE ONDA

Si te pones a caminar, sería fácil saber la longitud que avanzas con cada paso. Sólo tienes que usar un metro y calcular la distancia que hay de un pie al otro. A las ondas también les podemos medir sus “pasos” y obtener así la llamada *longitud de onda*, que se representa por la letra griega *lambda* (λ) y también se mide en metros.¹⁵

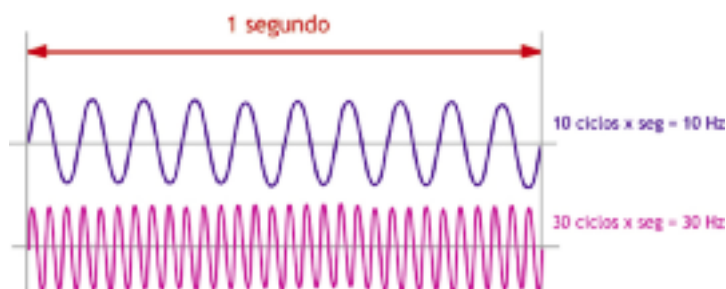
¹⁵ La longitud de onda es un parámetro muy usado en la construcción de antenas. Además del metros, podemos usar sus submúltiplos (centímetros) o los múltiplos (kilómetros).

Si para medir los pasos humanos colocamos el metro de un pie a otro, para medir las ondas lo colocaremos del comienzo al final del ciclo. La *longitud de onda* será esa distancia, el tamaño de un ciclo. Podemos deducir entonces que ambas magnitudes, frecuencia y longitud de onda, están muy ligadas entre sí.

Al igual que tú, las ondas pueden recorrer 10 metros con 30 pasos cortos o en diez grandes zancadas. Una frecuencia de 10 Hz significa que tenemos 10 ciclos en un segundo. En cambio, 30 Hz, son 30 ciclos en el mismo segundo. Es fácil deducir que “los pasos” o ciclos de los 30 Hz serán más pequeños, es decir, de menor longitud de onda.



Cuanto mayor es la frecuencia, menor es la longitud de onda y viceversa.



[15] A mayor frecuencia (30 Hz), gráficamente los ciclos se ven más juntos, lo que evidencia la menor longitud de onda.

Si seguimos con las deducciones, una frecuencia de 30 Hz es más aguda que una de 10 Hz. Por lo tanto, las frecuencias más agudas tienen longitudes de onda pequeñas, mientras que las graves son de longitudes grandes. Estas relaciones se pueden traducir fácilmente a una fórmula matemática. Nos será de gran utilidad cuando empecemos a hablar de antenas y ondas electromagnéticas.

$$\lambda = v / f$$

Para calcular la longitud de onda, dividimos la velocidad de la onda (v) entre la frecuencia (f). Si son ondas sonoras, como los sonidos que emitimos al hablar, la velocidad es de 340 m/s. Si emites un sonido de 1.000 Hz, el tamaño de los “pasos” de nuestras ondas será:

$$\lambda = 340 \text{ m/s} / 1.000 \text{ Hz} = 0.34 \text{ metros}$$

Sin embargo, si queremos calcular longitudes de ondas electromagnéticas, como las de radio y televisión, tendremos que usar la velocidad de la luz, que viaja a 300.000 kilómetros por segundo. Por ejemplo, cada ciclo de una radio de FM que transmite en el 88 Mhz tendrá un tamaño de:

$$\lambda = 300.000 \text{ Km/s} / 88 \text{ Mhz} = 3.4 \text{ metros}$$

Si emite en el 108 Mhz:

$$\lambda = 300.000 \text{ Km/s} / 108 \text{ Mhz} = 2.77 \text{ metros}$$

Volvemos a comprobar que al aumentar la frecuencia, disminuye el tamaño de cada ciclo o, lo que es lo mismo, su longitud de onda.¹⁶

¡RAYOS Y TRUENOS!

La diferencia abismal entre la velocidad del sonido y de la luz se comprueba con los truenos y los rayos. Ambos se producen al mismo tiempo, pero vemos antes el rayo, que es luz y viaja más rápido, y luego escuchamos el trueno, porque el sonido es más lento. Cuanto más cerca suene el trueno después de ver el rayo, más cerca estará la tormenta. ¡Momento de ir por un paraguas!



[16]

¹⁶ Para que las cuentas salgan correctas, la velocidad de la luz debe estar expresada en kilómetros por segundo y la frecuencia en Megahercios. Para facilitar las cosas, en esta página hay un calculador de longitudes de onda: <http://www.wavelengthcalculator.com/>

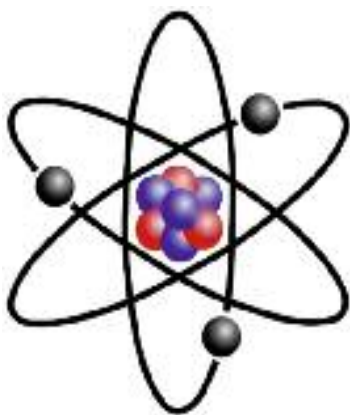
Tensión, intensidad y resistencia. Corriente alterna y continua. Consejos para instalaciones eléctricas.

Tendría unos 6 años. Estaba jugando en el cuarto junto a mi hermano. Mi padre nos dejó solos por un instante y a mí se me ocurrió quitar la protección que tenía el enchufe y meter dentro de los agujeros los brazos de mi muñeco que eran de metal. Según yo, era para que “adquiriera poderes mágicos”. Al instante, un chispazo dejó sin luz toda la casa y a mi muñeco inservible. El poder mágico que probé fue el de la chancleta de mi padre que con ella me propinó un par de nalgadas. Acababa de descubrir el poder de la electricidad.

Años después, al comenzar a estudiar el sonido, comprendí la relación de aquel chispazo con lo que estaba aprendiendo. Aparentemente, son cosas muy distintas, pero iremos viendo a lo largo del Manual que la radio no podría existir sin la electricidad.

ELECTRICIDAD

Hablar de electricidad es hablar de electrones. Éstos son parte de los átomos. Un átomo está formado por un núcleo con cargas positivas (*protones*) y neutras (*neutrones*) rodeado de *electrones* con carga negativa. El átomo siempre tiene que estar compensado. Si le faltan electrones, los tomará de otro átomo. Y si le sobran, los donará. Este viaje de electrones de átomo en átomo es lo que se conoce como *corriente eléctrica*.



[17] Vista de un átomo con sus cargas (protones), negativas (electrones) y neutras (neutrones).

Este movimiento de electrones lo comprobamos al frotar un peine sobre lana y acercarlo a un montón de papelitos. Veremos cómo éstos se mueven y son atraídos por el peine. Acabamos de experimentar con un tipo de electricidad: *la estática*. Al frotar el peine, lo hemos cargado con electrones que atraen las cargas positivas del papel.

Pero hablar de electrones que circulan de un átomo a otro puede resultar complicado porque no los podemos ver ni tocar. Por eso, para entender este principio físico de la electricidad es mejor compararlo con algo. Echaremos mano de una metáfora más palpable como es el agua.

Supongamos que tenemos un pozo profundo de agua. Queremos sacarla de ahí y llenar un gran tanque. Necesitaremos una bomba que extraiga el agua del fondo del pozo y, a través de una manguera, la saque para verterla en el tanque.

La fuerza que proporciona la bomba para impulsar el agua es, en electricidad, lo que llamamos *tensión* o *voltaje* y se mide en *voltios* (V). El agua que fluye por la manguera son los electrones moviéndose y se conoce como *corriente eléctrica* o *intensidad*. Para medirla se usan los *amperios* (A). La tubería de agua es el cable o conductor. Si pisamos la manguera, el agua deja de correr. Con los cables pasa algo similar. Hay algunos elementos que son mejores conductores que otros, es decir, que ponen menos impedimento al paso de los electrones. Son como mangueras anchas que no encuentran resistencia para que corra el agua. La *resistencia* que presenta un cable al paso de la electricidad se mide en *ohmios* y se representa por la letra griega *omega* (Ω).¹⁷

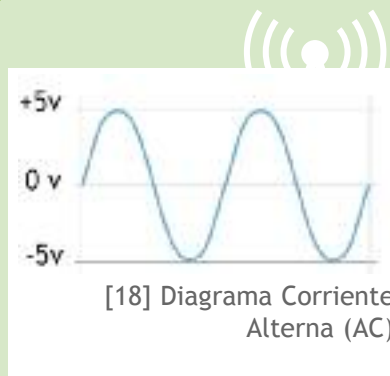
Hay dos tipos fundamentales de electricidad. Para seguir con la metáfora del agua, diremos que una se parece al grifo o la llave que tenemos en las casas. Cuando tenemos sed, abrimos el grifo y tomamos agua. Los tomacorrientes o enchufes tienen este tipo de corriente llamada *ALTERNA*. La electricidad está siempre ahí y cuando la necesitamos sólo tenemos que enchufar un aparato.

¹⁷ Cuando lleguemos a los transmisores y a las antenas, preguntas 16 y 18, hablaremos de la Impedancia (Z) que es la suma de toda la resistencia que ponen los conductores, cables y componentes en un circuito eléctrico.

Cuando salimos de casa, no podemos llevarnos el grifo. Entonces, llenamos una botella de agua y nos la llevamos. La electricidad alterna tampoco se puede sacar de casa. Para eso usamos la corriente *CONTINUA* que se almacena en pilas o baterías transportables.

Corriente Alterna (AC - en inglés Alternating current)

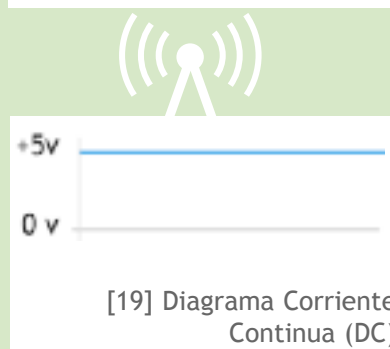
Es la que “sale por el enchufe”. Se obtiene por diferentes medios, casi siempre de otras energías (eólica, hidráulica, térmica) que mueven un generador. Algunos países la usan de 220 voltios (V) y otros de 110 V, aunque puede haberla de cualquier valor. En el enchufe de casa tenemos dos cables o puntos de conexiones: uno de esos cables es la “fase” con 110 y el otro el “neutro” que tiene 0 voltios. En los países con sistema de 220 V, cada cable es una fase de 110 V. Esa diferencia de una a otra fase es la que obliga a los electrones a ponerse en circulación. Si ves un tercer cable o conector en el enchufe, no te asustes. Es la toma de tierra de la que hablaremos después.



[18] Diagrama Corriente Alterna (AC)

Corriente Continua (DC - en inglés Direct current)

En este tipo de corriente no hablamos de fase, sino de polos. Siempre tiene dos, uno positivo y otro negativo. En la mayoría de los casos, se genera por procesos químicos y se almacena en *pilas* o *baterías*. Los valores más comunes son de 3v, 12v o 24v pero se puede conseguir de cualquier valor.



[19] Diagrama Corriente Continua (DC)

La mayoría de aparatos que usamos en una radio están compuestos de circuitos que funcionan con electricidad. Si estos circuitos tienen componentes como transistores, válvulas o *chips* hablamos de circuitos *electrónicos*. La *electrónica* es una parte de la electricidad que estudia este tipo de circuitos y componentes. Se podría decir que todo equipo tiene una parte interna *electrónica* y otra *eléctrica* que lo “alimenta” y le aporta la energía necesaria para funcionar.

CONSEJOS PARA TRABAJAR CON LA ELECTRICIDAD

Aparte de lo obvio, como no meter los brazos de un muñeco en un enchufe, hay algunas recomendaciones a la hora de hacer uso de la electricidad.



[20]

1. SE FUE LA LUZ...

Que es lo mismo que “saltarse los breakers” o “fundirse los plomos”. Ocurre cuando enchufamos muchos aparatos al mismo tiempo. Es como querer sacar demasiada agua del pozo en el mismo instante. La bomba no da más de sí y se puede quemar. Cada vez que conectamos un equipo al enchufe, comenzamos a consumir corriente eléctrica. Si seguimos enchufando más y más equipos, llega un momento en que los cables se pueden quemar. Para prevenir eso, se colocan los llamados *breakers* o interruptores automáticos que se apagan cuando hay un consumo excesivo que podría dañar la instalación eléctrica y nuestros equipos. Asegúrate que en la radio o estudio de producción estén bien instalados y que los cables que se usan sean gruesos.

2. REGULADORES

La instalación eléctrica es parte fundamental de una radio. Por eso, debes cerciorarte que la corriente que llega a los equipos sea estable. En zonas apartadas donde la energía varía mucho, debes colocar un *regulador de voltaje o tensión*, también llamado corta-picos de energía. Las subidas o bajadas bruscas de electricidad dañan los equipos, sobre todo las computadoras.



[21: Regulador con salidas de 110 V y 220 V]



[22]

3. UPS

En vez de un regulador, puedes comprar un UPS o Sistema de Alimentación Ininterrumpida (*del inglés Uninterrupted Power Supply*). Además de regular, el UPS tiene una batería interna que permite seguir trabajando con la computadora aunque no tengas fluido eléctrico. Cuando hay energía alterna en el enchufe, la batería del UPS se está cargando y al “irse la luz” los equipos conectados al UPS siguen funcionando con la energía de la batería.

4. FUSIBLES

Algunos equipos electrónicos tienen en su interior fusibles, que son un importante sistema de protección. Son cables muy finos dentro de una cápsula de cristal. Por ellos pasa la corriente máxima que el equipo soporta sin dañarse. Si por una descarga le llegara más corriente de la permitida, el fusible se funde y así no se daña el resto del equipo. Los fusibles son muy baratos y fáciles de intercambiar, por eso conviene tener siempre repuestos.



[23]



[24]

5. EXTINTORES

Cuando un cable se empieza a recalentar significa que está pasando más energía de la que puede soportar. Tienes que cambiarlo por uno más grueso, si no puede quemarse y provocar un incendio. Si eso sucede, es recomendable tener a mano un extintor. Un cortocircuito o cable recalentado puede quemar un equipo, pero también provocar un pequeño incendio que, de no ser mitigado urgentemente, hará humo tus aspiraciones radiofónicas.

6. ATERRAMIENTO

En una instalación eléctrica, sobre todo si trabajamos con audio, es fundamental que todos los equipos estén conectados “a tierra”. Es el tercer cable que encontramos en un enchufe junto al neutro y a la fase. Al aterrar, derivamos cualquier pico de energía o descarga eléctrica y evitamos que los equipos se dañen. Precisamente, la siguiente pregunta está dedicada por entero a este tema.



[25]

CUANDO LA TENSIÓN SUBE Y BAJA

Aunque lo que te voy a contar a continuación no es del todo recomendado en muchos libros de electricidad ni por las compañías eléctricas, funciona muy bien en lugares donde la tensión es de 110 V y tremendamente inestable. Por ejemplo, en la amazonía y zonas selváticas donde el suelo no es bueno para aterrar equipos electrónicos.

El salesiano Juan Bosco Ramos, que dirigió por muchos años Amavisión TV en medio de la selva venezolana, me enseñó este truco. En 110 V la tensión llega por dos cables, de los cuales uno es la fase y el otro es el neutro. Si unimos el neutro con la tierra, lograremos un punto cero o neutro más estable. En teoría esta conexión debería estar hecha en los transformadores de la misma empresa eléctrica, pero a veces no es así. ¡Ojo! Mejor busca asesoramiento con un electricista no *analfatécnico* de la zona antes de aventurarte a conectar. Recuerda que los “corrientazos” son muy peligrosos.



MÁS EN EL DVD KIT

- Infografía de cómo se produce la electricidad alterna, de la web CONSUMER EROSKI: <http://www.consumer.es/>
- *Que eléctrico es el mundo 1 y 2*. Colección Ciencia para nosotros de la Fundación Empresas Polar. Publicado en Venezuela por el periódico Últimas Noticias. <http://www.fundacionempresaspolarg.org/cienciaparanosotros/>

En algunos lugares donde el sistema eléctrico no es muy bueno, las señales de tormenta son malos augurios. Hay un 100% de posibilidades de quedarnos sin electricidad. Para una emisora eso significa “salir del aire”. En muchas ocasiones, éste no es el peor balance tras la tormenta. Después de los rayos, truenos y centellas, intentamos prender nuestro equipo transmisor y... ¡sorpresa!, no quiere arrancar. La desesperación nos consume cuando el técnico diagnostica que *una descarga quemó el equipo*. El grito se oye más fuerte que el trueno que dañó el transmisor. Para evitar estos sustos, ya que las tormentas son muy difíciles de conjurar, es recomendable cuidar mucho la instalación eléctrica de la emisora.

Las bajadas y subidas de tensión son una de las principales causas de daño en los equipos electrónicos. Para evitarlas, toda instalación debe estar bien *aterrada*. Explicamos la palabreja que no suena nada técnica. Las conexiones de energía alterna de 110 y 220 voltios, tienen dos cables. Son los dos polos que generan la diferencia de cargas, es decir, la electricidad.

Hay un tercer cable que en muchos casos se olvida y no se conecta a ningún sitio. Es la *tierra o masa*. Su función es tremendamente útil, ya que absorbe las descargas eléctricas o interferencias generadas por la electricidad.

Por eso, es necesario conectar siempre este tercer cable (color verde-amarillo), en todos los tomacorrientes o enchufes eléctricos. Pero, y la otra punta del cable, ¿dónde va?

A tierra. Sí, sí, a la misma tierra. Nada de pegarlo a las tuberías de plomo por las que pasa el agua ni inventos peregrinos que se ven en muchas radios. Cuando se construye una casa o una torre para las antenas, hay que hacer un *pozo a tierra*. Es el lugar donde derivan todas las descargas a través del cable de aterramiento.

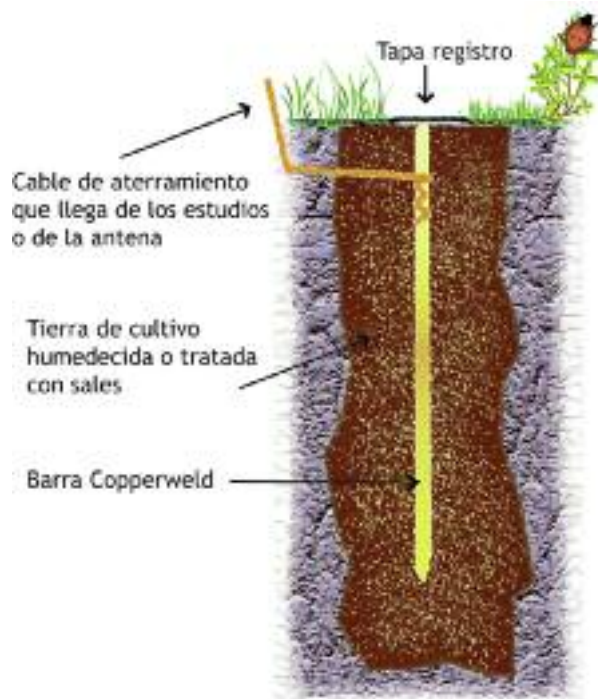
Cuando contratamos la construcción de una gran torre, en el presupuesto casi siempre viene incluido este pozo a tierra. Pero muchas radios colocan una pequeña torre en el tejado y no hacen este pozo o sus oficinas están en una casa antigua en la que nunca se hizo uno. Tienes que hacerlo. No aterrar los equipos de audio es sinónimo de tener ruidos y zumbidos en la transmisión, sobre todo si la emisora es de Amplitud Modulada. Al Consultorio Técnico de Radialistas han llegado muchas preguntas sobre ruidos misteriosos que entran o salen de la computadora. Después de largas investigaciones, todo se soluciona aterrando correctamente la computadora y la consola. Por descontado que el transmisor también debe estarlo.

EL POZO A TIERRA

Un pozo a tierra es básicamente eso, un pozo, un hueco que rellenamos con tierra (puede servir la que se usa para plantas o cultivos) donde conectamos el cable de aterramiento que viene de la instalación. Hay diferentes maneras de hacerlo, pero todas se basan en el principio de enterrar una barra o jabalina de cobre. Comercialmente, esta barra se llama *Copperweld*. Tiene unos 2 metros de largo y la venden en ferreterías y almacenes de construcción.



[26] Barra Copperweld



Es conveniente que la tierra esté siempre algo húmeda, ya que de esta manera atraerá más fácilmente la descarga eléctrica. También puedes echar sal en el hueco donde clavas la barra, eso mejora la conductividad.¹⁸ Otra fórmula eficaz es añadir *bentonita*, un tipo de roca arcillosa compuesta por varios minerales. Asegúrate de colocar en la parte de arriba del pozo una tapa o caja de registro para que ningún gracioso vea la barra y se la lleve. ¡No sería la primera vez!

[27] Pozo a Tierra

PARARRAYOS

Si malo es no tener un pozo a tierra, mucho peor es no contar con pararrayos en la torre de transmisión. Si tienes la mala suerte de que un rayo acaricie tu torre y no tienes pararrayos, la descarga entrará directa por el cable al transmisor y lo puede dejar totalmente quemado.

