

*Necesidad operativa prioritaria*

# Gestión de *frecuencias*

MARÍA GARCÍA GARCÍA  
MARÍA RODRÍGUEZ ALIQUE

**H**oy en día, gracias a la proliferación de las comunicaciones inalámbricas podemos hablar por el teléfono móvil, escuchar la radio o cambiar el canal de la televisión desde el sofá. Pero, por ejemplo, ¿por qué no se puede abrir un coche con el mando de la televisión? Esto tiene una sencilla explicación: aunque todos ellos funcionen a través de ondas radioeléctricas que viajan por el aire, cada una de estas ondas se diferencia de la otra por su principal característica, la frecuencia, que junto con otras 49 características técnicas diferentes definen cada una de las emisiones.

Ahora bien, ¿qué pasaría si los aviones no tripulados (UAV) operaran en la misma banda en las que operan los radares de defensa aérea?, ¿qué pasaría si los sistemas de ayuda al aterrizaje trabajarán en las mismas frecuencias que los teléfonos móviles?, ¿qué pasaría si al hablar por el teléfono móvil todos estuviéramos utilizando el mismo canal, o frecuencia, para establecer la comunicación? Es razonable pensar que las señales podrían entrar en conflicto causando interferencias en los equipos y provocando una posible alteración o anulación de la comunicación, implicando que ninguna de las dos transmisiones

fuera válida  
y entonces,

¿qué pasaría si no pudiéramos comunicarnos?, ¿qué pasaría si no pudiéramos controlar nuestros aviones o si no pudiéramos localizar las amenazas? ...





Todo esto, junto con el rápido desarrollo del entorno de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC), está provocando el uso extensivo de los Sistemas

de Información y de Comunicaciones (CIS) en un entorno en el que prácticamente todo está interconectado, siendo accesible desde casi cualquier lugar mediante tecnologías inalámbricas, lo que hace que el control y gestión de las frecuencias se convierta en una labor imprescindible y prioritaria para garantizar de forma eficaz la comunicación de cualquier servicio o uso que se demande.

Para poder entender la importancia de la gestión de las frecuencias, es conveniente aclarar algunos conceptos fundamentales en las comunicacio-

### FRECUENCIAS: BIEN ESCASO Y NECESARIO

nes, tales como qué son las ondas electromagnéticas, las frecuencias o qué es el espectro radioeléctrico.

Las frecuencias<sup>1</sup> son, junto a la longitud de onda, la característica principal de las ondas electromagnéticas, las cuales son las encargadas de llevar energía de un lugar del espacio a otro. Las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio sin necesidad de una guía artificial, es decir, para transmitirse no requieren de me-

dio físico, como pudiera ser un cable de par trenzado, un coaxial o una fibra óptica.

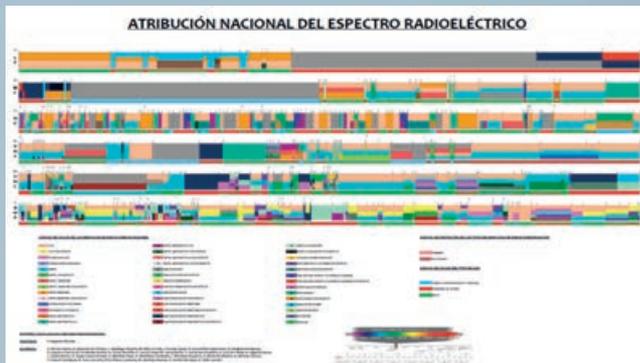
El “espectro electromagnético” es la distribución energética de las ondas electromagnéticas. El espectro se divide en diferentes rangos: rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta (UV), luz visible, radiación infrarroja (IR) y las ondas radioeléctricas.

Pero no todas las ondas electromagnéticas son propicias para usarse como medios de transmisión de los servicios de telecomunicación, de forma que sólo las que se encuentran en un determinado rango del espectro serán susceptibles de ser empleadas para la prestación de este tipo de servicios (televisión, telefonía móvil, comunicaciones por radio, radar, radiocontrol,

etc.), a este rango se le denomina espectro radioeléctrico<sup>2</sup>.

El espectro radioeléctrico, a su vez se divide en franjas (bandas de frecuencia), las cuales, por las características propias de la porción designada (frecuencia, longitud de onda, ancho de banda disponible, absorción atmosférica, pérdidas por espacio libre, etc.), resultarán más o menos adecuadas para el tipo de comunicación que se quiera ofrecer. Así pues, cuanto más alto es el valor de la frecuencia, de más ancho de banda se dispone y por lo tanto, más cantidad de datos se pueden transmitir; sin embargo, las frecuencias altas tienen mayores pérdidas que hacen que la distancia de cobertura sea menor, por lo que, en el caso de necesitar cubrir grandes áreas, sería necesario el uso de repetidores. En cambio, las frecuencias bajas permiten cubrir largas distancias de cobertura, aunque al disponer de menos ancho de banda la cantidad de datos a transmitir es muy limitada, además las señales son mucho más sensibles al ruido y a las condiciones meteorológicas. Así pues podemos decir que, por ejemplo, las bandas más propicias para el uso de radioenlaces son en las que menos pérdidas atmosféricas se produzcan y por lo tanto mayor distancia permita cubrir, haciendo siempre balance con las bandas adecuadas para la cantidad de datos que queramos transmitir por el radioenlace.