Aunque los pararrayos no son muy caros, hay sitios en que puede resultar difícil encontrarlos y te tocará construir uno. Para ello, busca una barra metálica de acero galvanizado en forma de cilindro que tenga, al menos, 4 metros de largo. La punta de esta barra debe estar bien afilada y mejor si es de un metal muy conductor como el cobre. A la barra de metal le conectarás un cable, también de cobre, con un grosor de 1 AWG (unos 7 u 8 mm). El otro extremo de este cable conductor tiene que ir directo al pozo de tierra. De esta forma, el pararrayos cumple su misión de derivar a tierra los rayos que recibe impidiendo descargas que dañen los equipos de la emisora.

LA INVENCION DEL PARARRAYOS

Fue ingeniado de pura casualidad por Benjamín Franklin (1706-1790) mientras jugaba con una cometa estudiando los fenómenos naturales eléctricos. Su invento sería un gran aporte para que otros científicos, años después, idearan la radio.



MÁS EN EL DVD KIT

- Tienes un par de documentos donde se explica en detalle el comportamiento de los rayos y la forma completa de realizar aterramientos, gracias a <http://www.copper.org/> y <http://www.pararrayos.org>

¹⁸ En comercios especializados venden sales químicas para ese fin, mucho más conductivas que la sal común. Una de las marcas más usadas es Thor Gel.

Principio del electromagnetismo. De las palabras a las ondas. Sonido y Audio.

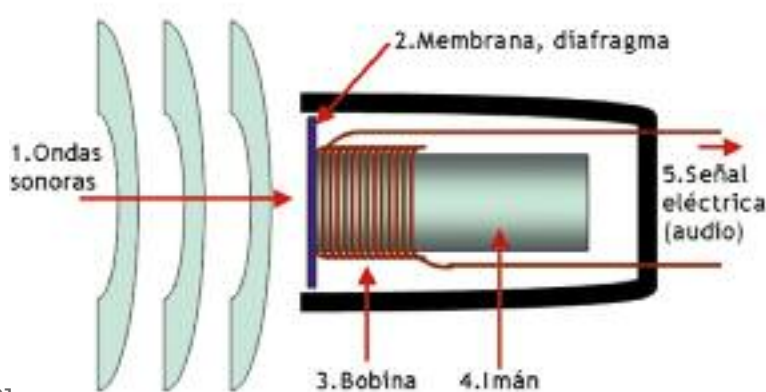
¿Convertir sonidos en electricidad? Entonces, ¿mi voz puede prender un foco?

Sí, podría... No es que las palabras estén cargadas de energía eléctrica, pero pueden producirla. Y el invento de la radio se fundamenta en eso, en recoger los sonidos con micrófonos para transformarlos en electricidad que luego volvemos a convertir en sonidos con los altavoces. Tanto los micrófonos como los altavoces y otros muchos equipos usados en la radio, basan su funcionamiento en el *principio del electromagnetismo*.

Para entender este principio, tenemos que remontarnos unos siglos atrás, hasta el XIX, cuando el físico danés *Hans Oersted* (1777-1851), fue el primero en relacionar la *electricidad* con el *magnetismo*. Un día, en su laboratorio, pasó accidentalmente un cable con corriente al lado de la aguja imantada de una brújula. Para su sorpresa, la aguja se movió. Siguió investigando y llegó a la conclusión de que al pasar una corriente eléctrica por un cable o conductor, alrededor de éste se genera un campo magnético que lo hace actuar como un imán. Ya en la naturaleza se conocían minerales, como la magnetita, que tenían por sí mismos propiedades magnéticas, pero ahora podríamos construir imanes con ayuda de la electricidad.

Si alrededor de un trozo de hierro enrollamos un cable (*bobina*) por el que hacemos circular una corriente eléctrica, este hierro se magnetiza atrayendo o repeliendo a otros metales, igual que un imán natural. Son los *electroimanes*.

[29] La corriente (I) que circula por el cable genera alrededor un campo magnético (B).



[30]

El principio del *electromagnetismo* funciona también de forma inversa. Si movemos el cable o bobina dentro de un campo magnético (como el que genera un imán), en ese cable se inducirá una corriente eléctrica. Esto es lo que sucede con los micrófonos. La voz produce vibraciones que viajan por el aire. Esas ondas sonoras son capaces de mover diferentes *membranas* naturales, como la del tímpano, y otras artificiales, como el *diafragma* de un micrófono.¹⁹ Este diafragma está conecta-

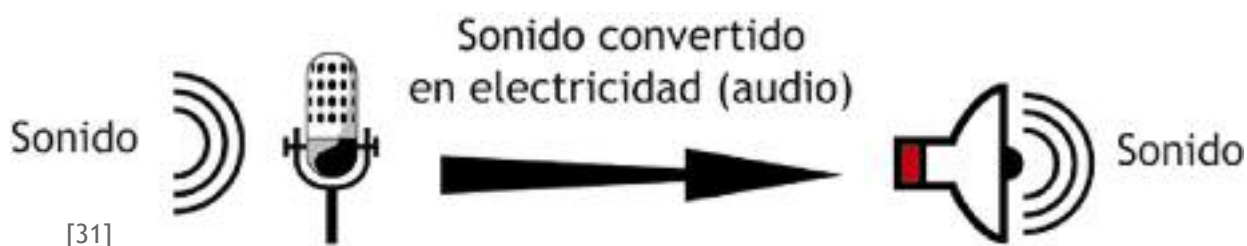
do a un cable muy fino (bobina) que a su vez se enrolla alrededor de un imán. Las vibraciones que producen los sonidos en la membrana desplazan la bobina dentro del campo magnético y estos movimientos generan en ella una corriente eléctrica por el principio del electromagnetismo. Este sistema es capaz de “traducir” o transformar la energía mecánica de las ondas sonoras en electricidad.

¹⁹ En este ejemplo hablamos de los micrófonos dinámicos, los más usados, pero hay otros tipos que veremos en las preguntas 35.

A la salida del micrófono tenemos un cable con dos conductores. ¿Qué crees que transportan? Corrientes eléctricas de muy baja intensidad. Los sonidos convertidos en electricidad entran en la consola. En ella podemos subir el volumen, que se consigue aumentando la *amplitud* de esas ondas eléctricas. O podemos ecualizarlas, efecto que se logra variando la *frecuencia* de las mismas ondas.

La electricidad sale de la consola por otros dos cables que conectamos a un amplificador. Aunque en la consola modifiquemos el volumen, la onda sigue teniendo tensiones eléctricas muy pequeñas. Al amplificarlas, crece la corriente eléctrica de las ondas consiguiendo una potencia mayor de sonido.

Del amplificador salen unos cables, todavía con electricidad, que llevamos a los altavoces. El altavoz o parlante no es más que una especie de cuerda vocal. Es una membrana conectada a una bobina que recibe corriente eléctrica, lo que hace vibrar a la membrana generando ondas que mueven las partículas que hay en el aire llevando a nuestros oídos... ¡sonidos!



El micrófono y el altavoz son dispositivos inversos. El primero recoge sonido y lo transforma en electricidad y el segundo transforma esa electricidad en sonido. A estos equipos les llamamos *transductores*.

Para demostrar que el micrófono y el altavoz son lo mismo pero al revés, haz la siguiente prueba. Toma unos audífonos o auriculares y conéctalos a la entrada del micrófono de la computadora. Habla por ellos. Verás que tus palabras, aunque no con la buena calidad del micrófono, también se graban.

El **sonido** son vibraciones, ondas que podemos escuchar con nuestros oídos. Cuando estos sonidos se transforman en electricidad para ser tratados por una computadora o grabados en una cinta magnética lo llamamos **audio**. A veces, ambas palabras se usan como sinónimas, pero no lo son. *Un audio es un sonido convertido en señal eléctrica.*

Ya hemos visto lo estrechamente ligada que está la electricidad al magnetismo. Ambas energías se unen para formar las *ondas electromagnéticas*, fundamentales para la invención de la radio, de las que hablaremos ampliamente en la siguiente pregunta.



MÁS EN EL DVD KIT

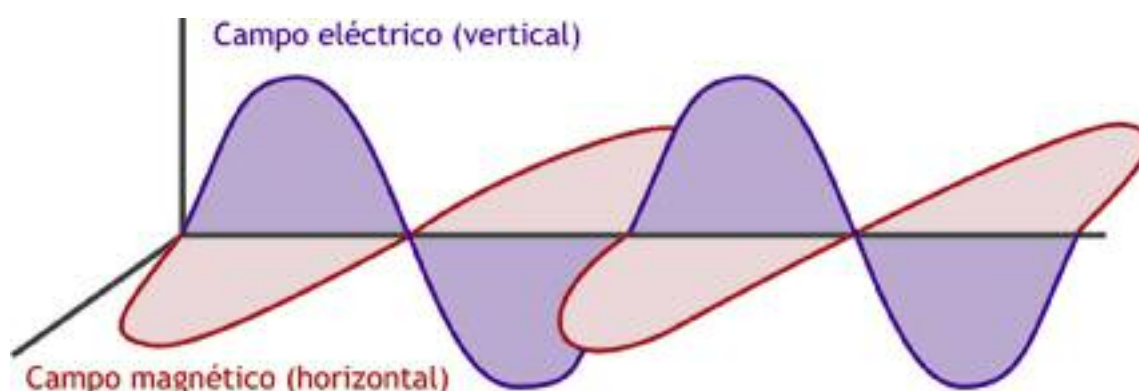
- Video explicativo del funcionamiento electromagnético de un micrófono y un altavoz.

El invento de Hertz.

Ahora es fácil entrar a Google y encontrar información de cómo sucede esto o aquello. Pero los antiguos inventores podían pasar meses, años, hasta una vida entera contemplando la naturaleza y los fenómenos que en ella suceden para poder luego reproducirlos en un laboratorio. Vieron a los patos nadar e inventaron los barcos. Se fijaron en los pájaros e inventaron los aviones. Vieron un rayo caer... ¡e inventaron la radio!

Esa electricidad que caía del cielo inspiró a muchos inventores que se preguntaban sobre el origen de aquellas misteriosas descargas. Pero no sólo los rayos los tenían intrigados. La luz del sol provocaba otra interrogante. Algunos consideraban imposible que la luz viajara en el vacío. Suponían que necesitaba algo físico para desplazarse, igual que el sonido. Para explicarlo, imaginaron el *éter*, una especie de materia que llenaba el espacio. Pero el científico *James Maxwell* (1831-1879) demostró con sus ecuaciones que no hacía falta el *éter*. La luz estaba compuesta por ondas que eran una mezcla de campos eléctricos y magnéticos que se impulsaban por sí mismos. Eran *ondas electromagnéticas* que Maxwell logró dibujar sobre papel.

Precisamente, sobre el papel se pueden observar bien diferenciados los dos campos de una onda electromagnética. El vertical es el eléctrico (*color azul*), mientras que el magnético viaja de forma horizontal (*color rojo*). Esa combinación hace que los campos se vayan autoimpulsando entre ellos y las ondas puedan viajar miles de kilómetros.



[32] Onda electromagnética

El físico alemán Heinrich Hertz (1857-1894) fue el encargado de llevar del papel a la práctica las ecuaciones de Maxwell logrando, por primera vez en la historia, generar artificialmente *ondas electromagnéticas*.

Hertz se valió de un aparato como el de la imagen para darles vida. Colocó dos barras metálicas separadas con unas bolas, también de metal, en sus extremos. Al hacer circular corrientes eléctricas que variaban de forma brusca, saltaban chispas de una bolita a otra, apenas separadas por unos cuantos centímetros.

Mayúscula tuvo que ser la sorpresa del científico al ver que en un aro de metal abierto con dos bolitas en sus extremos que había colocado a poca distancia, también saltaban chispas. Este improvisado receptor no estaba unido de ninguna forma al otro dispositivo y tampoco estaba conectado a la corriente.



[33] Generador de ondas inventado por Hertz. Visita el SparkMuseum para conocer más imágenes de este invento y otros que contribuyeron al desarrollo de la Radio.
<http://www.sparkmuseum.com/>

Este “milagro” tenía una explicación científica que Hertz por fin comprobó. Las chispas que se producían entre las dos primeras barras creaban ondas electromagnéticas recibidas por el otro aro en el que volvían a saltar chispas debido a la electricidad que portaban esas ondas. Éstas, se propagaban a la velocidad de la luz. Hertz alejó el receptor y comprobó que a distancias mayores las ondas no eran capaces de llegar, pero no le preocupó. Suponía, y con razón, que aumentando la energía y el tamaño del receptor y el transmisor, las ondas llegarían más lejos.

El experimento de Hertz fue algo similar a prender un foco. Cuando hacemos pasar corriente por un filamento, se desprenden electrones que generan luz y podemos ver. En este caso, no era luz lo que generaban las chispas. Era un tipo de ondas que, aunque invisibles, estaban ahí y se desplazaban de un lugar a otro. La comprobación fueron las chispas en el aro receptor.

La mente brillante de Hertz imaginó que sería fácil usar estas ondas para transportar señales eléctricas, como los pulsos del alfabeto Morse, sin necesidad de cables. Las barreras físicas de la comunicación se rompieron ese día y se pusieron las bases de la transmisión inalámbrica. Ahora habría que seguir experimentado con las ondas electromagnéticas o *hertzianas*, como se llamaron en honor a su inventor.

Hoy en día, equipos muy mejorados, pero basados en el invento de Hertz, generan corrientes de alta frecuencia, en vez de chispas. Una antena las transforma en ondas electromagnéticas y así llegan los sonidos de la radio a nuestros hogares.

Pero no fue sólo Hertz, sino otros muchos científicos, quienes posibilitaron el invento de la radio. Para conocerlos, pasemos a la siguiente pregunta.



MÁS EN EL DVD KIT

- *Que es el Magnetismo*. También de la Colección Ciencia para nosotros de la Fundación Empresas Polar. Publicado en Venezuela por el periódico Ultimas Noticias.
<http://www.fundacionempresaspolar.org/cienciaparanosotros/>

Los teóricos: Franklin, Faraday, Maxwell...

¿Fruto de la casualidad? ¿Ingenio humano? ¿Observación de los fenómenos naturales? No hubo un sólo camino para que los grandes inventores de la humanidad alcanzaran sus descubrimientos. Y, por lo general, nunca lo hicieron solos.

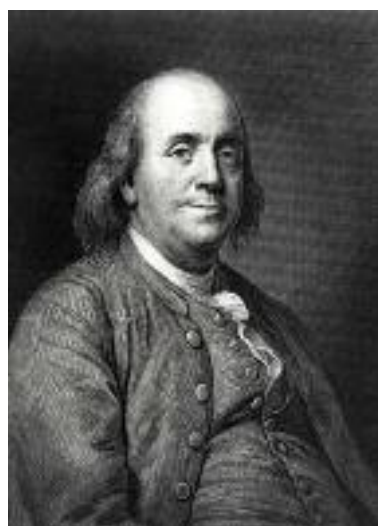
Lo mismo sucedió con la radio. Como vimos en la anterior pregunta, los inventores primero aprendieron que el sonido se transmite por ondas. Luego, se dieron cuenta que la luz podía viajar largas distancias usando otro tipo de ondas, las *electromagnéticas*.

Pero no adelantemos la historia y vayamos al principio. Para eso, lo mejor será subirnos a una máquina del tiempo que nos llevará, en primer lugar, a la Antigua Grecia, año 600 antes de nuestra era.

En silencio, nos acercamos a **Tales de Mileto** que se encuentra frotando intensamente un trozo de *ámbar*. Tanto y tanto frota, que del ámbar saltan chispas. Son los albores de la electricidad que debe su nombre, precisamente, al ámbar, que los griegos llamaban *elektrón*.



[34] Un ámbar como el que frotó Tales



Dejamos Grecia para, en un largo viaje en el tiempo, transportarnos hasta el siglo XVIII, cuando la mayor parte de los científicos dedicaron sus esfuerzos a entender la energía eléctrica. Al bajar de nuestra máquina, en 1752, nos encontramos al norteamericano **Benjamín Franklin**, volando una cometa en plena tormenta. La punta del papalote o barrilete, como también la llaman, era de metal y uno de los rayos impacta en ella directamente. Franklin acaba de inventar el *pararrayos*.

[35] Fotografía de Franklin. Si te suena conocido es porque quizás lo hayas visto en un billete de 100 dólares

Adelantamos unos años, hasta 1800. Cambiando de siglo, el italiano **Alessandro Volta** inventa la *pila*, logrando producir por primera vez corriente eléctrica continua.

Continuamos en este fugaz viaje por la historia en nuestra máquina del tiempo y llegamos a 1819. El danés **Hans Christian Orsted** juega con la aguja imantada de una brújula. Por accidente, le acerca un cable conectado a una pila y no puede salir de su asombro al ver que la aguja se mueve. Se evidencia por primera vez la relación entre la electricidad y el magnetismo.²⁰

²⁰ El inglés Michael Faraday siguió experimentando con los campos eléctricos y magnéticos y cómo uno podía anular al otro, inventando la famosa *Jaula de Faraday*. Haz la prueba. Sintoniza un radio en AM y luego lo envuelves en papel de aluminio. ¿Se deja de escuchar? Acabas de probar la Jaula de Faraday. Lo que el experimento demuestra es lo mismo que sucede cuando un rayo impacta en un avión y éste no sufre daños. Puedes verlo en el video que hay en el DVD-Kit tomado de YouTube/Telemadrid. También encontrarás información más detallada sobre el invento de Faraday.



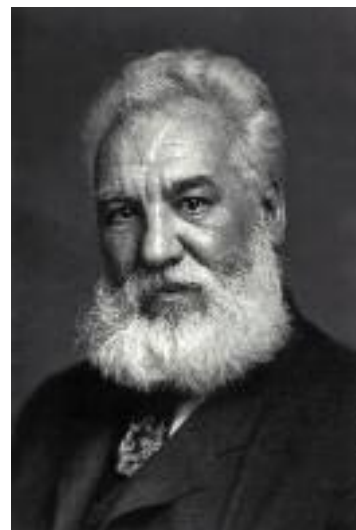
[36] Samuel Morse

Ahora detenemos nuestra máquina del tiempo en 1844. Un simpático barbudo nacido en 1791, **Samuel Morse**, produce sonidos con un extraño aparato llamado *telégrafo*. Un electroimán recibe impulsos eléctricos que se plasman en un papel en forma de puntos y rayas. El telegrafista los interpreta en base al *alfabeto morse* que, todavía hoy, tiene vigencia. Es el primer sistema de comunicación a larga distancia que llena de cables a Estados Unidos para llevar mensajes de ciudad en ciudad.



Cruzamos ahora el océano para irnos hasta Escocia, año 1873. Allí, están a punto de ser formuladas unas leyes que revolucionarán la ciencia. Nos recibe el físico **James Maxwell** y nos muestra sus famosas ecuaciones. Con ellas, traza la relación matemática entre los campos eléctricos y los magnéticos, demostrando al mundo, al menos de forma teórica, que fenómenos naturales, como la luz del sol, son *electromagnéticos*. A partir de Maxwell, muchos de los avances teóricos y científicos comienzan a llevarse a la práctica y aparecen inventos que cambiarán la forma de ver y entender el mundo.

Subimos de nuevo a la nave para regresar a Estados Unidos, año 1876. **Alexander Graham Bell** patenta su revolucionario invento, *el teléfono*. Esta presentación no está exenta de polémica. En este siglo, las peleas por el robo de inventos son frecuentes. Parece ser que el pícaro de Bell ha sido más rápido en patentarlo, aunque el verdadero inventor del teléfono es **Antonio Meucci**.²¹



[37] Graham Bell considerado por años como el inventor del teléfono.

Con este artilugio, ya no hace falta comunicarse a través de puntos y rayas. Ahora podemos hablar directamente, al menos hasta donde alcanzan los cables, que incluso cruzan el gran océano comunicando los dos continentes.

Pero, ¿y los barcos que navegan por ese océano? ¿Y los lugares donde es imposible llegar con cables? La comunidad científica, insatisfecha, busca respuestas para llevar la comunicación sin cables o inalámbrica a todos los rincones del planeta. Las bases científicas están dadas. Maxwell ha demostrado en papel que las ondas electromagnéticas pueden viajar por el espacio llevando energía. Ahora, el reto es averiguar cómo crear artificialmente esas ondas y cómo transmitirlos. ¿Cómo pasar de la teoría a la práctica? Subamos a nuestra máquina del tiempo para descubrirlo y aterricemos en la siguiente pregunta.

²¹ El 11 de Junio del 2002, haciendo honor a la verdad, el Congreso de Estados Unidos aprobó la resolución H. Res. 269 donde se reconoce que el verdadero inventor del teléfono fue Meucci.
<http://johnshadegg.house.gov/rsc/Lb61102.pdf>

De la teoría a la práctica: Hertz, Tesla y Marconi, Lee De Forest.

La humanidad se acercaba al momento crucial. Los científicos llevaban años teorizando y soñando con una comunicación sin ataduras, sin hilos, que volara libre como las ondas por el espacio. El camino se había allanado con teorías escritas en papel, pero era hora de llevarlas a la práctica.

Nuestra máquina del tiempo aterriza en Alemania para conocer a uno de los inventores que trabaja con las ecuaciones de Maxwell. Al bajar en el año 1888, encontramos a **Heinrich Rudolf Hertz** quien, tras muchos esfuerzos, logra transmitir y recibir ondas electromagnéticas y obtiene cruciales avances en el estudio de la velocidad de la luz y las ondas de radio, bautizadas en su honor como *hertzianas*.

Varios científicos emprenden, ayudados con el experimento de Hertz, una carrera para ser los primeros en aprovechar esas ondas para enviar información. Uno de ellos es un joven migrante europeo que llegó a Estados Unidos y llamó la atención del famoso *George Westinghouse*, preocupado en cómo generar corriente alterna y llevarla a los hogares norteamericanos.²² Este joven se llama **Nicolás Tesla** y le vende su patente de generador de energía eléctrica a la compañía de Westinghouse.



Tesla sigue investigando y logra crear un radiotransmisor de ondas electromagnéticas. Pero en esos mismos años, en Italia, otro inventor llamado **Guglielmo Marconi** ya experimenta con un generador que transmite estas ondas.

Marconi tiene la habilidad de unir inventos de diferentes científicos para lograr el éxito. A su generador de ondas le hace falta algo que las mande lejos y que también las reciba. Lo soluciona usando una *antena*. Es una especie de “alambre volador” que ha inventado el ruso **Alexander Popov**.²³

[38] Marconi, ¿inventor de la radio?

Popov está trabajando en un receptor de tormentas eléctricas. Usa una cometa para elevar un cable que sirve como antena de rayos, tal como hiciera Franklin para inventar el pararrayos. Si recibe rayos, piensa Popov, también podrá recibir otras ondas electromagnéticas.

Mientras tanto, el italiano Marconi, usa un alambre similar y se vale de un receptor de ondas que había sido ideado por el francés **Édouard Branly**.

Sumando las investigaciones de estos inventores y sus propios adelantos, Marconi logra en 1894 un transmisor-receptor de ondas electromagnéticas para telegrafía sin hilos o *radiotelegrafía*. Con este equipo ya se pueden enviar mensajes en *morse* sin necesidad de cables.

²² Volta ya había usado corriente continua en la pila, pero estaba por verse si otro tipo de electricidad, la alterna, podría dar luz a un país completo.

²³ En Rusia, Alexander Popov es considerado el inventor de la radio.

Comienza, entonces, una larga guerra para saber quién es el inventor de la radio. Tesla reclama la autoría en Estados Unidos, Marconi también quiere ser reconocido como tal. Pero los hechos terminan hablando por sí solos y el italiano zanja la polémica cuando logra una transmisión que cruza el océano Atlántico. En 1901, con su invento perfeccionado, Marconi envía un mensaje en *morse* que atraviesa los más de 3.000 kilómetros que separan Terranova de Inglaterra.

Aunque la guerra de patentes continúa, Marconi pasa a la historia como el creador o, al menos, el pionero de la radio. Pero su intención no es enviar sonidos, sino mejorar el servicio de telegrafía a largas distancias sin necesidad de cables. El principal objetivo de su invento es comunicar a los barcos en alta mar con tierra firme. Así ocurre con el Titanic cuando se está hundiendo en abril de 1912 y utiliza una “estación Marconi” para enviar una señal de SOS.²⁴ Por eso, Marconi en realidad, es el inventor de la *radiotelegrafía*, es decir, la telegrafía por ondas de radio, antecesora de la radiodifusión.

De momento, los transmisores existentes sólo han usado las ondas electromagnéticas para enviar, a los cuatro vientos, puntos y rayas. Hasta la Nochebuena de 1906. En esa fría y entrañable noche, algunos marineros brindan en alta mar cuando se acercan sorprendidos a sus radiotransmisores. Esta vez no escuchan puntos y rayas del código Morse, sino... ¡música y palabras!

Algunos llegan a pensar que son alucinaciones fruto del alcohol. Pero no. A unos pocos de kilómetros de la costa, el canadiense **Reginald Fessenden** transmite desde Brant Rock, en Massachusetts, unas notas musicales con su violín y lee algunos pasajes de la Biblia. Si Marconi pasa a la historia como el padre de la *radiotelegrafía*, el canadiense Fessenden podría considerarse como el padre de la *radiodifusión*.

El problema de la transmisión de Fessenden es la calidad y la distancia. Los ruidos hacen casi imperceptibles las palabras que, además, no llegan muy lejos. Y por si los problemas fueran pocos, la antena que usa es de dimensiones exageradas. Despojemos entonces a Fessenden del título que le acabamos de otorgar y busquemos a quien se lo merezca más.

[39] Torre de radio de Reginald Fessenden



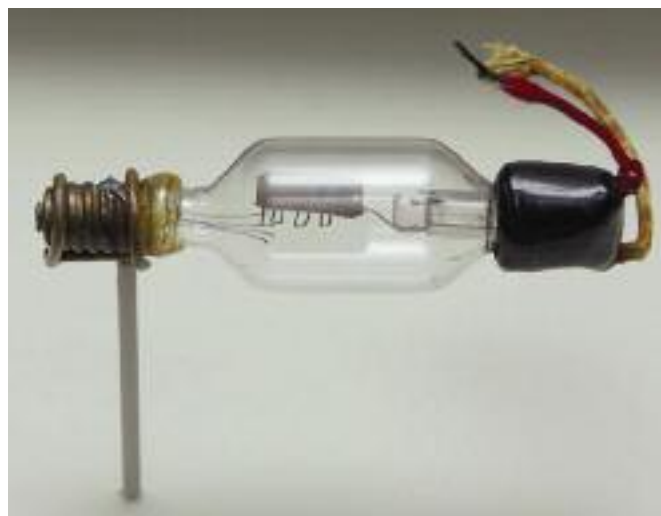
Adelantamos un año la máquina del tiempo, hasta principios de 1907 en Estados Unidos. Allí, **Lee De Forest** tiene entre manos el invento que revolucionará la radio: el *triódodo*. Se parece mucho a la bombilla que años antes desarrolló **Thomas Alva Edison** y que funcionaba por el llamado *efecto Edison*: si dentro de una lámpara de vacío calentamos un filamento, de éste se desprenderán electrones que “saltarán” a una placa de metal cercana generándose una corriente eléctrica.

Este es el principio de la *válvula de vacío* en el que otro científico, **John Fleming**, se inspiró para llegar al *diodo*. Luego, Lee De Forest le añade un elemento más y el diodo se convierte en un *triodo*, con un filamento, un cátodo y una rejilla. Ahora, los electrones que saltan pueden ser controlados. Estos experimentos, que parecen de ciencia ficción, hacen posible que una pequeña corriente sea amplificada. También permite que esas corrientes lleven consigo sonidos. Con la ayuda de una antena, se convierten en ondas electromagnéticas capaces de recorrer kilómetros y kilómetros. Palabras y música pueden viajar ahora de un lugar a otro sin necesidad de cables. Por ese motivo, Forest llama a su invento *audion*.²⁵

²⁴ Es la señal internacional de auxilio, según la versión más extendida significa Save Our Souls, salven nuestras almas. En código Morse se escribe con tres puntos, tres rayas y tres puntos.

²⁵ *Audion* deriva de la palabra latina audio, que significa oír. Muchos transmisores ya no usan este tipo de amplificadores desde que en 1950 se inventara el *transistor*.

Gracias a esta hazaña, Forest tiene bien merecido el título de *padre de la radiodifusión*, más que ningún otro. Sin el *triodo*, la radio no hubiera alcanzado la universalidad que hoy tiene.



[40] Triodo inventado por Forest

Con ayuda del *audion*, fue más fácil construir transmisores y comienzan a surgir emisoras por todos los rincones del planeta. Noticias, música y luego radioteatros surcan el espacio en forma de ondas radioeléctricas.

La KDKA de Pittsburgh es la pionera y en 1920 estrena el primer servicio de noticias diario.²⁶ La prensa siente amenazados sus intereses viendo cómo este nuevo medio de comunicación informa los resultados de las elecciones al mismo tiempo que se cuentan los votos. ¡Y no les falta razón! Las noticias en papel que, al día siguiente, anuncian la victoria de Warren Harding en las presidenciales estadounidenses, quedan desactualizadas por culpa de la radio.

Un par de meses antes, en América Latina, un grupo de entusiastas argentinos fabrican un rudimentario transmisor, se suben a la azotea del Coliseo de Buenos Aires y el 27 de agosto de 1920 transmiten una ópera de Richard Wagner. La gente, dudando de su cordura, los bautizó como *los locos de la azotea*.²⁷ El pistoletazo de salida pone a todos a correr. En París, en 1921, la Torre Eiffel sirve de antena para las primeras radios francesas. Un año después, se funda la BBC de Londres y en 1923 comienzan las primeras transmisiones en España. En América Latina, además de Argentina, otros países se apuntan a la “moda de la radiodifusión”: México y Uruguay (1921), Cuba y Chile (1922), Venezuela (1926), Ecuador y Colombia (1929),...

Desde nuestra máquina del tiempo, vemos centenares de antenas de radio transmitiendo a lo largo y ancho del planeta. Pero, ¿de qué sirve enviar programas a kilómetros de distancia si nadie puede escucharlos? Resuelto ya el cómo transmitir, hay que perfeccionar el cómo recibir. Los esfuerzos se centran ahora en los receptores de radio. Muchos de ellos usan los diodos inventados por Fleming que sustituyeron a los primeros sintonizadores de mineral de *galena*.

Para popularizar los receptores de radio es fundamental el aporte de **Edwin Armstrong** que idea el *superheterodino*. Aún hoy lo seguimos usando para distinguir unas frecuencias de otras en los diales de radio. Armstrong revoluciona de nuevo el mundo de la radio cuando en los años 30 anuncia que las ondas electromagnéticas se pueden *modular* en frecuencia. Acaba de inventar la FM o *frecuencia modulada*.²⁸

De aquí en adelante la historia es más conocida. Miles de emisoras transmiten en los cinco continentes y todas se preparan para un incierto futuro digital. ¡Fin del viaje!

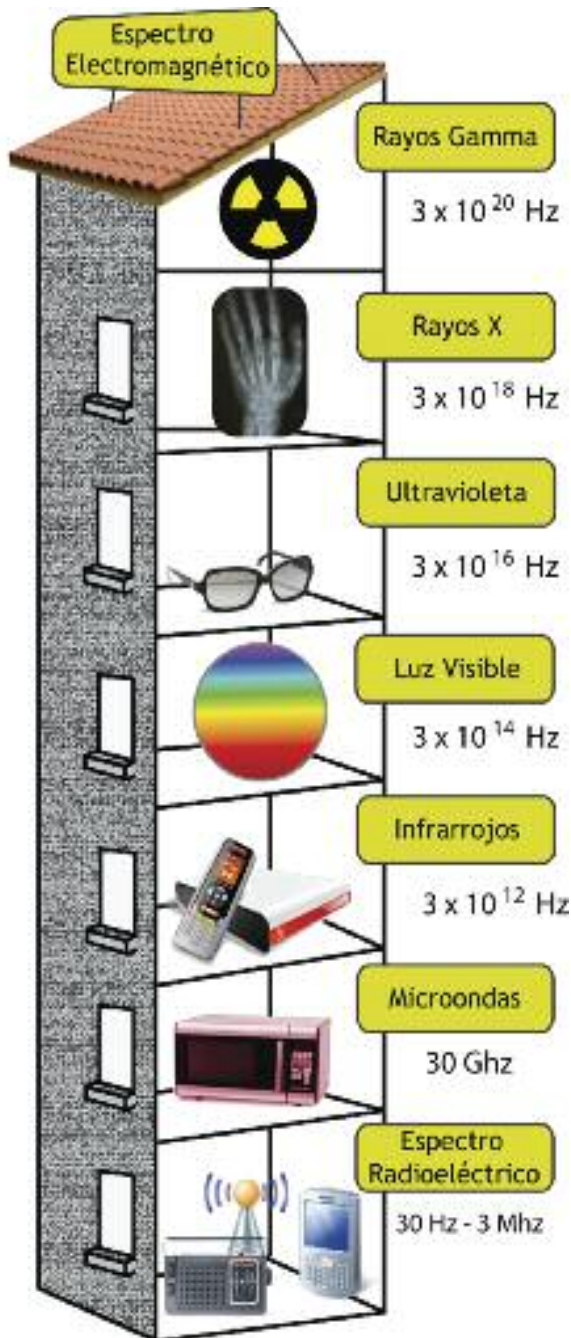
²⁶Aunque ha pasado a la historia como tal, es difícil aseverarlo ya que en ese mismo año emisoras en Boston, Detroit o Inglaterra se encontraban transmitiendo regularmente. Quizás tenga algo que ver con que el dueño de la KDKA era el millonario Westinghouse.

²⁷ Estos “locos”, pioneros de la radiodifusión latinoamericana y mundial se llamaban Enrique Susini, Miguel Mújica, César Guerrico, Luis Romero.

²⁸ Pese a estos éxitos, Edwin Armstrong, terminó suicidándose asediado por juicios que ponían en disputa sus patentes. Tienes más información en las siguientes páginas que sirvieron de bibliografía para este viaje en el tiempo por la historia de la radio: <http://www.cybertelecom.org/> - <http://www.thinkquest.org/> - <http://www.britannica.com/> - <http://earlyradiohistory.us/> - <http://www.ieee.org/> - http://en.wikipedia.org/wiki/Invention_of_radio

Clasificación de las ondas electromagnéticas.

En los primeros años de la radiodifusión, las emisoras se apropiaban del espacio por el que viajan las ondas sin ningún tipo de contemplaciones. Era como el salvaje oeste. El que primero llegaba se adueñaba del dial. Para poner orden, se estableció una división de todas las ondas. Así nació, el llamado *espectro electromagnético*.

CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas sonoras que, como ya dijimos, son las que producen y escuchan los seres humanos, no entran en este espectro por no ser ondas de tipo electromagnético. Pero la magnitud que usaremos para catalogar estas dos clases de ondas es la misma, la *frecuencia*.²⁹

Las ondas sonoras o audiofrecuencias van de 20 Hz a 20.000 Hz. Ese es el *rango audible*. En cambio, el espectro de las ondas electromagnéticas es muchísimo mayor, casi infinito. En él están clasificadas todas las ondas electromagnéticas naturales, como la luz solar o los colores del arco iris, y las artificiales que generamos con transmisores de radio o televisión.

Para conocer el espectro electromagnético, cerremos los ojos por un momento e imaginemos una gran torre de apartamentos. Comencemos por la parte de arriba, la azotea de nuestro edificio. Allí residen los rayos gamma. Se usan en aplicaciones medicinales, sobre todo para esterilizar materiales médicos. Son altamente radioactivos por lo que una exposición prolongada a estos rayos es muy cancerígena.

Un piso más abajo llegamos a los rayos X. ¿Quién no se hizo alguna vez una radiografía, una fotografía del esqueleto? Es uno de los usos de los rayos X. Otro, los detectores por los que pasamos las maletas en los aeropuertos para ver qué llevamos dentro sin necesidad de abrirlas.

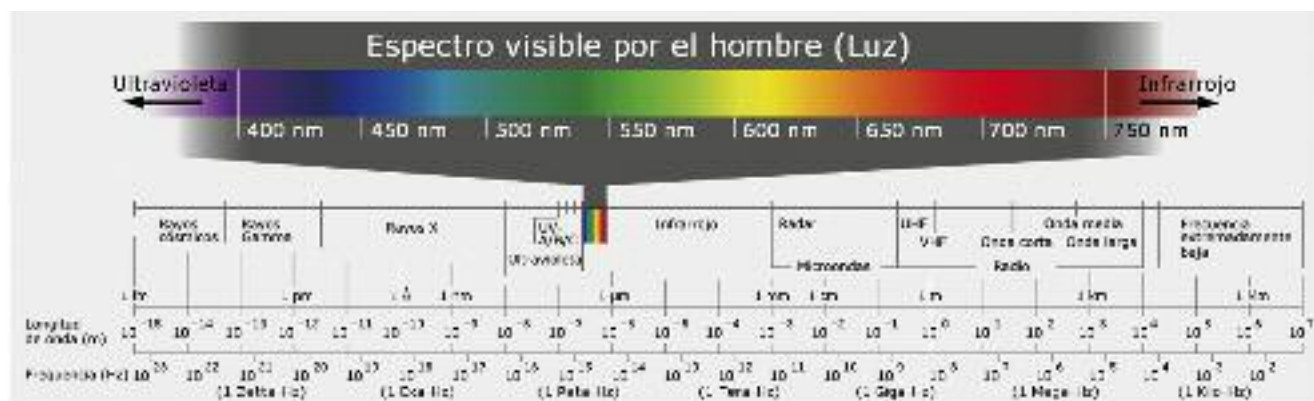
Continuamos bajando en el ascensor del espectro electromagnético para llegar al piso de las radiaciones ultravioletas. Éstas se usan en el campo de la medicina, en muchas discotecas, conocida como “luz negra”, o en detectores de billetes falsos.

[41] “Edificio” donde residen las ondas electromagnéticas

²⁹ Recordemos que la frecuencia es la cantidad de ciclos completos de una onda en un segundo. La unidad para medirla es el hercio.

Hay rayos ultravioletas (UV) que vienen del Sol y son los causantes de muchos cánceres de piel o problemas en los ojos, ya que el filtro natural que tiene el planeta para protegernos de estas radiaciones, el ozono, está cada día más agujereado por la acción humana.

Y así llegamos a la planta más divertida, la mejor decorada. Es el piso de la luz, de los colores. Son las ondas electromagnéticas que podemos ver, el espectro visible. La gama de colores va del rojo al violeta.³⁰



[42]

Debajo de la luz visible residen los infrarrojos. Se usan en controles remotos y sensores electrónicos. La radiación infrarroja está asociada al calor. Todos los cuerpos irradiamos rayos de este tipo que únicamente se pueden ver con visores térmicos.

En el segundo piso están las microondas, muy amigas de la comida rápida que podemos calentar con su ayuda. Como se llevan bien con las ondas vecinas del piso de abajo, suelen ayudarlas. Las microondas se usan en radioenlaces.

En la planta inferior tenemos las radiofrecuencias, ondas empleadas por la radio, los satélites, la televisión, emisoras de taxis, bomberos y policías, teléfonos celulares y un largo etcétera.

Esta pequeña parte del espectro electromagnético, de vital importancia para las radiocomunicaciones, es lo que conocemos como el espectro radioeléctrico.

Aunque hemos deambulado por todos los pisos del espectro electromagnético, en este Manual no avanzaremos más allá del primero, donde residen las ondas radioeléctricas que protagonizan la siguiente pregunta.

³⁰ Por esto, las ondas que caen por debajo del espectro visible se conocen como *infrarrojos* y las que están por encima, *ultravioletas*.



La palabra *radio* puede dar lugar a confusiones, ya que la utilizamos para referirnos a muchas cosas. A veces, le decimos radio a la emisora. También llamamos así al receptor con el que escuchamos las diferentes estaciones de FM y AM. Para no equivocarnos más, vamos a ponernos de acuerdo.

Las *radiofrecuencias (RF)*, también llamadas *ondas hertzianas* en honor a su inventor, son un grupo de ondas especiales que tienen identidad propia dentro del gran espectro electromagnético y conforman el *espectro radioeléctrico*. Este rango de frecuencias va desde los 3 Hz a los 300 GHz.

La *radiocomunicación* es la comunicación sin cables que se realiza usando las ondas de radiofrecuencia que conforman el espectro radioeléctrico. Por eso, también se llaman *ondas de radio*. Dentro de estas radiocomunicaciones están las que se hacen vía satélite, entre aviones, telefonía celular... y también la radio (FM, AM y demás bandas) y la televisión.

Estas dos transmisiones, las de estaciones de radio y televisión, se llaman *radiodifusión*. A las emisoras de radios, se las denomina servicios de *radiodifusión sonora*³¹ y a las televisoras, servicios de *radiodifusión televisiva*. Aunque popularmente nos referimos a ellas como la “radio” y la “tele”.