Debido a la diversidad de servicios de telecomunicaciones que en nuestros días pueden prestarse por medio del espectro radioeléctrico (radiodifusión sonora y televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, aplicaciones industriales y domésticas, etc.), se podría decir





gestores de frecuencias es al uso de frecuencias sin autorización, las cuales, si interfieren a otros usuarios, además de poder poner en riesgo la seguridad de los mismos, podrían conllevar una denuncia a la Unidad que provoca la interferencia, con su posible sanción administrativa, económica y/o el precintado del equipo. Hecho que cobra vital importancia a la hora de desplegar los equipos fuera del territorio nacional, ya que podría suponer una inhabilitación temporal de los equipos hasta que se completaran los trámites de autorización para poder emitir, teniendo en cuenta que esta situación podría verse agravada por el hecho de que, al estar desplazados, los procesos de coordinación con administraciones internacionales requieran de plazos más largos de gestión.

También es frecuente encontrar solicitudes de emisión en bandas prohibidas para los usos requeridos. Este caso se suele presentar cuando se adquieren equipos de otros países sin tener en cuenta que el reglamento de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) diferencia tres regiones, América, Europa/África y Asia/Oceanía, en las que las bandas de frecuencias atribuidas a los diferentes servicios no tienen por qué coincidir. Por ejemplo, en la Región 2, hay parte de la banda 900MHz que se utiliza para el servicio móvil aeronáutico, por lo que los fabricantes desarrollan equipos para esos usos, como puede ser el control de UAVs. Si se compraran estos equipos para su uso en España, sería muy pro-

Estudio de interferencias generadas sobre un receptor

Receptor: PENINSULA Rx      Frecuencia (MHz): 140.65-142.575      Calcular C sobre I

Frec. Nominale	Balidos 141.35	Balidos 142.2	Balidos 142.575	Balidos 140.65
Transmisor [2] Tx	140.65	140.65	No	Potencia recibida: 99.9502495150209 dBm
Transmisor [2] Tx	140.65	141.35	No	Interferencia: Infrínito dBm
Transmisor [2] Tx	140.65	142.2	No	Potencia recibida: Infrínito dBm
Transmisor [3] Tx	140.65	142.575	No	Potencia recibida: Infrínito dBm
Transmisor 2 Tx	150	140.65	No	Eliminado en culling
Transmisor 2 Tx	150	141.35	No	Eliminado en culling
Transmisor 2 Tx	150	142.2	No	Eliminado en culling
Transmisor 2 Tx	150	142.575	No	Eliminado en culling
Transmisor 3 Tx	141.35	140.65	No	Potencia recibida: Infrínito dBm
Transmisor 3 Tx	141.35	141.35	No	Potencia recibida: 296.250640106234 dBm
Transmisor 3 Tx	141.35	142.2	No	Interferencia: Infrínito dBm
Transmisor 3 Tx	141.35	142.575	No	Potencia recibida: Infrínito dBm

Exportar a Excel

MS/NM study      Frecuencia\_Mhz: 140.65  
 ITU      Frecuencia\_Min: 140.65  
 ITUM1446 (Radnet)      Name: link      TipoServicio: Fijo  
 Name:      Nombre del enlace

Estudio de interferencias elaborado con herramienta para la Gestión de Frecuencias de la FFAA (GESFFAS).

Estudio de interferencias elaborado con herramienta para la Gestión de Frecuencias de la FFAA (GESFFAS).

bable que no pudieran operar por no obtener autorización de emisión, ya que en nuestra región, además de tratarse de una banda de frecuencias expresamente prohibida para el uso del servicio móvil aeronáutico, se encuentra ampliamente utilizada por el servicio de telefonía móvil.

En definitiva, la falta de gestión en el espectro puede generar importantes problemas, con consecuencias de seguridad, económicas y operativas, que afectarían, en el caso de las Fuerzas Armadas, al ejercicio del mando y control y al empleo operativo de las capacidades militares actuales.