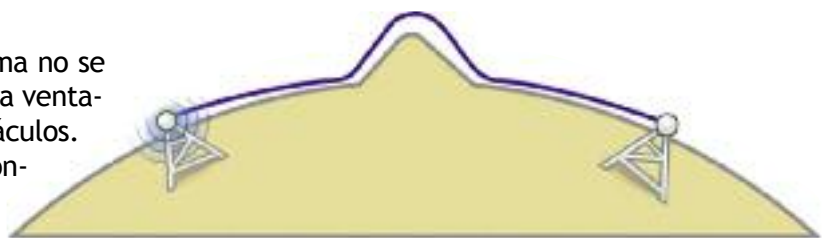
CÓMO SE PROPAGAN LAS ONDAS DE RADIO

El principal descubrimiento de Hertz fue que las ondas radioeléctricas pueden “viajar” sin necesidad de cables de un lugar a otro. Estudios posteriores confirmaron que, dependiendo de la frecuencia o longitud de onda, éstas viajan de diferentes maneras. Las de baja frecuencia, por ejemplo, no siguen el mismo curso que las que tiene altas o muy altas frecuencias. Podemos dividir a las viajeras en tres tipos o formas de propagación.³²

1. ONDAS TERRESTRES O DE SUPERFICIE

Son ondas que en parte se desplazan pegadas a la corteza terrestre, a la superficie de la tierra. Al ir tan cerca del suelo, las características de éste influyen bastante en su forma de propagación. Viajan incómodas sobre suelos secos, como el desierto, y recorren mayores distancias si el terreno es húmedo, porque les ofrece mejor conductividad. Si has tocado un cable eléctrico con los pies mojados habrás experimentado que la humedad transmite más fácilmente la electricidad.

Las ondas que se propagan de esta forma no se despegan de la tierra. Por un lado es una ventaja, ya que no le afectan mucho los obstáculos. Por ejemplo, no chocan contra una montaña, sino que la suben y la vuelven a bajar. Pero a la vez es un inconveniente, porque este roce las va atenuando o “desgastando”.



[43] Para éste y los siguientes esquemas, la antena de la izquierda es la emisora y la derecha la receptora.

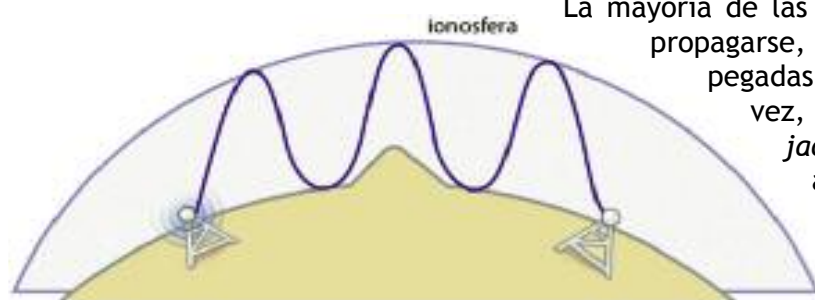
2. ONDAS REFLEJADAS O IONOSFÉRICAS

Hay otras ondas que quisieran escapar del planeta y salirse de la atmósfera. Pero se encuentran con un escudo, una capa de esa misma atmósfera llamada *ionosfera* que, por sus características, actúa como un espejo y las rebota, devolviéndolas a la tierra. Pero las ondas, bien tercas, lo intentan de nuevo y vuelven a subir y la ionosfera las vuelve a rebotar. De esta forma se propagan las ondas ionosféricas que están en el rango de 3 a 30 Mhz. Son las *ondas cortas* y su principal uso es para las emisoras internacionales de largo alcance y radioaficionados.

³¹ En algunos lugares se la denomina también como Radiofonía.

³² Hay otra serie de propagaciones de ondas a las que no nos vamos a referir ya que están en desuso como, por ejemplo, la *difracción ionosférica*.

La ionosfera está situada entre 60 y 400 km de la corteza terrestre. Dependiendo de la hora del día y las condiciones de la atmósfera, sus características cambian drásticamente. Esto hace que las radiocomunicaciones de esta clase varíen mucho en función de la estación del año o del momento del día. El invierno y las horas nocturnas son más beneficiosas cuando, por la falta de rayos solares, la capa se vuelve más densa y se aleja de la tierra permitiendo a las ondas llegar más lejos. Este es el motivo por el que las radios internacionales de Onda Corta se escuchan más y mejor por la noche que por el día.



[44]

La mayoría de las ondas no eligen un sólo camino para propagarse, sino una combinación de ambos. Van pegadas a la tierra (*onda superficie*) y, a la vez, rebotando en la atmósfera (*onda reflejada*). Con esta combinación se logran alcanzar distancias planetarias.

MARCONI Y LA IONOSFERA

Marconi, en sus primeros experimentos cuando logró cruzar el océano con señales de radio, sospechó que existía una capa en la atmósfera que rebotaba las ondas. En distancias tan largas, éstas no podrían viajar en línea recta dada la curvatura de la tierra. Por tanto, debía existir “algo” que ayudara a reflejar las ondas. Esos dos “espejos” eran la ionosfera y el agua del océano.

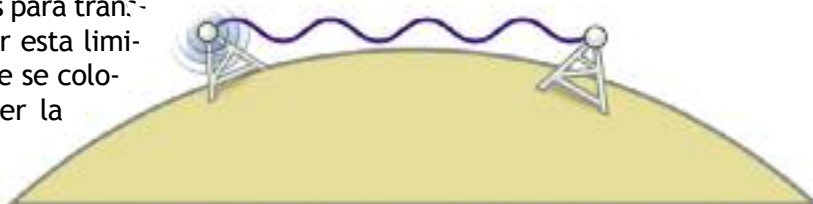
3. ONDAS DIRECTAS O ESPACIALES

Así se desplazan las ondas de alta frecuencia que tienen longitudes de onda muy pequeñas. Realizan su viaje en línea recta, “hasta donde alcanza la vista”.³³ Su mayor inconveniente es que si algo estorba la visión, de seguro también interrumpe la onda. Son muy vulnerables a los obstáculos. Incluso la misma curvatura de la tierra hace que se pierda la señal.

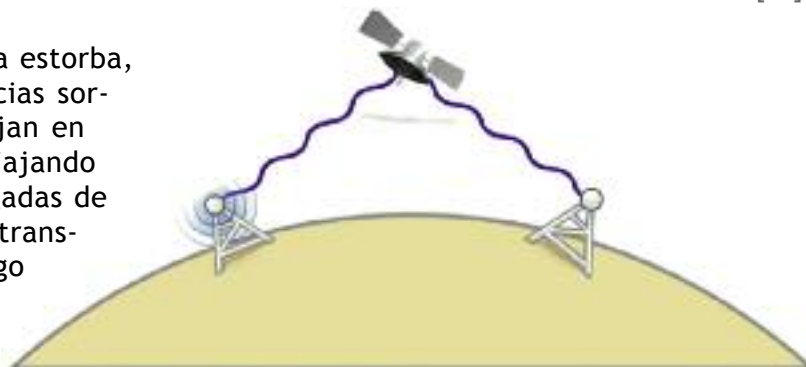
En este rango están las ondas empleadas para transmitir en FM, TV o banda ciudadana. Por esta limitación, las antenas transmisoras siempre se colocan en lugares elevados para no perder la “línea de vista” con sus receptores.

Pero si aumentamos la frecuencia y la potencia y dirigimos

las antenas hacia lugares donde nada estorba, como el espacio, alcanzamos distancias sorprendentes. Estas ondas no se reflejan en la ionosfera, sino que la traspasan, viajando miles de kilómetros.³⁴ Son las encargadas de mandar señales a los satélites para transmisiones de largo alcance que luego regresan “rebotadas” a otro lugar de la tierra. Algunos de estos satélites se encuentran a 36.000 kilómetros de la tierra.



[45]



[46]

³³ Es por eso que también se conoce a esta propagación como Línea de Vista.

³⁴ La que sí influye es otra capa, la Troposfera, que las dispersa atenuando su señal.

CLASIFICACIÓN DE LAS ONDAS DE RADIO O RADIOFRECUENCIAS: EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

La siguiente tabla está basada en la división del espectro que realizó en 1953 el Consejo Consultivo Internacional de las Comunicaciones de Radio (CCIR, actual UIT-R), organismo que depende de la Unión Internacional de las Comunicaciones. Otros datos fueron tomados de la CITEI, Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, perteneciente a la Organización de los Estados Americanos (OEA).³⁵

SIGLA	DENOMINACIÓN	GAMA DE FRECUENCIAS	LONGITUD DE ONDA	CARACTERÍSTICAS	USO TÍPICO
ELF	EXTREMELY LOW FREQUENCY Extra Baja Frecuencia	3 Hz. a 30 Hz.	100.000 Km. a 10.000 Km.	Se propagan por onda de tierra. Permitían enviar muy poca información y, al tener longitudes de ondas muy grandes, se necesitaban enormes antenas, por lo que este tipo de transmisiones están en desuso.	Servían para la comunicación con submarinos o con minas bajo tierra. En este orden de frecuencias se encuentran también las ondas sonoras o audiofrecuencias que escucha nuestro oído, el llamado rango audible, pero no están incluidas ya que no pertenecen al espectro radioeléctrico.
SLF	SUPER LOW FREQUENCY Súper Baja Frecuencia	30 Hz. a 300 Hz.	10.000 Km. a 1.000 Km.		
ULF	ULTRA LOW FREQUENCY Ultra Baja Frecuencia	300 Hz. a 3.000 Hz. (= 3 KHz.)	1.000 Km. a 100 Km.		
VLF	VERY LOW FRECUENCIES Muy Bajas Frecuencias	3 KHz. a 30 KHz.	100 Km. a 10 Km.	Propagación por onda de tierra o superficie y también ionosférica.	Enlaces de radio a gran distancia y comunicaciones militares.
LF	LOW FRECUENCIES Bajas Frecuencias	30 KHz. a 300 KHz.	10 Km. a 1 Km. (= 1.000 m)	Propagación por onda de tierra, pero de características menos estables que la anterior.	Comunicaciones de cobertura global como ayuda a la navegación aérea y marítima internacional.
MF	MEDIUM FRECUENCIES Medias Frecuencias	300 KHz. a 3. 000 KHz. (= 3 Mhz.)	1.000 m a 100 m	Propagación por onda de tierra con absorción elevada durante el día. Propagación predominantemente ionosférica durante la noche, cuando alcanzan mayores distancias.	Radiodifusión. Las emisoras de AM están en esta banda.
HF	HIGH FRECUENCIES Altas Frecuencias	3 Mhz. a 30 Mhz.	100 m. a 10 m.	Propagación predominantemente ionosférica con fuertes variaciones estacionales y en las diferentes horas del día y la noche.	Comunicaciones de todo tipo a media y larga distancia, como las de radioaficionados. En esta banda están las radios que transmiten en onda corta o SW (<i>shortwave</i>).
VHF	VERY HIGH FRECUENCIES Muy Altas Frecuencias	30 Mhz. a 300 Mhz.	10 m. a 1 m.	Prevalentemente propagación directa, esporádicamente propagación ionosférica o troposférica. .	Comunicaciones móviles (Walkie-Talkies, bomberos, ambulancias, policía, camioneros y taxis), enlaces de radio a corta distancia, algunas televisoras y emisoras en frecuencia modulada (FM).



³⁵ Principal foro de telecomunicaciones en el hemisferio donde los gobiernos y el sector privado se reúnen para coordinar los esfuerzos regionales y desarrollar la Sociedad Global de la Información.
<http://www.citel.oas.org/>

SIGLA	DENOMINACIÓN	GAMA DE FRECUENCIAS	LONGITUD DE ONDA	CARACTERÍSTICAS	USO TÍPICO
UHF	ULTRA HIGH FRECUENCIAS Ultra Altas Frecuencias	300 Mhz. a 3.000 Mhz. (= 3 Ghz.)	1 m. a 100 mm.	Exclusivamente propagación directa, posibilidad de enlaces por reflexión o a través de satélites artificiales.	Comunicaciones móviles enlaces de radio, radares, ayuda a la navegación aérea y marítima. La mayoría de canales de televisión están en esta banda. También se usa para telefonía celular.
SHF	SUPER HIGH FRECUENCIAS Súper Altas Frecuencias	3 Ghz. a 30 Ghz.	100 mm. a 10 mm.		Radares, comunicaciones satelitales y radioenlaces terrestres de larga distancia.
EHF	EXTRA HIGH FRECUENCIAS Extra Altas Frecuencias	30 Ghz. a 300 Ghz.	10 mm. a 1 mm.		Radioastronomía, radares de precisión y enlaces de comunicación.

¿DE QUIÉN ES EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO?

Si las ondas de radio son sólo una porción del gran espectro electromagnético, a nadie se le ocurriría decir que tienen dueño. Porque, ¿quién es dueño de la luz, de los colores o del arco iris?

Pero por su importancia estratégica en las comunicaciones, algunos se han querido apropiarse del espectro radioeléctrico. Según la Unión Internacional de las Telecomunicaciones, UIT, el *espectro radioeléctrico es patrimonio de la humanidad*, aunque lógicamente lo “administran” los estados.³⁶ Esto significa que el gobierno de turno no es el dueño ni puede subastar o repartir discrecionalmente las frecuencias de radio y televisión.

Por suerte la ciudadanía está reapropiándose del espectro y en muchos países, como Argentina o Uruguay, se comienzan a distribuir más equitativamente las frecuencias.

En el DVD-Kit tienes más información sobre la democratización del espectro en el artículo de José Ignacio López Vigil, ¿Quién es el dueño del Arcoiris?



MÁS EN EL DVD KIT

- Si saber más sobre la forma de propagación de las ondas no dejes de leer el tema 3 del curso Radiación y Propagación. Autores: José Luis Besada Sanmartín, Manuel Sierra Castañer. Este curso virtual es parte de *Open Course Ware* de la Universidad Politécnica de Madrid y está completo en el capítulo de las antenas.³⁷ <http://ocw.upm.es/>

³⁶ Aprobado en la Conferencia de la UIT en Torremolinos, España, en 1973. Más tarde, fue ratificado en la Conferencia Plenipotenciaria de Nairobi en 1982.

³⁷ Open Course Ware (OCW) es un ejemplo de las iniciativas que han surgido últimamente para promover el acceso libre y sin restricciones al conocimiento. En abril 2001, el Massachusetts Institute of Technology lanzó la plataforma OCW-MIT a través de la cual se ofrece el material docente que sus profesores utilizan en las enseñanzas junto con una guía de estudio. Hay cientos de cursos de Universidades de todo el mundo. ¡Aprovecha! *Universia.net*: <http://ocw.universia.net/es/>

Modulación en Amplitud (AM) y Frecuencia (FM). Alta y Baja frecuencia. Peligros de la Alta Frecuencia.

Imagina que te encargan una delicada misión, llevar un grupo de escolares hasta su colegio. Lo primero que piensas es si podrán llegar caminando. Pero enseguida te das cuenta del tiempo que van a demorar y lo cansados que llegarán. Descartada la caminata, lo más sencillo es transportarlos en un bus escolar. Sólo tienen que subirse, sentarse y podrás recorrer la distancia que les separa de la escuela en pocos minutos. Misión cumplida.

¿Y si ahora te encargan otro trabajo? Esta vez se trata de transportar música desde los estudios de la emisora hasta los receptores de tu audiencia. ¡Verás que es como llevar escolares al colegio!

En este caso, nuestras niñas y niños son los sonidos y las palabras. Recordemos que son ondas sonoras o audiofrecuencias que no pueden viajar como las electromagnéticas. Estas ondas sonoras, al entrar por el micrófono, se transforman en electricidad. Pero son señales muy pequeñas y de bajas frecuencias que no cuentan con la capacidad de desplazarse por el espacio. A estas señales las llamamos *moduladoras*.

Por otro lado tenemos las *radiofrecuencias*, ondas electromagnéticas de frecuencias muy altas que sí pueden viajar por el espacio, pero que están “vacías”, no tienen contenido. Por lo tanto, ellas serán nuestro bus escolar.

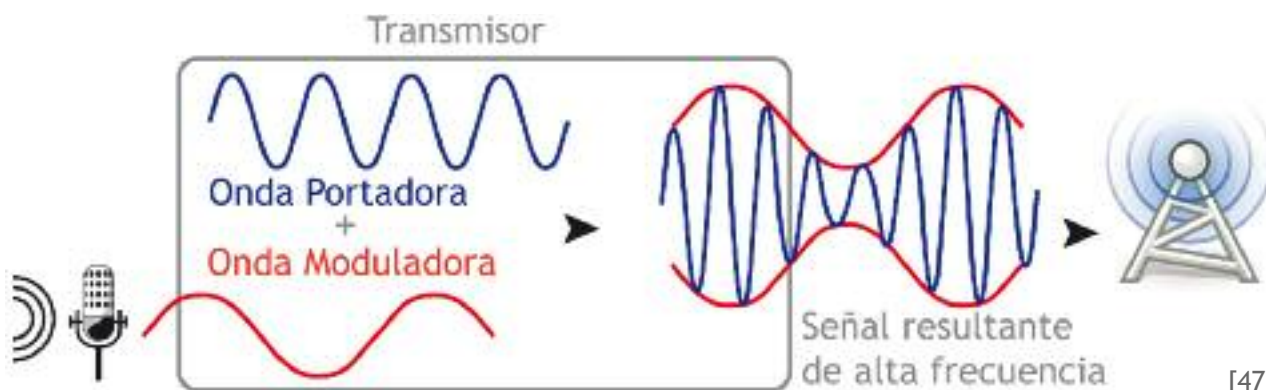
Ahora, debemos combinar ambas. La señal de audiofrecuencia o moduladora, es decir, los sonidos producidos en los estudios, los “montaremos en el bus”, que son las radiofrecuencias, también llamadas *portadoras* por su misión de llevar o portar señales. Este proceso de combinación de ondas se conoce como *modulación* y es la base de la radiocomunicación.

MODULACIÓN

Para mandar “al aire” la señal de baja frecuencia que produce un micrófono, necesitaríamos una antena enorme, de kilómetros de largo. Además, la señal se debilitaría enseguida. Sería como llevar caminando a nuestros escolares a la escuela.

Lo que hacemos, entonces, es servirnos de una onda de alta frecuencia y gran potencia, la *portadora*, a la que “damos forma” o moldeamos con la *moduladora*. La moduladora es la señal eléctrica en la que hemos transformado las imágenes de TV o los sonidos de la radio. Este proceso de modulación lo hace el conjunto del transmisor-excitador de los que hablaremos en siguientes preguntas. La antena es la encargada de transformar en ondas electromagnéticas que se van al aire, la nueva señal de alta frecuencia, resultado de la suma de la moduladora más la portadora.

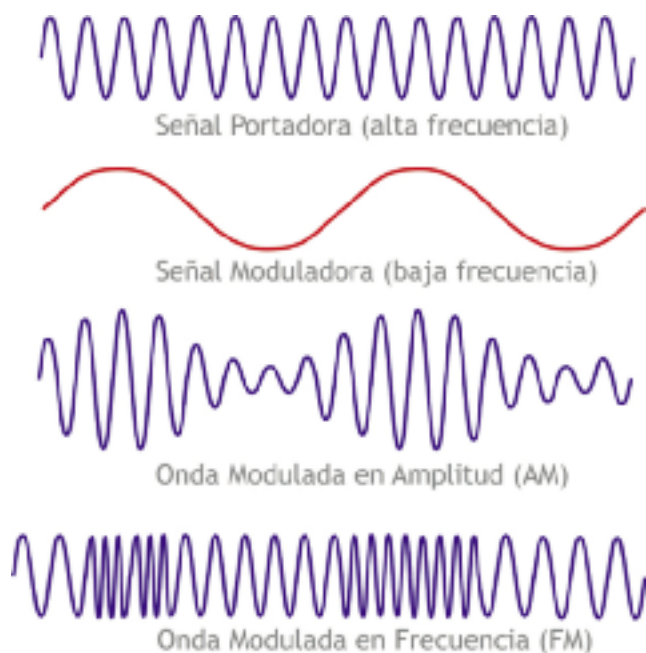
Cuando a un receptor de radio llega una de estas ondas, la “demodula”, es decir, extrae la moduladora, donde vienen las canciones y las palabras, y desecha la portadora. Es un proceso sencillo, ya que la portadora es una señal constante, por lo tanto, fácil de eliminar.



[47]

Precisamente, esa portadora constante es la que ordena el espectro radioeléctrico. Cuando a una emisora le conceden una frecuencia de transmisión es como si le dieran un bus para que lleve su señal radial a la audiencia. Al asignarle, por ejemplo, la 97.1 en FM, le están autorizando a usar un segmento del espectro radioeléctrico como portadora. Las frecuencias de todas las portadoras de FM y AM conforman el dial de radiodifusión.

Hay muchas formas de *modular una señal*, pero las dos más conocidas y usadas son la modulación en *amplitud* y la modulación en *frecuencia*. Dicho así, seguro te parecen desconocidas, pero si hablamos de estas modulaciones por sus siglas sabrás enseguida a que nos referimos: AM y FM. Las dos bandas de radiodifusión sonora más conocidas deben su nombre al tipo de modulación que emplean para enviar al aire sus señales de radio.³⁸ Veamos cómo modula cada una de ellas, es decir, cómo unimos la moduladora (señal de la emisora) con la portadora (señal de alta frecuencia que nos asignan) tanto en AM como en FM.³⁹



MODULACIÓN EN AM

La señal eléctrica moduladora, al “subirse” en la portadora de alta frecuencia, le hace variar su amplitud, es decir, transforma la onda portadora en sentido vertical.

MODULACIÓN EN FM

Al contrario, al modular en FM, la onda portadora sufre variaciones en sentido horizontal, es decir, se ve afectada su frecuencia.

[48] Puedes ver este esquema de forma animada en el DVD-Kit

ALTA Y BAJA FRECUENCIA

Las señales moduladoras son conocidas también como Baja Frecuencia (BF), mientras que las portadoras son de Alta Frecuencia (AF). Esta diferencia es usada para dividir los equipos de la radio.

Hablamos de la parte de BF de una radio o equipos de BF a los lugares y aparatos que se encuentran en el estudio de producción y de salida al aire, mientras que en el área de AF están los equipos de transmisión. En algunas radios, ambos equipos comparten el mismo espacio, pero, por lo general, siempre es conveniente que estén separados.

EQUIPOS DE BF:

Computadoras, micrófonos, consola, lectores de DVD o CD, compresor de señal...

EQUIPOS DE AF:

El excitador/transmisor y las antenas que irradian la AF.

³⁸ Esto no quiere decir que sólo las bandas de radio comercial en AM y FM se modulan en frecuencia o amplitud. Estos son modos generales de modulación que usan otras transmisiones. Por ejemplo, las bandas que están entre los 300 y los 3000 Khz usan la modulación en amplitud, mientras que para señales por encima de los 40 Mhz la elegida es la modulación en frecuencia.

³⁹ Veremos ahora las características técnicas de los diferentes tipos de Modulación, pero no nos detendremos en las ventajas o desventajas de las transmisiones de radio en cada uno de los sistemas ya que a ese tema está dedicada la pregunta 22.

PELIGROS DE LA ALTA FRECUENCIA

El técnico de la emisora COPE Salamanca, Juan Antonio Lista, siempre gastaba la misma broma a los pasantes. A mí también me la hizo.

Al llegar a la radio, fuimos a visitar el Centro de Transmisiones en las afueras de la ciudad. Allí se encontraba la joya de la emisora, un transmisor *Nautel* recién adquirido con 10 kilowatts de potencia. Junto a la caseta, una torre de 100 metros para la señal AM. Y sobre ella, las antenas de FM con una salida de 5.000 watts.

En el suelo, un trozo de cable de teléfono sin conectar en ningún lado. Juan me dijo que lo agarrara y que pusiera sus dos puntas en mi dedo. Como estaba desconectado, no podía pasarme nada. Pero sentí una quemazón que me dejó dos pequeños puntos negros en mi dedo. Me quedé totalmente sorprendido. *Tu primera lección con la radiofrecuencia*, me dijo el que sería mi maestro por unos meses, mientras reía a carcajadas.

Las ondas electromagnéticas que salen de la antena, por su alta frecuencia y potencia, inducen electricidad en otros conductores. Mínima, pero que puede provocar un chispazo que te chamusque los dedos. Por eso, debemos tener mucho cuidado con ella. Trabajar con RF requiere precauciones.

Ya quedan pocos “vigilantes” en las plantas de transmisión. Antiguamente, había cuidadores que vivían por años donde estaba el transmisor. Muchos de ellos, que cuidaron plantas de AM con gran potencia y largos años, terminaron padeciendo algún tipo de enfermedad.

No hay que alarmarse, pero es innegable que todo tipo de radiación electromagnética, si es de alta potencia y nos exponemos a ella por mucho tiempo, es peligrosa. No significa que por usar el celular o tener un transmisor de 100 watts en los estudios de la radio nos vamos a enfermar, pero sí sucede con otras radiaciones, como cuando vamos a la playa y nos “quemamos” con el sol, o cuando los ojos se afectan por las radiaciones ultravioletas en la montaña. Más peligrosos son los rayos X o gamma. Estos últimos son *radiaciones ionizantes* que penetran en los tejidos causando en ellos daños irreparables. Su uso controlado en una radiografía no tiene inconvenientes.

Sobre esto hay miles de estudios, foros y discusiones, pero nadie parece ponerse de acuerdo. El concepto generalizado es que las radiaciones ionizantes (rayos gamma) causan enfermedades si llegan a las células. El resto, las no ionizantes, son peligrosas si hay larga exposición (rayos X). De todas formas, al igual que yo no metería mi mano en un microondas, tampoco viviría por años junto a un transmisor de radio de 20.000 watts.



MÁS EN EL DVD KIT

En esta pregunta hemos visto los dos tipos principales de *modulación continua*, pero hay otros, como la *modulación por pulsos o por banda lateral*. También existen sistemas de modulación digital en los que están basados la nueva radio y TV digitales. Si quieres conocer sobre ellos, en el DVD-Kit encontrarás varios manuales.

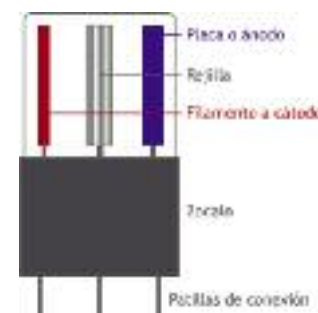
- *Diferentes tipos de Modulación.*
Tomado de Wikipedia. <http://es.wikipedia.org/>
- *Modulación Digital. Comunicaciones Eléctricas.*
Leslie Murray. leslie@eie.fceia.unr.edu.ar
Área de Comunicaciones Eléctricas Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario
<http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Comunicaciones/ModDig.pdf>
- *Métodos de Modulación Digital*
Con referencia a los métodos de modulación digital usados en los sistemas radioeléctricos.
Sobre la modulación PSK, QAM y TCM.
<http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Radioenlaces/1502.pdf>

Válvulas y MOSFET. Diagrama de bloques del transmisor.

En un auto, cada pieza es fundamental, desde la rueda hasta el volante. Todos los componentes hacen posible que el vehículo se mueva. Pero el motor tiene el papel principal, es el alma que lo impulsa. Con la radio pasa algo similar. Las computadoras y los micrófonos se necesitan, pero el motor de la radio, el que genera las altas frecuencias para que salgan por la antena rumbo a nuestros receptores es el *transmisor*. Los actuales distan mucho del primer transmisor de ondas inventado por Hertz. Pero el fundamento sigue siendo el mismo.

Algunos transmisores siguen usando el invento de Lee de Forest, el *triodo* o *audion*, conocidos como válvulas o tubos, cuya función es transformar pequeñas corrientes eléctricas en potentes señales de alta frecuencia. Esas corrientes son las llamadas radiofrecuencias que nos sirven de portadoras y aplicadas a la antena irradian al espacio las ondas electromagnéticas. Los nuevos transmisores ya no se fabrican con tubos o válvulas. Al triodo le salió un duro rival que le restó protagonismo. Se llama *transistor* y está construido con silicio, un semiconductor abundante en la naturaleza.⁴⁰

Los transistores han revolucionado la electrónica y llevaron las válvulas casi a su extinción. Y digo casi, porque para muchos músicos es todavía preferible tener un “amplificador a tubos” para su guitarra que uno de transistores. La calidad del sonido, para los que tienen un oído privilegiado, es mucho mejor.

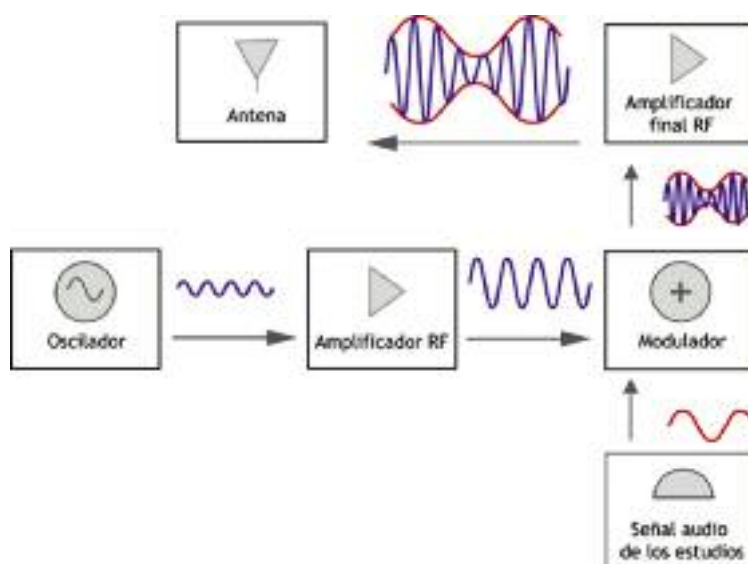


[49] Válvula o triodo.



[50] Transistor Mosfet

Pero en radiodifusión, los nuevos transmisores usan transistores y reciben el nombre de *transmisores de estado sólido*. Se construyen con transistores de tecnología MOSFET⁴¹ y son los encargados de amplificar las señales al igual que hacen los tubos o válvulas triodo.

FUNCIONAMIENTO POR BLOQUES DEL TRANSMISOR

[51] Diagrama por bloques de un transmisor.

⁴⁰ El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor que cumple funciones de amplificador y oscilador, entre otras. El término “transistor” es la contracción en inglés de transfer resistor (“resistencia de transferencia”). Actualmente, se los encuentra en todos los artefactos domésticos de uso diario: radios, televisores, grabadoras, videos... Fue el sustituto de la válvula termoiónica de tres electrodos o triodo. El transistor bipolar fue inventado en los Laboratorios Bell de EE. UU. en diciembre de 1947 por John Bardeen, Walter Houser Brattain y William Bradford Shockley, quienes fueron galardonados con el Premio Nobel de Física en 1956. <http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor>

⁴¹ Siglas de Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor o Transistores de Efecto de Campo.

La primera pieza que encontramos es el *oscilador* que, como su nombre indica, oscila o vibra generando una señal constante de alta frecuencia que usaremos como portadora.

Como la señal que genera el oscilador es muy pequeña, necesitamos aumentarla con un *amplificador de radiofrecuencia (RF)*. Ahora ya tenemos la portadora lista para recibir la señal moduladora que llega de los estudios, es decir, para ser modulada.

El *modulador* une la moduladora y la portadora. Esto lo puede hacer en frecuencia (FM) o en amplitud (AM), dependiendo del transmisor.

La señal resultante será una portadora con una frecuencia entre 88 y 108 megahercios, si se modula en FM o entre 500 y 1600 kilohercios⁴² si lo hace en AM. Por eso, los diales de las emisoras, lo que indican es la frecuencia de la señal portadora.



Estos primeros componentes reciben el nombre de *excitador*, aunque si después no tiene amplificadores, se le denomina directamente *transmisor*. Los pequeños transmisores de muchos radios son sólo excitadores que salen al aire con potencias de 10 a 50 watts.

Si hay amplificación para aumentar la potencia de la señal de salida del excitador, por ejemplo en los grandes transmisores de 1 o 5 kilowatts, decimos que el transmisor está compuesto por el *excitador más la etapa de potencia o amplificador*.

Una vez que la portadora ha sido modificada por la señal que llega de los estudios (la moduladora) *amplificamos* ambas. La potencia de amplificación dependerá del permiso que tengamos y de la capacidad del transmisor, si es de 50 watts, de 5.000 watts... Cuando hay varias etapas amplificadoras necesitamos sumar las potencias de cada uno de los módulos. Eso lo hace la *sumadora*.

Por último, llevamos la señal eléctrica de alta frecuencia desde el transmisor a la *antena*. En este paso, vigilemos que el cable no sea excesivamente largo, ya que la señal sufrirá grandes pérdidas. En caso de que la torre de las antenas sea muy alta o esté muy lejos, emplearemos cables gruesos especiales como el tipo Cellflex. Hay también que prestar especial atención a la *impedancia* del cable, pero eso lo veremos en el capítulo de las antenas.

Nunca jamás pongas a funcionar un transmisor sin tener colocada la antena o una carga fantasma, que simula serlo (*La carga fantasma es una resistencia que hace las veces de antena. Recibe la potencia del transmisor pero no la envía al aire como hace la antena. Hablaremos más sobre estas cargas en la pregunta siguiente*). Si lo haces, el transmisor quedará totalmente inservible. Es como abrir el grifo sin tener conectada la manguera. Esparciremos agua por todo el suelo. En este caso, al no tener por dónde disiparse la corriente de alta frecuencia del transmisor, es como si regresara de nuevo a los componentes dañando irreversiblemente el equipo de transmisiones.



MÁS EN EL DVD KIT

- Detallar este proceso electrónico de transformación nos supondría entender el funcionamiento técnico de componentes como resistencias, diodos o bobinas. Pero si quieres adentrarte más en este mundo de ondas que vuelan por el espacio y ver más al detalle cómo es el funcionamiento de los transmisores, puedes leer el *Manual Técnico de Radios Libres de Free Radio Berkeley* que se encuentra en el DVD-Kit.
<http://www.freeradio.org/> - <http://www.radiotupa.org/>

⁴² Dependiendo de las zonas estos márgenes pueden variar un poco.

Clasificación. Repetidoras. Marcas comerciales y caseros. Cuidados con el transmisor.

Hay muchas formas de clasificar los transmisores. Aquí lo haremos atendiendo a su construcción, a la banda en que trabajan, a su potencia y a la marca. ¡Comencemos!

POR LA BANDA EN QUE TRABAJAN

Los hay de FM, de AM, de Onda Corta. Eso si nos centramos en los transmisores de radiodifusión sonora, porque en radiocomunicaciones hay muchas otras formas de agruparlos. Por ejemplo, están los *walkie talkies* o *handys*, las emisoras de Banda Ciudadana (como las usadas por taxistas, policía y camioneros), de HF para hablar con radioaficionados de cualquier parte del mundo...

POR SU CONSTRUCCIÓN

De tubo o válvulas:

Los primeros transmisores fueron fabricados con el *audion* inventado por Lee de Forest. Los triodos o *audiones* fueron perfeccionados y aún hoy se encuentran transmisores de este tipo. Las válvulas se “gastan” y al terminar su vida útil hay que intercambiarlas. Consumen un poco más de electricidad que los modernos equipos transistorizados.

Transistores:

De tipo MOSFET (siglas de Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor o Transistores de Efecto de Campo). Uno de estos “pequeños” transistores puede llegar a ofrecer 250W de potencia. Es una tecnología de menor consumo eléctrico que los tubos, más limpia y eficaz.

POR LA POTENCIA

Los de baja potencia comienzan desde 1 watt. De ahí en adelante, la potencia que prefieras: 10, 20, 50, 100, 250, 500... Dependiendo de las marcas, puedes encontrar de otras potencias intermedias. Al llegar a 1 Kw la cosa se unifica y los siguientes equipos son de 2, 3, 5, 10, 20... En AM, sigue subiendo a 50 Kw, 100 Kw... Para seguir sumando, lo que hacemos es poner varios transmisores en serie, por ejemplo, dos de 100 para tener uno de 200 Kw, o tres y llegamos a los 300 Kw. Pero estas potencias no son muy comunes.

POR LA MARCA

No queremos hacer publicidad de alguna marca en especial, pero sí conviene que conozcas los principales fabricantes. Últimamente, han aparecido muchos vendedores pero, ojo, exige garantía y busca empresas que te den un respaldo técnico. Muchos de los transmisores “caseros” suelen estar diseñados por los mismos vendedores y, a veces, los entregan sin esquemas técnicos. Si algún día la empresa desaparece y el transmisor se daña, será difícil encontrar alguien que lo repare.

Este es un breve listado de las empresas más conocidas:

- OMB: <http://www.omb.com/es/>
Empresa española con gran presencia en el mercado latino. Precios asequibles y buena calidad. Fabrica también unidades móviles, consolas con híbridos telefónicos incorporados...
- Continental Lensa <http://www.cecchile.com>
Empresa afincada en Chile fabricante de transmisores de AM, FM, OC y TV.
- Sender <http://www.sender.cl/>
Igual que la anterior tiene sede en Chile, pero está especializada en transmisores de AM.
- Adema: <http://www.adema.com.ar/> Marca argentina que está posicionándose muy bien en el mercado.



[52] Transmisor EM5000 de OMB.

- RVR <http://www.rvrusa.com/>
Italiana, se encuentran muchos transmisores de esta marca por su buena relación calidad-precio.
- Elettronika <http://www.elettronika.it/>
También italiana. No es tan conocida pero fabrica buenos transmisores.
- Elenos <http://www.elenos.com/>
Las empresas italianas son clásicas en el mercado de transmisores. Esta es otra de ellas.
- Seratel Technology <http://www.seratel.com/>
Empresa española con transmisores de probada eficacia en condiciones extremas. Tienen precios algo elevados, pero la calidad lo merece.
- Harris <http://www.harris.com/>
Una de las clásicas marcas americanas y de mayor antigüedad. Caros pero de innegable calidad.
- Nautel: <http://www.nautel.com/>
Otras de las más clásicas, muy buena calidad pero costos poco asequibles para la mayoría de los bolsillos “comunitarios”.
- Marcas brasileña: Estas son tres de las más importantes que fabrican transmisores de radio:
JW Sat <http://www.jwsat.com.br/>
Teletronix <http://www.teletronix.com.br/>
STB Superior Technologies in Broadcasting <http://www.stb.ind.br/>

TU PROPIO TRANSMISOR

Los avances de la tecnología permiten que, sin ser un “manitas de la técnica”, puedas armar tu propio transmisor de radio con muy poco dinero. Al principio, puedes comenzar con potencias bajas, pero luego puedes ir sumando amplificadores que te permitan llegar más lejos.

Si comienzas haciendo esto por hobby, mucho cuidado con no interferir a ninguna emisora. Si tienes licencia y quieres algo artesanal, revisa el DVD-Kit. Hemos compilado una larga lista de esquemas y artículos que te guiarán en la construcción de antenas y transmisores.

CUIDADOS CON EL TRANSMISOR

Todos los equipos de una radio son importantes y necesitan sus cuidados, pero el transmisor más. Y como usualmente también es el equipo más costoso, requiere de las mejores atenciones.

LIMPIEZA

Esta buena costumbre aplica para toda la emisora, pero se debe priorizar el centro o planta de transmisiones ya que suelen estar en lugares aislados fuera de la ciudad, a veces en pleno campo, con mucho polvo que los ensucia. Hay que limpiarlos regularmente con una aspiradora. Nunca uses una escoba o cepillo para barrer el piso ya que levanta polvo que irá directo al transmisor.

El transmisor se limpia por fuera con un paño ligeramente húmedo. Por dentro puedes usar un extractor de aire, como un aspirador inverso que echa aire en vez de aspirar. Esto arranca el polvo del gabinete interno. Apaga siempre el transmisor para realizar esta limpieza. La interna, dentro de los módulos del equipo, déjasela a un técnico especialista. Esto requiere abrir los módulos y es peligroso. Si mantienes limpia toda la planta, no hace falta limpiar internamente el transmisor muy a menudo. Con una vez al año que llames al técnico es suficiente.

Vigila que todos los ventiladores del equipo funcionen correctamente. Al realizar la limpieza periódica no te olvides de ellos. Saca el polvo que siempre se acumula en las aspas.

REFRIGERACIÓN Y HUMEDAD

Es fundamental que el equipo esté bien refrigerado. Los transmisores, además de la potencia que irradian en forma de ondas electromagnéticas, disipan otra parte de esa potencia como calor. Por eso, tienen grandes disipadores, trozos de metal adosados a los transistores que absorben dicho calor.

En zonas donde la temperatura sea medianamente alta, será necesario instalar un aire acondicionado. Se le puede conectar un reloj eléctrico para que por las noches se apague solo. Otros sistemas se regulan por sí mismos dependiendo de la temperatura.

Si una instalación de este tipo se sale de tu presupuesto puedes, al menos, colocar un ventilador para que el aire caliente fluya y no se quede dentro del equipo poniéndolo en peligro por exceso de temperatura. Igualmente, hay que vigilar la humedad. Si es mucha, colocarás un humectador en lugar del aire acondicionado.

El excesivo calor también provoca condensación y si estas gotas caen sobre los circuitos de alta tensión... ¡chispas! Estás en peligro. Por cierto, ten siempre a mano, tanto en la planta de transmisiones como en los estudios, un par de extintores.⁴³

EXTRACTOR

El calor que expulsa el transmisor debe ser sacado con urgencia de la planta de transmisiones. Coloca en la parte superior de la habitación un extractor de aire y afuera instala una malla plástica o metálica para que no entre ningún insecto o roedor. Es necesario que sea en la parte superior. El aire caliente pesa menos que el frío, por lo tanto, el calor que sale del transmisor calienta el aire que enseguida sube. En las alturas, es “atrapado” por el extractor que lo sacará del cuarto.



CARGA FANTASMA

Ya dijimos, pero no cae mal repetirlo, que el transmisor no se puede prender sin estar conectado a la antena. Hay veces que, para ajustar el transmisor, hacer mediciones o arreglos, tenemos que desacoplarlo de la antena, pero necesitamos prenderlo. Para eso existen las *cargas fantasma*.⁴⁴ Son resistencias que conectamos al transmisor simulando ser una antena. Así lo podemos encender sin problemas y sin salir al aire.