## ¿QUIÉN Y CÓMO SE REGULA LA GESTIÓN DEL ESPECTRO?

El uso del espectro está regulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), siendo su piedra angular el Reglamento de Radiocomunicaciones (R.R.). En éste se especifica, en el Cuadro de Atribución de Frecuencias, cómo se distribuyen las frecuencias según sus usos en los diferentes servicios de radiocomunicación (telefonía móvil, radioenlaces, radiodifusión, televisión, WIFI, radar, emisoras de radio, telecontrol, telemetría, etc.), definiendo la atribución de bandas a sus respectivos servicios con las características técnicas que pudieran ser necesarias. Esta atribución se indica para las tres regiones en las que está dividido el mundo, según la UIT, perteneciendo España a la región 1.

Por medio de este reglamento, y de otros tratados y/o acuerdos internacionales, se fijan las bases que tiene que adoptarse posteriormente en el interior de cada país.

En España, La Ley de Telecomunicaciones, establece que el espectro radioeléctrico es un bien de dominio público, cuya titularidad y administración corresponden al Estado, siendo la Dirección General de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información (DGTel)<sup>5</sup> la encargada de la planifica-



ción y gestión del espectro radioeléctrico. El instrumento legal que se utiliza para atribuir a los distintos servicios de radiocomunicaciones las bandas de frecuencias en las que podrán solicitar asignaciones para emitir en España, es el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)<sup>6</sup>, el cual debe estar en línea con las disposiciones contenidas en el Reglamento de Radiocomunicaciones.

A nivel militar en el organigrama referente a la gestión de frecuencias, ubicada inmediatamente debajo de la DG-Tel, se encuentra la Agencia Nacional de Radiofrecuencia (NARFA)<sup>7</sup>. Esta Agencia, en coordinación con los gestores de frecuencias de cada uno de los Ejércitos, se encarga de regular el planeamiento y gestión del espectro radioeléctrico asignado a las Fuerzas Armadas.

Para la gestión del espectro en el sector de defensa, se utilizan diversos acuerdos e instrucciones tanto nacionales como internacionales, como son el Acuerdo Nacional de Frecuencias para Tiempos de Paz (ANAF), el Plan de Utilización Militar de la Banda VHF T/T (IT 06/08), la Guía OTAN para la Gestión del Espectro en Operaciones Militares (ACP 190 NATO SUPP-2) o el procedimiento para la *Solicitud, Asignación y Registro de las Frecuencias Militares*, recogido en la Instrucción C-5-010, en la que se define, entre otros, el *Formato 14 puntos*, documento donde el usuario debe reflejar diversos parámetros técnicos y geográficos que definen el sistema que se va a utilizar y el tipo de emisión que va a realizar, imprescindibles para la realización de posibles estudios de compatibilidad radioeléctrica.

La tramitación de la solicitud de frecuencias definida en la Instrucción C-5-010 es imprescindible para la obtención de una "autorización formal de frecuencias de emisión permanente o temporal", equivalente a una escritura de propiedad del dominio público radioeléctrico, que nos permita emitir con nuestros equipos. Esta autoriza-

ción es necesaria tanto si se desea emitir en el propio país como en cualquier otra parte del mundo, y debe ser otorgada por el organismo correspondiente en cada caso, pudiendo requerir de hasta un periodo de dos meses desde que se emite la solicitud de emisión hasta que pudiera ser autorizada.

## COMPLEJIDAD DEL PROCESO DE GESTIÓN

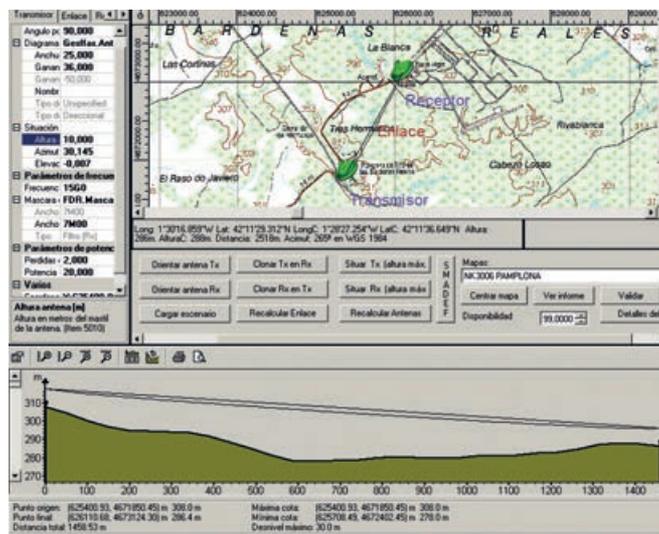
### IMPORTANCIA DE LA DISPONIBILIDAD DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

La autorización de emisión está sujeta a un trabajo previo de los gestores, para asegurar la disponibilidad

solicitado o porque la banda solicitada se encuentre saturada o por incompatibilidad con el resto de sistemas operando en la misma, se iniciarían los trabajos de negociación con los organismos nacionales e internacionales implicados para intentar que dicha emisión fuera autorizada.