[54] Carga fantasma. Cortesía de <http://www.torontosurplus.com>

PARARRAYOS Y POZO DE TIERRA

Toda torre debe tener en su punta un pararrayos y toda instalación eléctrica debe de estar conectada a un pozo a tierra para derivar las descargas eléctricas, mucho más un transmisor.

Con el tema de la electricidad siempre hay que tomar precauciones. Hay estabilizadores de corriente que evitan las variaciones y picos de tensión. Incluso existen para transmisores de 5.000 vatios o más aunque, a veces, cuestan tanto como el mismo transmisor. Son inversiones muy caras, pero que nos pueden evitar más de un disgusto. Las subidas y bajadas de tensión son una de las principales causas de daños en transmisores de estado sólido o transistorizados.

Con el transmisor limpio y cuidado pasemos, entonces, a la siguiente pregunta para conocer a sus compañeras, las antenas.

⁴³ Hay extintores de varios tipos. Puedes conseguirte uno de Polvo o de CO₂. Estos últimos son menos eficaces que los de Polvo pero, en cambio, dañan menos los equipos.

⁴⁴ También se las conoce como antena *fantasma* o antena artificial. En inglés Dummy Load.

Funcionamiento. Balizas.

La primera vez que se usó el término *antena* fue para bautizar los apéndices de algunos insectos que les sirven para orientarse, oler, saborear y *escuchar*. Es por esto que al crear aparatos que “escuchaban” las ondas electromagnéticas los bautizaron también con el nombre de *antenas*.

Y eso es lo que hace básicamente una antena, escuchar. Escuchar y transmitir, porque una misma antena sirve tanto para recibir como para emitir las ondas de radio.⁴⁵



[55] Insecto “palpando” con sus antenas.

Si la antena transmite, decimos que tiene un papel *activo*: se le aplica una corriente de alta frecuencia e irradia ondas al espacio.

Si funciona como receptora, decimos que es *pasiva*: no se le aplica señal, recibe las ondas electromagnéticas que hay en el aire y las entrega a un receptor para que sean demoduladas y transformadas en sonidos.



Cuando estudiamos música nos enseñan un diapason, una especie de U metálica que, al golpearla, emite vibraciones. Vibra a una frecuencia de 440 Hz, con la que se afinan los instrumentos en la nota musical LA. Esa vibración viaja hasta nuestro oído impactando el tímpano para luego ser interpretada por el cerebro como un sonido.

La antena funciona de forma similar. Es un cable o elemento conductor que se basa en el principio del electromagnetismo: *al hacer circular una corriente de alta frecuencia a través de un conductor, éste genera un campo magnético a su alrededor y emite ondas que tienen un componente eléctrico y otro magnético*. Son las famosas ondas Hertzianas o electromagnéticas que viajan por el espacio abierto hasta que se debilitan y desaparecen.

[56] Diapasón

¿TODO CABLE ELÉCTRICO ES UNA ANTENA?

Podríamos decir que sí, tanto emisora como receptora. La diferencia es la frecuencia y la potencia de las ondas que circulan por ese cable conductor. Cuando son bajas frecuencias, como un cable de sonido, no hay problema. Pero si son cables de electricidad, como enchufes o tomacorrientes, podemos tener complicaciones ya que estos campos magnéticos se traducen en ruidos. Por eso, a la hora de instalar nuestro estudio o cabina de radio, nunca debemos colocar juntos los cables de sonido y los cables eléctricos.

Volviendo al ejemplo del diapason, la antena, en vez de ser golpeada, recibe una corriente de alta frecuencia del transmisor. Esa corriente es la suma de la señal portadora y la señal moduladora. La antena genera, entonces, vibraciones en forma de ondas electromagnéticas.

⁴⁵ El tema de las antenas es extremadamente amplio. Hay libros y libros sobre ellas. En ésta y las dos siguientes preguntas haremos un acercamiento en profundidad, pero vas a encontrar multitud de libros y referencias para ampliar en el DVD-Kit.

En su viaje, las ondas encontrarán antenas receptoras que las “atrapan” y se revierte la ley del electromagnetismo. Cuando a la antena receptora le llega la onda electromagnética, ésta induce una corriente de alta frecuencia en la antena. El receptor de radio se encarga de demodularla, desechando la frecuencia portadora y extrayendo los sonidos (señal moduladora).

Si te das cuenta, las antenas emisoras son como grandes cuerdas vocales que vibran y esas vibraciones u ondas las recibe la antena receptora que es como un oído gigante capaz de transformarlas en música, palabras o imágenes de televisión.

¡ASÍ SE HACE LA RADIO!

Acabamos de cerrar en este momento el ciclo completo que hace un sonido desde que se produce en los estudios de radio hasta que llega a nuestros aparatos receptores.)

Tu voz produce vibraciones que se transforman en electricidad de baja potencia con la ayuda de un micrófono (*transductor*).

La señal eléctrica en que se ha transformado tu voz (*moduladora*) es llevada al transmisor. Allí la sumamos con una señal de alta frecuencia o radiofrecuencia (*portadora*).

Esta corriente eléctrica, resultado de la suma de la moduladora y la portadora (*proceso de modulación*), pasa a la antena por medio de un cable.

La antena, como todo conductor que recibe una corriente, genera a su alrededor un campo electromagnético en forma de ondas (*principio del electromagnetismo*). Estas ondas, como tienen alta frecuencia y gran potencia, recorren kilómetros llevando tu voz en forma de electricidad dentro de ellas.

Las antenas receptoras, al captar las ondas, generan una corriente eléctrica similar a la que reciben. Esa señal es entregada al receptor que separa tu voz (*moduladora*) de la señal de alta frecuencia (*portadora*). Esta separación es el proceso de *demodulación*.

Separadas, obtenemos la misma señal eléctrica en que el micrófono transformó tu voz. Ahora, con un aparato que trabaja de forma inversa a los micrófonos, llamados altavoces o parlantes, podemos volver a escuchar tu voz a cientos de kilómetros de donde fue emitida.

¡Y todo este proceso se realiza en milésimas de segundos!

Es la magia de la radiocomunicación.

¿ES LO MISMO UNA ANTENA QUE UNA TORRE?

No, aunque es usual confundirlas. La *torre o mástil* es el soporte metálico donde colocamos las antenas que están conectadas al transmisor por un cable llamado *coaxial*.



[57] Diferentes parte de una torre.

En las FM hay antenas de diferentes tipos, pero las más usadas son los *dipolos*. Se pueden colocar en un pequeño mástil o incluso encaramarlas en lo alto de un campanario. Con las antenas de AM la cosa no es tan sencilla. Usamos conductores muy largos que trepan por la torre que se convierte también en antena, como veremos en las siguientes preguntas.

Otros elementos de las torres que no son antenas son las *balizas* y *pararrayos*. Las primeras son las luces rojas que indican la altura de la torre para que ningún piloto despistado se la lleve con su avión. Durante el día, las torres se distinguen por la combinación de colores blanco y rojo. El *pararrayos* debe estar conectado a un pozo a tierra en la base de la torre tanto en AM como en FM.

Tamaño, impedancia, polaridad, directividad, ganancia, ROE.

Las antenas son los *oídos de las ondas electromagnéticas*. Los primeros prototipos se construyeron para “capturar tormentas” y estudiar así los fenómenos eléctricos naturales. Eran largos cables metálicos que estiraban con la ayuda de una cometa.

Las cometas o barriletes, como se les dice en Argentina, fueron por mucho tiempo sustitutos de las actuales torres. En vez de construir altas estructuras para estirar el cable conductor que hace de antena, se levantaban grandes *barriletes* que tensaban el cable, logrando así captar y transmitir señales a miles de kilómetros.

ANTENAS BARRILETE



[58] Volando antenas-barrilete en Bernal, Argentina. Cortesía de <http://www.pagina12.com.ar/> - AGN

Marconi hizo sus primeras pruebas con este tipo de antenas, también en América Latina, concretamente en Argentina, que ha sido pionera de la radiodifusión desde sus inicios. En la localidad de Bernal, el mismísimo Guillermo Marconi envió y recibió señales de radiotelegrafía sin hilos ayudado de enormes barriletes, estableciendo comunicaciones por *morse* desde Bernal hasta Canadá e Irlanda a más de 9 mil y 10 mil kilómetros respectivamente.⁴⁶

Las antenas se fueron perfeccionando hasta llegar a una inmensa variedad que nos permite “escuchar” las ondas de radio, televisión o telefonía celular entre otras muchas. Veamos sus principales características.

TAMAÑO⁴⁷

Hay una relación muy estrecha entre la frecuencia y el tamaño o tipo de antena. Como vimos, cada frecuencia equivale a una longitud de onda. Esta longitud determina el tamaño de la antena. A mayor frecuencia, tenemos longitud de onda menor y, por lo tanto, una antena más pequeña. A menores frecuencias, la longitud de onda crece y, por lo tanto, las antenas también.

Por ejemplo, las radios de AM que transmiten entre 500 y 1.600 kilohercios tienen antenas muchos más grandes que las de FM que lo hacen en frecuencias mayores, entre 88 y 108 Megahercios.⁴⁸

Las primeras antenas de radiotelegrafía sin hilos eran inmensas ya que se transmitía en frecuencias muy bajas. Cuando Lee De Forest inventó el triodo, se pudieron modular las señales a frecuencias más altas y, por ende, tener antenas mucho más pequeñas.

IMPEDANCIA

Cada equipo electrónico, al conectarse a otro, presenta una resistencia, un *impedimento* al paso de la corriente eléctrica. La suma de todos estos impedimentos se llama *impedancia*. El *ohmio* es la unidad de medida de las impedancias y este es su símbolo Ω . En radio se trabaja con impedancias de 50 Ω , en video generalmente con 75 Ω . Al comprar un cable coaxial para antenas, especificaremos que es para radio y que lo queremos con una impedancia de 50 Ω . De lo contrario, podemos dañar al transmisor.

⁴⁶ Gracias por este dato a Paula Costanzo y todo el equipo de Radio Ahijuna en Quilmes, Argentina. Tienes un esquema de un barrilete similar al empleado por Marconi en el DVD-Kit cortesía de J. Miguel Suay y <http://www.lokaku.com/marconi/>

⁴⁷ De cómo calcular el tamaño de los dipolos hablaremos en la siguiente pregunta.

⁴⁸ Aunque en FM los números son más pequeños, recuerda que están expresados en unidades mayores, *megahercios*. 88 Mhz son 88.000 kilohercios.

ROE

Precisamente, si no está bien ajustada la impedancia del cable que va del transmisor a la antena, aparece la ROE o *Relación de Ondas Estacionarias*, más conocido por su nombre y siglas en inglés *Standing Wave Ratio* (SWR).



[59] Vatímetro para medir tanto la potencia directa como la reflejada.

Este desajuste o desacople produce una *potencia reflejada*. Para saber si nuestro transmisor tiene esta potencia indeseada se usa un *vatímetro*. Es un medidor que nos permite conocer tanto la potencia directa como la reflejada. Tener una ROE superior a 1,5 watt es extremadamente riesgoso y si el transmisor no tiene un buen sistema de protección estará en serios problemas.

La ROE no se presenta solamente en los transmisores de radio. Con cualquier aparato de radiocomunicaciones que se conecte a una antena, podemos tener el mismo problema, por ejemplo, con equipos de radioaficionados, radioenlaces, equipos de Internet Wi-Fi... Por eso, siempre es conveniente tener un vatímetro a mano o intercalado entre la antena y el transmisor.

Esa falta de acople entre transmisor y antena que provoca la ROE puede agravarse por otros factores haciendo que aumente la potencia reflejada:

- Una mala medida de las antenas, más largas o más cortas de lo que corresponde.
- Agua o excesiva suciedad en las conexiones del cable con las antenas.
- Un cable con impedancia que no corresponde al transmisor, por ejemplo, usar cable de 75 Ω para equipos de radio.
- Cuando el cable coaxial que conecta transmisor y antenas está abollado, muy deteriorado por las condiciones del clima, sol y lluvia o tiene rota la funda plástica exterior.

POLARIDAD

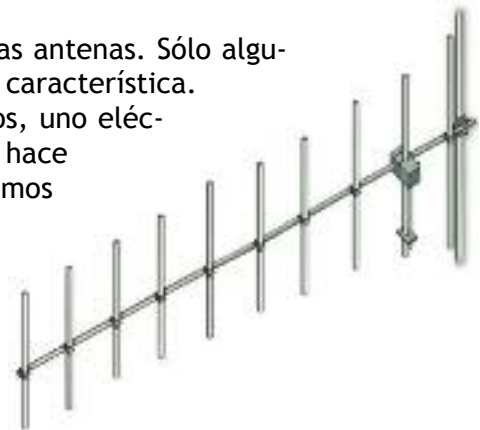
La polaridad está relacionada con la forma en que colocamos las antenas. Sólo algunos tipos de antenas, como las *Yagi*, están afectadas por esta característica.

Recordemos que las ondas electromagnéticas tienen dos campos, uno eléctrico que se desplaza en sentido vertical y otro magnético que lo hace en sentido horizontal. Para determinar la polarización tomamos como referencia el campo eléctrico.

Las antenas que están polarizadas verticalmente son las que emiten el campo eléctrico de forma *vertical* y así mismo están colocadas en el mástil. Las de polarización *horizontal* están colocadas de esa forma y el campo eléctrico se desplaza ahora horizontalmente.

¿En qué influye esto? Sobre todo, a la hora de hacer comunicaciones directas, por ejemplo, mandar la señal de un estudio a una planta de transmisiones. En ese caso, se usa un radioenlace, de los que hablaremos en la pregunta 24. Hay siempre dos radioenlaces, uno manda la señal (*transmisor TX*) y otro la recibe (*receptor RX*). Para que esto suceda sin pérdidas es necesario que las antenas de ambos equipos se encuentren polarizadas de la misma forma.

Para transmisiones de FM cada vez se utilizan más las antenas de polarización *circular*. De esta forma, independientemente de la ubicación de las antenas receptoras, la señal llegará con nitidez.



[60] Antena polarizada verticalmente. Cortesía de <http://www.rvrusa.com/>



[61] Dipolo circular para FM modelo ACPO de <http://www.rvrusa.com/>

DIRECTIVIDAD

Indica las zonas hacia donde la antena irradia la potencia. La dirección de las antenas se observa en los patrones de directividad.

Omnidireccionales: Irradian uniformemente a todas partes por igual. Crea una especie de círculo alrededor de la antena. Se usan para señales de baja frecuencia como la Onda Corta o AM.

Direccionales. La mayor potencia será disipada en la dirección hacia donde estén colocadas o dirigidas las antenas y poco por la parte lateral o trasera. Se emplean en transmisiones de Alta Frecuencia, como las de FM.



[62] Diferentes patrones de radiación.



SISTEMA DE DIPOLOS DE POLARIZACIÓN CIRCULAR



Cuando tenemos un sistema de antenas de varios dipolos, no ganamos directividad si colocamos cada uno de ellos mirando para un lado. El principio para que estos sistemas irradien la máxima potencia es que todos estén alineados en el mismo eje, como se puede ver en la imagen. Además, debemos colocar un *distribuidor de potencia* o *línea de enfasado*, que divide la potencia que llega del transmisor entre los diferentes dipolos.

GANANCIA

En las antenas omnidireccionales la potencia se reparte en todas direcciones y llega con menos intensidad que si la concentramos. Por eso, las antenas direccionales, al no dispersar la señal, tienen *ganancia*. Estas antenas aumentan la potencia que reciben del transmisor. Dependiendo del valor de su ganancia, si el transmisor le entrega 500 watts, la antena aumentará dicha potencia a 600 watts.⁴⁹ La ganancia viene expresada en decibelios, por ejemplo, + 3db.⁵⁰

Ahora que ya conocemos las características de estos *oidos electromagnéticos*, nos faltaría, para terminar, saber qué tipos de antenas existen y para qué sirve cada una de ellas. Las respuestas en la siguiente pregunta.



MÁS EN EL DVD KIT

- Una de las mayores complejidades a la hora de trabajar con equipos de radiocomunicación es la potencia reflejada. Para ampliar más el tema hemos incluido el artículo *ROE y líneas de transmisión* del Ing. Daniel Pérez LW1ECP <http://www.qsl.net/lw1ecp/ROE/roe.htm>

⁴⁹ La suma de la potencia que entrega el transmisor con la ganancia que proporciona la antena es lo que se conoce como Potencia Radiada Efectiva.

⁵⁰ Si te interesa saber cómo se hacen los cálculos para obtener la ganancia de una antena, tienes el detalle en el DVD-Kit.

Redondas o cuadradas, pequeñas, largas o gigantescas. En pocos equipos de radio existe tanta variedad como en las antenas. Infinidad de modelos para una inmensidad de usos.

TIPOS DE ANTENA

1. ANTENA DIPOLO SIMPLE

De forma general, llamamos *dipolo* al elemento principal de la antena, al que irradia las ondas. Este tipo de antenas es la más sencilla que existe y la más fácil de fabricar. Es un cable o elemento conductor partido por la mitad al que se conecta el cable coaxial que llega del transmisor.

En la pregunta 6 hablamos de la longitud de onda y dijimos que esa magnitud es fundamental en la construcción de las antenas. Aquí tienes el motivo. El dipolo o cable conductor tiene que medir la mitad de la longitud de onda de la frecuencia en la que queremos transmitir.



La longitud de onda se obtiene dividiendo la velocidad de la luz entre la frecuencia. Como este dipolo es la mitad de la longitud de onda, podemos dejar la fórmula de esta manera para calcular una antena dipolo de 20 Mhz:

$$\text{Longitud dipolo} = 142,5 / F \text{ (en Megahercios)}^{51}$$

$$L = 142,5 / 20 \text{ Mhz} = 7,125 \text{ metros}$$

Los 7 metros son el largo total del dipolo. Ahora, lo tendremos que dividir a la mitad y conectar cada parte a uno de los dos extremos del cable coaxial que llega del transmisor, el negativo y el positivo.

Este tipo de antenas de dipolo simple se pueden usar para transmisiones de HF que son comunicaciones de larga distancia. También se usan antenas de dipolo simple para emisoras de FM. En este caso, al ser frecuencias muy superiores, se emplean dipolos mucho más pequeños. En vez de media onda, son de un cuarto. Los dipolos de una FM, dependiendo de su frecuencia, tienen un tamaño aproximado de un metro.

Las antenas dipolo para las FM o comunicaciones con Walkie-Talkie se pueden comprar ajustadas a una determinada frecuencia o multibanda que sirva para todas las bandas. También existen las sintonizables, donde los dipolos vienen con un sistema de tornillos que permite ajustarlas a la frecuencia de nuestro equipo.⁵²



[65] Dipolo vertical para FM.
Modelo AJ1F de <http://www.rvrusa.com/>

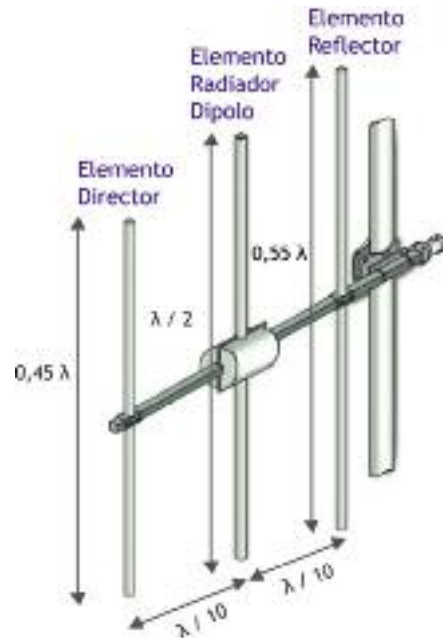
⁵¹ Lo que hacemos es dividir entre 2 la velocidad de la luz. $300.000 / 2 = 150.000$. Colocamos 142.5 en vez de 150 por el *factor de corrección* que se aplica para un ajuste más exacto, donde recortamos aproximadamente un 5% la longitud de cada parte del dipolo. No ponemos 142.500 ya que la frecuencia se toma en megahercios. De esta forma abreviada es más fácil calcular el largo de los dipolos. Estos cálculos suelen ser un tanto complejos. Por eso, en esta Web tienes una calculadora automática para saber la longitud de onda que requieras. <http://www.wavelengthcalculator.com/>

⁵² Para saber cómo, en el DVD-Kit está el Manual de Ajuste de la antena ACP0 de la marca RVR USA. <http://www.rvrusa.com>

2. ANTENAS TIPO YAGI

Son usadas en FM como antenas receptoras o para radioenlaces, aunque la mayor parte de Yagis que vemos en los tejados son antenas para recibir los canales de TV.

La particularidad de este tipo de antenas es que tienen varios elementos. Esto aporta dos ventajas: son muy *directivas*, ya que los elementos adicionales, llamados precisamente *directores*, tienen la misión de dirigir la señal hacia un solo lugar; la otra ventaja es su *ganancia* que aumenta con los elementos directores.



[66] En las antenas Yagi, a mayor número de elementos, mayor directividad y mayor ganancia. Pero la construcción de estas antenas respecto al tamaño y distancia de separación de cada elemento no es aleatoria como puedes ver en la imagen. Tienes todos los detalles en el DVD-Kit.

3. ANTENA VERTICAL

Son las antenas usadas para transmitir en AM. La torre está separada de la base de hormigón por un aislador, por lo general de cerámica, que aísla por completo la torre de la tierra.

Antes de que el cable llegue a la torre tiene que pasar por la *caja de sintonía*. Esta caja contiene una serie de bobinas para realizar un ajuste o acople de impedancias.



[67] Caja de sintonía



[68] Modelo de torre AM con monopolo plegado

Por ejemplo, una emisora de 560 KHz tendrá una antena de más de 250 metros. Mientras que en el otro extremo del dial, una antena en 1330 KHz tendrá una altura aproximada de 100 metros, a no ser que usemos modelos como el monopolo plegado, donde la altura que cuenta es la de los 6 cables, no tanto la de la torre.⁵³

Pero la antena de AM no es sólo el conductor erguido que se ve 100 metros por encima del suelo. Bajo tierra se esconde el secreto de estas transmisiones. Para que fluya la electricidad deben existir dos polos. Por lo tanto, toda antena tiene un plano positivo y otro negativo. El negativo suele ser la misma tierra. Muchas veces, esta tierra no es lo suficientemente conductora como para que la señal de la radio salga con buena calidad. Por eso, fabricamos un “plano de tierra” enterrando bajo ella, a unos 25 cm, cables de cobre desnudos conectados al negativo o masa de la caja de sintonía. Estos cables se conocen *como radiales*.

Este tipo de antenas son omnidireccionales, por lo tanto, no tienen ganancia. La potencia con la que transmitimos es la potencia nominal del transmisor.

En el DVD-Kit tienes un video explicativo de las antenas de AM grabado en el centro de transmisión de Radio Casa de la Cultura de Quito, Ecuador. Un especial agradecimiento para su director, Patricio Álvaro por todas las facilidades y el apoyo brindado.

4. OTRAS ANTENAS

Parabólicas

Son antenas usadas para recibir señales de satélites, enlaces por microondas y otras telecomunicaciones a grandes distancias. Su *plato* es lo más característico. En él se recogen las ondas que llegan y son reflejadas convergiendo todas al centro donde se encuentra el foco que recibe la suma de ellas.

Dependiendo de dónde se coloque el foco, tendremos antenas parabólicas de foco central, lateral y las de doble receptor o Cassegrain.

Radioaficionados

Sería difícil recoger aquí la cantidad de antenas que instalan los radioaficionados. Depende mucho de la banda en la que trabajen. Algunas son enormes instalaciones de diferentes dipolos y otras, varas largas que se usan como antenas verticales sobre los carros.

Paneles

Se ven mucho por su uso para telefonía celular. Estos paneles, igualmente, sirven para las conexiones de Internet inalámbrico.

Antenas “invisibles”

Antiguamente, los celulares traían una antena que debíamos estirar para escuchar mejor. Ahora, casi ningún teléfono celular o inalámbrico tiene antenas externas, pero todos llevan la suya por dentro. La ventaja es que, como los celulares trabajan a frecuencias muy altas, la longitud de onda es muy pequeña. Esto permite que las antenas también lo sean y que el mismo teléfono actúe como si fuera una.



[69] Diferentes tipos de parabólicas.

⁵³ Más detalles sobre este tipo de antenas en el folleto explicativo de los fabricantes argentinos Adema: <http://www.adema.com.ar/> Incluido en el DVD-Kit.

Cuando compramos una antena o pedimos a algún técnico que nos la fabrique, nos fijaremos mucho en todos los detalles. Las soldaduras en las conexiones, la robustez del material empleado para su construcción, si está protegida contra el óxido y la corrosión... Parecen cosas insignificantes, pero no lo son en una antena. Recuerda que estos equipos pasan todo el tiempo a la intemperie sufriendo las inclemencias de la lluvia y el viento. Compra antenas robustas, con protección anticorrosiva, buenos herrajes de fijación a la torre y perfectas uniones de los elementos.



MÁS EN EL DVD KIT

- *Radiación y Propagación*. Open Course Ware de la Universidad Politécnica de Madrid. Manuel Sierra Castañer, José Luis Besada Sanmartín y Leandro de Haro Ariet. <http://ocw.upm.es>
- *Antenas*. Open Course Ware del Departamento de Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. Miguel Ferrando y Alejandro Valero. <http://ocw.upv.es/>
- *Antenas para Onda Media*. Ing. Marcial López Tafur. Universidad Nacional de Ingeniería del Perú. <http://www.uni.edu.pe/>
- *La polarización circular*. Juan Antonio Fernández Montaña, EA4CYQ. Artículo publicado en la Revista de Unión de Radioaficionados Españoles, Julio de 2006. <http://www.ure.es/>
- Diferentes Hojas técnicas y catálogos de antenas de:
<http://www.rvrusa.com/> - <http://www.telecfce.it/> - <http://www.antenas.com/>

Ganar distancia. Repetidoras. SPLAT.

Llegamos a la pregunta del millón. Esta es una de las interrogantes que más se recibe en el consultorio técnico de Radialistas y que, de seguro, a casi todos los técnicos de radio les han formulado.

En realidad es casi imposible responder esta pregunta de forma exacta. Para llegar a tablas detalladas, se deben conocer las características concretas de cada emisora, equipo y lugar geográfico. Por este motivo es muy difícil obtener una fórmula mágica para decir que con 1 watt llegas a 1 kilómetro de distancia. No siempre es así por la cantidad de variables que entran en juego a la hora de determinar un área de cobertura.

Pero no desistamos. Veamos los factores que intervienen para entender el proceso y contestar la interrogante.

La potencia

Es el factor principal. Por eso, se toma como valor referente para las tablas de distancia. A mayor potencia mayor cobertura. Su medida son los Watt.

La frecuencia

También influye para la distancia la frecuencia del dial por la que transmite una emisora. Las frecuencias más bajas tienden a llegar más lejos. Es decir, que para las mismas condiciones de lugar, potencia y todas las demás que veremos, una radio en el 88 MHz llegará un poco más lejos que una en el 108 MHz. No hay tanta diferencia en FM, pero sí con las radios AM.

La antena

Las antenas de FM tienen *ganancia*. Es decir, aumentan la potencia que les llega del transmisor. Dependiendo del tipo de antena y del número de dipolos con que cuentan, tendremos posibilidades de llegar más lejos. A mayor ganancia, mayor alcance. Hay sistemas de antenas que tienen más de un dipolo irradiador. A mayor número de dipolos, mayor ganancia y mayor cobertura.

Las antenas de AM irradian en todas las direcciones. En cuanto a las de FM, depende de hacia dónde las dirigamos, es decir, de su *orientación*. Esto también influye en el área de cobertura.

La *altura* de las antenas. En FM, a mayor altura mejor cobertura de la señal y mayor alcance.

El terreno

La topografía del terreno determina mucho el alcance de una transmisión. Aunque parezca mentira, nuestro entorno condiciona en gran medida la calidad y el alcance de la señal. Los cerros o edificios van debilitando la señal de las emisoras FM, pero los ríos y la vegetación húmeda ayudan a que éstas viajen más lejos. Los suelos secos también debilitan las ondas de AM.

El clima

Las transmisiones en AM son fuertemente afectadas por el clima. Las tormentas eléctricas, además de meter ruidos, disminuyen la cobertura.

Construyamos ahora una tabla de coberturas aproximadas, partiendo de las siguientes condiciones óptimas:

- Transmisor con el 100% de potencia nominal. Si indica que es de 1 w, esa será su potencia real.
- Mínimas pérdidas en el sistema. Si la longitud del cable que une el transmisor con la antena es muy larga, habrá pérdidas de potencia. También se pierde entre los diferentes conectores del sistema.
- Para la tabla FM, usaremos antenas con ganancia + 6 db situadas en un cerro por encima de todos los edificios de la ciudad. La distancia máxima de cobertura está calculada para el lugar hacia donde están orientados los dipolos de la antena.

- **Clima.** Sin tormentas y con una humedad relativa moderada en el ambiente.
- **Terreno.** Plano, sin grandes montañas u obstáculos que dificulten la propagación de la señal.
- **Hora del día.** En FM no influye, pero para AM constan distancias diferentes para el día y para la noche.



EN FM

Potencia

Distancia en línea recta

1 watt

1 a 5 Km.

5 watts

5 a 10 Km.

15 watt

Máximo 15 Km.

25 watt

Máximo 20 Km.

50 a 100 watt

25 a 35 Km

1.000 watt (1 Kw)

50 km

2.000 watt (2 Kw)

100 Km

5.000 watt (5 Kw)

Máximo 150 - 200 Km (óptimas condiciones, cerca de ríos que ayuden a la propagación)

EN AM

Potencia (en Watts)

Distancia por el día

Distancia por la noche

1.000 watt (1 Kw)

100-150 Km.

200-250 Km.

5.000 watt (5 Kw)

150-200 Km.

300-350 Km.

10.000 watt (10 Kw)

200-250 Km.

400-450 Km.

20.000 watt (20 Kw)

250-300 Km.

450-500 Km.

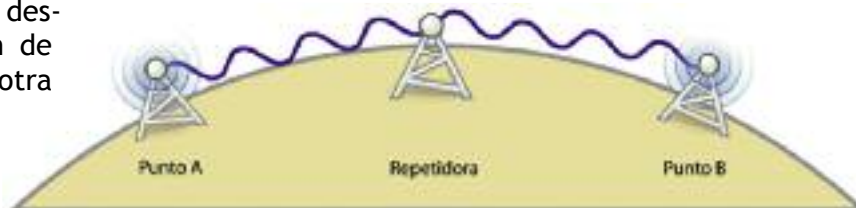
REPETIDORAS

Las ondas electromagnéticas no se desplazan indefinidamente. Se van atenuando a medida que aumenta la distancia hasta que desaparecen. Cuanto más nos alejamos del punto de transmisión, más se desvanece la señal y peor se recibe. Mientras exista una calidad de señal aceptable que permita la recepción completa del programa o de la música, se dice que existe cobertura. Pero al igual que a un vehículo se le termina la gasolina, a las ondas también. En ese momento aparecen las bombas o gasolineras de las ondas electromagnéticas que son las *repetidoras*.

Para aumentar la cobertura de una emisora instalamos repetidoras que, como su nombre indica, repiten la señal. Es un sistema muy sencillo. Supongamos que emito mi noticiero desde la ciudad de Quito con dos mil watts de potencia. Un poco más al norte, a unos 80 kilómetros, se encuentra Cayambe, al pie del volcán que da nombre a la ciudad. La señal de radio 88.0 FM llega bien, pero las poblaciones más al norte ya no la reciben.

Para solucionarlo, instalo un receptor de radio para “bajar” la señal de la 88.0 FM que ingreso a un nuevo transmisor de 2 mil watts situado en Cayambe. Con sus respectivas antenas puedo mandar de nuevo la señal al aire y cubrir el resto de comunidades que quedan más al norte.⁵⁴

Las radios que tienen circuitos nacionales de repetidoras usan un sistema similar pero se ayudan de satélites para mandar la señal a largas distancias. Desde la emisora matriz donde se generan los contenidos, se envía la señal a uno de estos satélites, de los que hablaremos en la pregunta 49. Luego, desde cada emisora repetidora o “encadenada”, con antenas parabólicas, se descargan los programas y los sacan de nuevo al aire en la misma o en otra frecuencia que la emisora matriz.



[70]

SPLAT!

Charles Escobar es un ingeniero y radiodifusor ecuatoriano, promotor incansable del Software Libre. Charles ha trabajado mucho tiempo adaptando al español la versión original de una herramienta de Software Libre de Telecomunicaciones llamada SPLAT. Este programa está diseñado para realizar cálculos de enlaces o de predicción de cobertura para ser utilizada por radios comunitarias, así como por técnicos y estudiantes del área de telecomunicaciones. Tienes el Manual y una Guía de Uso en el DVD-Kit.

Sitio en español de SPLAT: <http://propagacion.asle.ec>

Sitio Oficial de SPLAT: <http://www.qsl.net/kd2bd/splat.html>

⁵⁴ Este es un ejemplo ficticio para entender el funcionamiento de las repetidoras. Pero no son ficticios los permisos que hay que solicitar para hacerlo. No se pueden instalar indiscriminadamente repetidoras por donde la radio quiera. Al tener que usar una frecuencia del espectro radioeléctrico es necesario solicitar una concesión o licencia. En cada país existe una regulación diferente.



Probablemente, en el mundo de la radiodifusión, las siglas más utilizadas son FM y AM. En preguntas anteriores, hablamos de su significado pero, ¿qué diferencias básicas hay entre transmitir de una o de otra forma? ¿Qué es más conveniente?

En primer lugar, e independientemente de las características de cada sistema, poca gente solicita ya permisos de transmisión en Amplitud Modulada. Hay una concepción generalizada de que la AM es anticuada, de mala calidad y para un público adulto-mayor con programas tradicionales e informativos.⁵⁵

Esto es fácil de explicar. La modulación en amplitud fue la primera que se usó para hacer radio. Por ello, las emisoras pioneras comenzaron en AM. Al aparecer la modulación en frecuencia (FM) por los años 30, las radios fueron reticentes a cambiarse a este sistema del que todavía desconfiaban. Fueron las radios musicales las que se adueñaron de la nueva banda de radiodifusión por la mejor calidad de las transmisiones. ¡Era ideal para la radio-fórmula que invadía los diales con sus jóvenes Discjockeys!

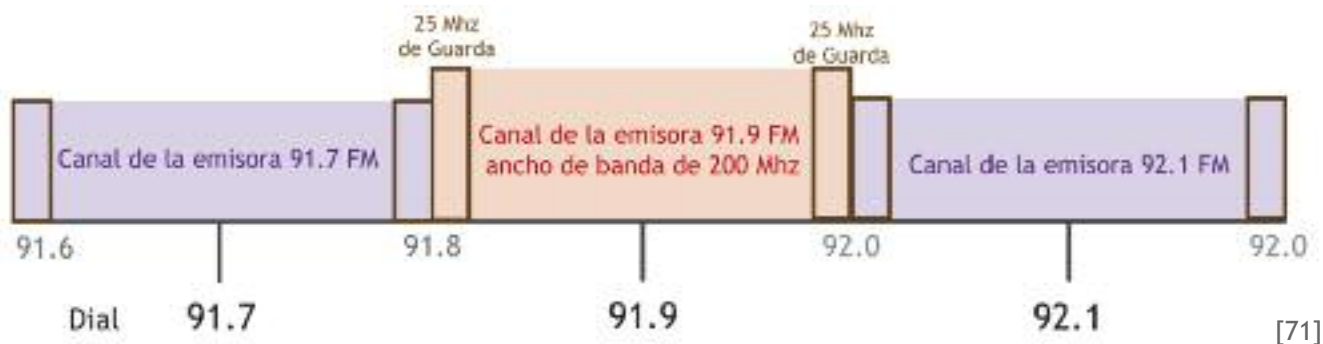
Años después, algunas AM comenzaron a migrar a canales FM, aunque muchas siguieron, hasta hoy, manteniendo ambas frecuencias: por Amplitud Modulada mantienen programas de corte informativo y en Frecuencia Modulada programas juveniles y musicales.

Más allá de los aspectos asociados al público, hay algunas características técnicas que hacen más conveniente la instalación de radios AM que FM y viceversa.

CALIDAD

En este punto, hay poco que decir. La AM está muy por debajo de la modulación patentada por el neoyorquino Edwin Howard Armstrong en 1933, la FM. De hecho, la mayor preocupación para muchos inventores desde que surgió la radio, fue precisamente ésa, mejorar la calidad de la transmisión. Esta búsqueda de una mayor fidelidad se logró con la llegada de la FM. Por fin, la radio se escuchaba con un sonido limpio y nítido. Aunque modular en amplitud resultaba más sencillo que en frecuencia, por la mejor calidad merecía la pena el esfuerzo técnico.

Y la calidad, en radiocomunicación, se gana a base de espacio. Mientras que el canal de AM tiene un ancho de banda de 10 KHz en el continente americano y de 9 KHz en el resto del mundo, el canal de las FM está en 200 KHz. A mayor ancho de banda, mayor cantidad de información y mejor calidad.



⁵⁵ En el DVD-Kit tienes una investigación realizada en Argentina sobre la diferencia de audiencias en ambas bandas. FUENTE IBOPE. Período Sep-Nov 2005. <http://www.ibope.com.ar/>

Si te fijas, ésta es la diferencia entre los canales que se asignan en FM. Una emisora, por ejemplo, transmite en 91.9 MHz (que son 91.900 kilohercios), mientras que la anterior en 91.7 Mhz (igual a 91.700 kilohercios) y la siguiente en 92.1 Mhz (que son 92.100 kilohercios). Entre un canal y otro hay una distancia de 200 kilohercios (100 kilohercios de margen a cada lado de cada canal). En muchos países incluso dejan un canal completo intermedio libre, es decir del 91.9 pasan al 91.5 y 92.3.

Esta mayor anchura del canal en FM nos permite enviar el doble de señal, es decir, *señales estéreo*. Igualmente, podemos enviar un mini canal de datos, para mostrar en el dial del receptor el nombre de la emisora u otros textos. El servicio se llama RDS, siglas de *Radio Data System*.

Este es el presente, pero si hacemos el esfuerzo de imaginar el futuro, se viene halagüeño para las *aemes*. La migración de las señales analógicas a digitales permitirá que la AM llegue a nuestros receptores con la calidad de las actuales FM, y éstas se escucharán en calidad CD.

RUIDO

Es otro de los inconvenientes de las transmisiones en AM. Si vas en el auto escuchando el noticiero, cada vez que aceleras, parece que el locutor acelerara contigo. El ruido del motor se filtra en la emisora anulando la transmisión. Lo mismo ocurre si vas caminando con un radio portátil oyendo una AM y pasas por debajo de un tendido eléctrico de alta potencia, o si llueve y relampaguea con dureza.

Las ondas electromagnéticas de baja frecuencia son más vulnerables a los ruidos, que poco afectan a las bandas más altas. El motivo es sencillo. Los ruidos se producen en las amplitudes de las ondas. Por eso, se ven más afectadas las radios que modulan en amplitud.

El problema del ruido también mejorará cuando las transmisiones de AM se hagan con señales digitales.

COBERTURA

Si la FM supera con creces a la AM en lo que a calidad se refiere, en cuanto al alcance de la señal es lo contrario. La clave está en las diferentes formas que tienen las ondas al desplazarse. Las radios que transmiten en FM trabajan en frecuencias entre 88 y 108 Megahercios. Si echamos una ojeada a la tabla que divide el espectro radioeléctrico, veremos que estas frecuencias están dentro del rango de las Muy Altas Frecuencias (VHF).⁵⁶

Las ondas electromagnéticas de este rango tienen longitudes bastante pequeñas y se desplazan por el espacio en línea recta. Esto significa que, como no tienen lugar para “apoyarse” y rebotar llegando más lejos, se atenúan rápidamente y las distancias que cubren no son muy grandes. Al contrario, las AM son de frecuencias más bajas, por lo que tienen longitudes de onda más largas. Eso les otorga una doble ventaja respecto a la FM en cuando a la cobertura:

1. ONDAS “GIGANTES”

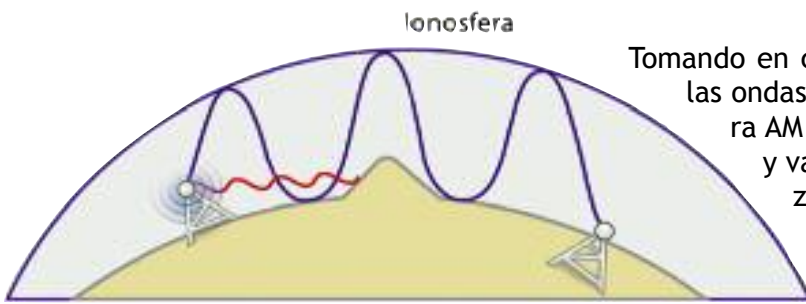
Las ondas de FM serían como cualquier persona que, caminando la ciudad y topando con un alto muro, no puede saltarlo y ahí queda detenida. Las ondas de AM, por el contrario, serían como un gigante de piernas largas. Por su altura, puede caminar sin problemas sobre los edificios y saltar obstáculos, sin que nada lo detenga. La diferencia entre la longitud de onda de la FM y la AM es muy grande. Mientras que las ondas medias, dentro de las que se encuentra la AM miden entre 100 metros (3.000 KHz) a 1.000 m (300 KHz), las ondas de VHF, entre las que se encuentran las de FM, están entre 1 metro (300 Mhz) y 10 metros (30 Mhz).

2. PROPAGACIÓN IONOSFÉRICA

Estas ondas gigantes de AM, además de tener “piernas” largas y poder saltar edificios, se desplazan rebotando en la ionosfera. Este tipo de propagación les permite alcanzar mayor cobertura, especialmente durante la noche, debido a los cambios que sufre esta capa de la atmósfera.⁵⁷

⁵⁶ Recuerda que en la pregunta 14 tienes la tabla completa del Espectro Radioeléctrico.

⁵⁷ El sol carga eléctricamente de iones la ionosfera y esto perjudica la cobertura. Por eso, las radios AM durante la noche llegan varios kilómetros más lejos que por el día.



Tomando en cuenta estas diferencias, el tamaño de las ondas y la forma de propagación, una emisora AM es conveniente en zonas con montañas y valles, mientras que la FM servirá más en zonas planas donde no hay muchas barreras para las ondas.

[72] Mientras la AM (color azul) es capaz de “saltar” las montañas, la FM (color rojo) choca contra ellas por propagarse de forma directa.



COSTOS

Las FM son más económicas que las AM, tanto en el costo de los equipos como en la instalación de los mismos. La mayor parte de la inversión en AM se la lleva la antena, que supone un terreno amplio para levantar la torre y enterrar los radiales. Los transmisores también son mucho más caros que los de FM, que inclusive los podemos fabricar nosotros mismos.

Igualmente, los costos de electricidad siempre son mayores cuando se modula en amplitud. Si nos ponemos a sumar la diferencia en un año, para potencias similares, puede superar con creces dos o tres mil dólares en los recibos eléctricos.

Además de las ventajas o inconvenientes técnicos están los legales. No en todos los lugares se puede escoger una frecuencia. Hay poblaciones que tienen saturado el espectro de FM y los nuevos solicitantes deben conformarse y concursar por una AM. En otros países, a unos tipos de emisoras, como las comunitarias, sólo se les permite ocupar el espectro de FM. Por eso, la elección entre una y otra, no es siempre una cuestión de preferencias personales o ventajas técnicas.

Corría el año 2000. Después de casi dos horas de vuelo en una avioneta Cessna de 8 pasajeros, llegué a Maroa, una pequeña población al sur del Amazonas venezolano. Allí me esperaba el padre Antonio van Maanen, un entrañable sacerdote salesiano, llegado desde Holanda en las primeras expediciones misioneras a la selva latinoamericana. El objetivo de mi visita era instalar el radiocomunicador de HF que usaría el vocero comunitario de aquella población.

Dada la escasez de hoteles, aproveché la hospitalidad del padre Antonio. A las 7 en punto de la noche, con apuro terminó la sopa y salió corriendo a su cuarto. De regreso, traía un viejo receptor de radio que hablaba en una lengua desconocida para mí. Estiró la antena y se sentó en un banco a las afueras de la casa parroquial. *Aquí es donde mejor se capta*, me dijo. De vez en cuando, reorientaba la antena para seguir escuchando el noticiero de Radio Holanda, emitido desde Amsterdam a más de 8.000 kilómetros de distancia. Yo solté una carcajada. Nuestra radio de FM con 5.000 watts jamás viajaría los escasos 500 kilómetros que separaban Puerto Ayacucho de Maroa, y él estaba ahí, sentado, enterándose de las últimas noticias de su país natal. Realmente, la onda corta no es tan corta.



La banda de onda corta ha sido la preferida por las emisoras internacionales que querían transmitir más allá de sus fronteras. También se la conoce como SW, por su nombre en inglés, *shortwave*.

La OC maneja frecuencias entre 2.300 KHz (banda tropical) a los 26.100 KHz. Estas frecuencias pertenecen a la banda de HF, Altas Frecuencias. Es el rango del espectro que va desde los 3.000 KHz. (o 3 Mhz) a los 30.000 KHz. (o 30 Mhz).

[73] Radiorreceptor de Onda Corta. El radialista costarricense Rohanny Vallejo te explica en el DVD-Kit cómo construirte uno tú mismo

Son ondas de inmenso tamaño con una propagación principalmente ionosférica. Por este motivo viajan tantos kilómetros sin cansarse, sobre todo, por las noches. Además de emisoras internacionales, estas bandas de HF son muy usadas por radioaficionados. Con equipos de buena potencia pueden obtener contactos y comunicaciones con otros colegas en cualquier parte del planeta.⁵⁸

Las radios en OC tienen ahora una competidora inesperada, la radio en línea a través de Internet. Algunas emisoras de esta banda han preferido abandonarla y subir sus señales a la Red, principalmente, porque transmitir en OC es muy costoso. Al alto precio de los transmisores hay que sumar lo que se paga de luz y el gran entramado de antenas que se necesita para tener cobertura mundial.

⁵⁸ Los radioaficionados registran sus contactos mundiales con las QSL. En el código Q, que se compone de siglas de tres letras y se utiliza en comunicaciones entre radioaficionados, significa acuse de recibo o confirmaciones de recepción de transmisión. Si transmito desde Bogotá y alguien dice recibirme desde Australia, me manda una carta sellada desde el otro continente con su código de radioaficionado y así van sumando QSL en todo el mundo. International Amateur Radio Union (IARU) - <http://www.iaru.org/>

El riesgo de hacer este tipo de predicciones sobre tecnología es que casi siempre, uno se equivoca. Las radios en Onda Corta tienen larga data. Comenzaron para difundir noticias al mundo sobre lo que pasaba en los países más grandes o con más poder económico. Para eso, distribuían sus señales en diferentes idiomas. La mayoría de estas emisoras pertenecen a los sistemas públicos de cada país. Las más conocidas han sido el servicio mundial de noticias de la BBC Británica, Radio Exterior de España, Radio Francia Internacional, Radio Nederland, La Voz de América, Radio Habana Cuba, la Voz de Rusia... Las iglesias también se percataron del potencial de la onda corta para extender sus mensajes y, por ejemplo, Radio Vaticana transmite al mundo en esta banda en múltiples idiomas. En América Latina, la emisora evangélica HCJB tiene en Quito su centro de operaciones para todo el continente y otros transmisores están en Australia.

La Guerra Fría marcó un hito en el uso de la OC. El telón de acero era un muro invisible que las ondas electromagnéticas cruzaban de lado y lado. Mensajes desde Rusia o la Alemania del Este eran enviados fuera de sus fronteras con la intención de contrarrestar el aparato informativo estadounidense y europeo. En países como España, bajo la dictadura de Franco, muchos opositores escuchaban clandestinamente las noticias que llegaban de fuera por onda corta y que informaban lo que los medios fascistas no querían contar. Lo mismo ocurrió durante las dictaduras latinoamericanas en Argentina o Chile.

Las ondas cortas han sido asociadas en múltiples ocasiones a los migrantes. Personas que tenían en estas transmisiones el único vínculo con sus países de origen. Ahora, con los correos electrónicos y las páginas Web, es difícil dimensionar la importancia que tuvieron en el pasado este tipo de radios. Las cartas se demoraban en llegar de un lado al otro del océano. Los migrantes o exiliados pasaban meses sin saber absolutamente nada de sus parientes. Poder comprar un receptor de onda corta era regresar imaginariamente a sus países.

La llegada de los satélites y, sobre todo, de las radios en Internet replanteó las cosas. Muchos gobiernos sacaron cuentas y vieron que estos servicios no eran rentables. El costo de la electricidad que consumían los transmisores y el abultado personal para emitir en varios idiomas obligó a cerrar muchas radios de onda corta, por ejemplo, Radio Suiza Internacional en el año 2004.⁵⁹ Otras muchas están recortando transmisiones y seguirán la misma suerte.

Aunque hay tecnologías digitales, como la DRM *Digital Radio Mondiale* que prometen mejorar la calidad a niveles de FM, la OC no tiene buen pronóstico. Esto no significa su desaparición total. Sus competidores, los satélites y la radio en línea, tienen la desventaja de no ser gratuitos. Por el satélite hay que pagar una cuota de suscripción y para la radio on-line se requiere ordenador y acceso a Internet. En cambio, no cuesta nada sintonizar la OC (a parte del costo puntual del receptor y lo gastemos en baterías). Tal vez eso le dará un respiro algunos años más. Veremos. O mejor dicho... ¡escucharemos!



⁵⁹ <http://www.swissinfo.ch/spa/index.html?siteSect=105&sid=4771600>

Unir estudios con planta transmisora. Tipos.

Cada día son más los servicios de comunicaciones que usan antenas para mandar señales de radio, TV, telefonía celular, Internet... ¡todo es *Wireless*! Esto implica que cada vez hay más y más antenas. Para no saturar las ciudades con torres de metal, los países obligan a instalarlas fuera del perímetro urbano. Por un lado quedan los estudios y los equipos de baja frecuencia (cabina, computadoras, micrófonos) y por el otro, fuera de la ciudad, tenemos los de alta frecuencia (transmisor y antena).

Evidentemente, hay que *enlazar* ambas instalaciones, llevar la señal desde los estudios hasta la planta de transmisiones. Hay varias formas de hacer esta conexión.

RADIOENLACE

Es una conexión entre diferentes equipos de telecomunicaciones usando ondas electromagnéticas. Se conoce como *Enlace Estudio Transmisor* o por sus siglas inglesas *STL, Studio Transmitter Link*.

Un radioenlace consta de un pequeño transmisor de radio (TX) que envía la señal desde los estudios a un receptor (RX) que se encuentra en la planta, ambos con sus respectivas antenas.



[74]

Olga y Sebastián están en cabina haciendo sus últimos ejercicios de respiración para, a las doce en punto, arrancar el noticiero por la 90.1 FM. El operador, con un gesto, les indica: ¡*Al aire!* La voz de los locutores va desde los micrófonos a la consola y luego al *radioenlace* transmisor. El TX recibe la señal de noticiero (baja frecuencia) y la “sube” a una portadora de alta frecuencia para que viaje desde los estudios hasta la planta de transmisiones.⁶⁰

El radioenlace TX manda la señal con una antena tipo Yagi a la planta. Son antenas direccionales. Eso significa que el haz de la señal es muy estrecho evitando así interferencias y obstáculos, además de tener mayor ganancia. En la planta, una Yagi similar recibe la señal y la pasa al radioenlace receptor. Éste demodula la señal que recibe, es decir, separa la señal moduladora de baja frecuencia (el audio del noticiero) de la portadora de alta frecuencia.

El siguiente paso será conectar el audio del noticiero al transmisor de FM que realiza el mismo proceso de montar esa señal de baja frecuencia en otra portadora de alta frecuencia, pero esta vez la del dial de la radio, los 90.1 Mhz y mandar el noticiero del mediodía al aire. Ahora sólo falta que prendas tu radio para escuchar a Olga y Sebastián con las novedades informativas de la mañana.

⁶⁰ Esta portadora de alta frecuencia está por encima de los 108 megahercios, donde termina la banda de FM. Se usan frecuencias altas en Mhz y también transmiten en banda de Ghz. Por eso, estas transmisiones entre los estudios y la planta, no pueden ser escuchadas por un receptor de FM normal ya que éstos sólo sintonizan de 88 a 108 Mhz.



Por usar frecuencias del espectro radioeléctrico, los enlaces se *concesionan* al igual que una frecuencia de radio FM o AM.⁶¹ Es común que al solicitar el permiso de transmisión se haga a la vez la petición del radioenlace. La potencia de estos equipos oscila entre los 5 y los 20 watts. Todo dependerá de la distancia entre el estudio y la planta. El camino debe estar libre de cualquier obstáculo. Desde el techo del estudio, donde coloquemos la antena del radioenlace, debemos ver sin problema la antena de la planta. Las ondas a estas frecuencias viajan en línea recta, línea de vista.

Un equipo completo de radioenlace con las dos antenas, el Tx y el RX, los conectores y cables asciende a más de 4 mil dólares. El precio obliga a buscar, a veces, otras alternativas que abaraten costos, aunque esto suele ir en detrimento de la calidad de la señal.

Los radioenlaces son muy usados actualmente para llevar Internet de un lugar a otro. Por ejemplo, dos edificios de oficinas que estén uno frente al otro podrían compartir la señal de Internet con un enlace inalámbrico.

INTERNET

Por lo general, muchas de las plantas de transmisión se encuentran en montañas y lugares alejados donde no hay conexión de Internet. Aunque hoy día, con el Internet inalámbrico y, sobre todo, con Internet por telefonía celular de tercera Generación (3G), se puede navegar, lo que permite mandar la señal desde los estudios por Internet.

En esta modalidad, el noticiero de Olga y Sebastián lo enviaremos por *streaming*,⁶² como si fuéramos a transmitir radio en línea. Pero en vez de hacer público ese enlace Web, no lo decimos a nadie y usamos esa señal sólo de enlace. En la planta contamos con otra computadora conectada a Internet que sintoniza nuestra “radio en línea privada” bajando la señal para llevarla directamente al transmisor. Como sólo habrá un usuario conectado a la transmisión (nosotros mismos), podemos mandar la señal con alta calidad sin temor de cortes.

En vez de una transmisión *on line*, podemos usar Internet para conectar los estudios con la planta usando enlaces IP. El sistema es similar al de radio en línea, salvo que en vez de una computadora usamos un equipo especial conectado a la red y la calidad es mayor que en *streaming*. Aunque nunca igualaremos la calidad del enlace por ondas electromagnéticas, con estos equipos conseguimos acercarnos mucho a ella. En cuanto a costos, debemos evaluar. Tener Internet en lugares apartados suele ser caro y requiere de un pago mensual.

CABLE COAXIAL

Si los estudios de la emisora están a las afueras de la ciudad y tienes la planta no muy lejos de ellos, quizás puedas tirar un cable directamente. Esto es posible si la distancia entre el estudio y la punta de la antena no supera los 200 a 300 metros. Más largo que eso, las pérdidas de calidad de la señal serán difícilmente recuperables. Para estas distancias tan largas se necesitaría un cable muy grueso de poca pérdida y los costos de dicho cable y las conexiones son elevados.

⁶¹ En muchos lugares al permiso de transmisiones se le conoce como concesión o licencia.

⁶² Tecnología que permite enviar señales de audio y video por Internet. El receptor la puede escuchar o ver al mismo tiempo que la descarga.

ENLACES TELEFÓNICOS DIGITALES DEDICADOS

Los nuevos servicios de telefonía y fibra óptica han permitido instalar en muchos países las líneas RDSI (*Red Digital de Servicios Integrados*, ISDN en inglés). Son líneas como las de teléfono tradicional pero digitales, lo que les otorga mayor ancho de banda. Con ellas podemos mandar la señal sin pérdidas. Necesitamos un modem RDSI que reciba el audio en los mismos estudios, lo empaquete digitalmente en 1 y 0 y lo despache por la línea. En la planta hay otro modem similar que compone el audio con los paquetes digitales recibidos.

Estas líneas las ofrecen las compañías telefónicas, pero tienen una cuota fija por mes, todavía inasequible en algunos países. Si sacamos cuentas, tal vez sea mejor pagar de golpe los 4 mil del radioenlace para no tener que hacer desembolsos mensuales de Internet o líneas RDSI.

SATELITALES

Estos enlaces satelitales permiten realizar conexiones *multipunto*, es decir, desde un lugar se envía la señal y desde varios se recibe. El inconveniente son los costos. Arrendar un canal de satélite tiene un precio considerable, difícil de asumir por la mayoría de las radios. Hablaremos de ellos en la pregunta 49.



MÁS EN EL DVD KIT

- *Cálculo de Radioenlace*. Sebastian Buettrich y Alberto Escudero-Pascual. Para conocer todas las variables que intervienen a la hora de comunicar los Estudios y la Planta con un radioenlace. <http://www.wilac.net>

Por ondas, Internet, satélite y cable.

Llegamos al final del primer capítulo. Con ésta suman veinticinco preguntas en las que hemos intentado descifrar los misterios del sonido y las radiocomunicaciones. Hablamos de transmisores y de antenas y de cómo se emiten ondas electromagnéticas que irradian a los cuatro vientos la magia de la radio. Pero estas ondas no son la única forma de salir “al aire”.

1. DIFUSIÓN TERRESTRE Y ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Es la forma más usada. Actualmente, se divide en dos grandes grupos, la transmisión terrestre analógica y la digital.

Radiodifusión Sonora Terrestre Analógica

Hemos hablado de ella en las anteriores preguntas. Se trata de las transmisiones en portadoras moduladas en frecuencia (FM) o en amplitud (AM). Igualmente, las transmisiones en onda corta y el resto de bandas.

Radiodifusión Sonora Terrestre Digital

Son también ondas electromagnéticas. La diferencia es que la señal de baja frecuencia que modula la portadora es digital, de mayor calidad, inmune a los ruidos y permite un mayor aprovechamiento del espectro radioeléctrico. Hay tres estándares principales: DAB, HD Radio y DRM. También sirven para radio digital algunos sistemas de TDT (Televisión Digital Terrestre), como el Brasileño SBTVD-T.⁶³

2. RADIO EN INTERNET

Conocida como radio *online* o en línea.⁶⁴ Aprovecha la tecnología *streaming* que permite ir escuchando el audio a medida que se va descargando. Han proliferado por miles en la Web, ya que no necesitan licencia y sus costos de funcionamiento son mínimos, hasta hay servicios gratuitos para poner tu emisora en línea. Te lo contamos en la pregunta 87.

3. SATÉLITE

Fueron una revolución en las telecomunicaciones. Ahora, nos vigilan desde el espacio y rebotan miles de señales de televisión, telefonía, datos... También sirven para *Servicios de Radiodifusión Digital por Satélite* (SDARS - *Satellite Digital Audio Radio Service*). Similar a la TV satelital, te suscribes con una compañía que te ofrece un receptor especial a través del cual te llegan cientos de canales de radio, dependiendo del plan elegido.

Algunas compañías de autos incorporan receptores de este tipo. Es útil para personas que viven en lugares remotos donde no llegan otras transmisiones o aficionados a la música que pueden permitirse pagar al mes un costo de suscripción y disfrutar de la variada oferta. Por eso, no es un servicio muy extendido. De este lado del océano, es decir, en las Américas, tiene cobertura en Canadá y Estados Unidos. Las dos principales compañías del sector, viendo que el negocio no



[75] <http://www.siriusxm.com>

⁶³ Hay dos preguntas dedicadas íntegramente a la nueva radio digital, la 72 y la 73.

⁶⁴ Aunque la radio en Internet es también digital, al hablar de Radio Digital nos referimos propiamente a la Radiodifusión Terrestre Digital que acabamos de mencionar.

era muy rentable como para estar divididas, decidieron fusionarse formando en 2008 la *Sirius XM Radio Inc.*⁶⁵ Aún así, en el 2009, se han salvado por los pelos de la quiebra. Hay planes desde 10\$ por mes y receptores desde 40\$ para instalar en el carro, para tener en casa o incluso portátiles. Ahora se puede recibir también en el terminal móvil iPhone de Apple.

Del otro lado del océano, la empresa *WorldSpace* da servicio en África, Asia, Oriente Medio y quizás, al estar leyendo estas páginas, ya esté operando en Europa, puesto que están en los últimos preparativos. En usuarios, *WorldSpace* es el mayor operador y, además, son los pioneros de la *Radio por Satélite* (DRS - *Digital Radio Satellite*).

[76] <http://www.1worldspace.com>



4. CABLE

Hay varias compañías en el mundo que prestan servicios de televisión y radio por cable. Por una cuota mensual, recibes en un decodificador varios canales, muchos de ellos son radios que transmiten también en FM o AM. La instalación no es muy complicada y la operadora se encarga de llevar el cable hasta la casa. Muchos planes ofrecen también Internet. Aunque es muy común contratar estos servicios para ver los canales de TV, no lo es tanto para escuchar radio.

	Costo x recibir	Calidad	Permiso para Transmitir	En América Latina y Caribe
Radiodifusión Terrestre Analógica	Gratis / Sin suscripción Sólo tener un receptor adecuado	FM Buena AM / OC Aceptable pero con interferencias	Sí	En todos los lugares
Radiodifusión Terrestre Digital	Gratis / Sin suscripción Sólo tener un receptor adecuado	AM / OC como la actual FM FM Calidad CD	Sí	Actualmente (inicio 2010) se siguen haciendo pruebas y decidiéndose estándares en cada país
Radio en Línea	No hay que suscribirse, pero no es del todo gratis ya que debes contar con conexión a Internet. El precio varía según conexión	Depende mucho de la calidad en que transmita el emisor	No	Sí, desde todos los países se suben señales a Internet.
Satélite	Suscripción desde 10\$ x mes	Óptima, semejante a CD	Sí	No
Cable	Suscripción desde 10\$ x mes	Buena	Sí	Sí, pero de se contrata sobre todo por la TV.

⁶⁵ Por separado se llamaban Sirius Satellite Radio y XM Satellite Radio