Estas negociaciones suelen ser difíciles de armonizar, ya que entran en colisión diferentes intereses políticos, militares y económicos. Ello exige duras negociaciones por el reparto del espectro radioeléctrico en los distintos grupos y foros que lo gestionan, que pueden durar varios años. Por ello, la continuidad de los gestores de frecuencias, asegurando un

correcto seguimiento de las negociaciones, se convierte en un factor clave para garantizar la defensa de las comunicaciones que actualmente requiere el Ejército del Aire. A todo esto hay que añadir el hecho de que en España el uso del espectro para comunicaciones militares esté exento de pago haciendo que el interés económico convierta a los usuarios civiles en potenciales "adversarios" a la hora de ocupar las bandas más demandadas.



Detalle estudio de viabilidad de radioenlace.

de espectro en la banda solicitada, tanto en lo referente al uso que se pretende dar a la frecuencia, como a la ocupación existente en dicha banda.

De este modo el gestor deberá cerciorarse de que los servicios solicitados (radar, móvil aeronáutico, telemetría, radiotelefonía, etc.) se adapten a la atribuciones establecidas en los reglamentos y leyes internacionales y nacionales vigentes, así como de que la banda solicitada no esté ya ocupada por otros sistemas y/o usuarios, debiéndose realizar en tal caso los estudios pertinentes para asegurar la compatibilidad de los dos sistemas sin interferirse entre ellos.

En caso de no existir esa disponibilidad de espectro porque las frecuencias solicitadas no se adapten a las atribuciones establecidas al tipo de servicio

### ESTUDIOS DE COMPATIBILIDAD

Una vez asegurada la disponibilidad de espectro, se deben realizar estudios de compatibilidad que aseguren que el nuevo sistema radiante no interfiera ni sea interferido.

Para ello, hay que tener en cuenta que una emisión se puede diferenciar de otra por unas 49 características técnicas diferentes, como son la modulación, la polarización, potencia, ancho de banda, tipo de codificación, localización de los emisores, horario de empleo, etc. Estas características son las que permiten compatibilizar emisiones en una misma localización o compartir una misma frecuencia modificando alguna de sus características técnicas (por ejemplo, dos emisiones idénticas se pueden repetir en diferentes localizaciones siempre que estén fuera del alcance la una de la otra).



Los estudios de compatibilidad son una de las tareas más complejas de la gestión de frecuencias. En ellas hay que integrar simultáneamente las frecuencias y las características de emisión de todos los sistemas radiantes del entorno, analizando los resultados de los informes de las coberturas de los distintos emisores, así como los datos obtenidos de los estudios de armónicos y productos de intermodulación. Una labor de recopilación y tratamiento de datos laboriosa y meticulosa, así como un análisis de los resultados obtenidos, que precisa de Ingenieros de Telecomunicación especializados en Sistemas de Telecomunicaciones, que posean los conocimientos técnicos necesarios para poder tratar, analizar y valorar correctamente los mismos. Un trabajo que, a pesar de permanecer en la sombra, es el engranaje que permite la convivencia de numerosos sistemas y tecnologías que saturan la actual sociedad de comunicación.

La comparación y el análisis de estos valores técnicos, junto con los obtenidos de estudios de compatibilidad radioeléctrica y de verificación del cumplimiento de la normativa vigente aplicable, son las herramientas principales de la Gestión de Frecuencias.

## GESTIÓN DE FRECUENCIAS EN EL EJÉRCITO DEL AIRE

### NECESIDAD OPERATIVA

Las comunicaciones son para las organizaciones militares y sus estructuras operativas, como el sistema nervioso lo es para el cuerpo humano, por ellas se transmiten la información, avisos, señales y órdenes para poder ejercer el Mando y Control de las operaciones aéreas y posibilitar su mera ejecución.

Para el Ejército del Aire, las comunicaciones son una necesidad operativa de primer orden, siendo imprescindibles, entre otras, las emisiones que

dan soporte a la radiolocalización (cuya información, obtenida por los sensores de la defensa aérea, es esencial para la detección, localización y seguimiento de las aeronaves, para el Control del Espacio Aéreo y para la coordinación de la circulación aérea), las que permiten ejercer el mando y control, las necesarias para la operación de las capacidades y las que posibilitan la propia ejecución de las operaciones asignadas.

### CÓMO NOS AFECTA

Visto lo anterior, es evidente que la gestión de frecuencias es una tarea im-



prescindible para garantizar la operatividad del Ejército del Aire. Aún más, cuando la incesante demanda de nuevos sistemas de telecomunicaciones sitúa a las Fuerzas Armadas en general y al Ejército del Aire en particular en medio de una pugna por el espectro, la cual hace que su gestión no sea sólo una importante labor desde el punto de vista técnico y legal, sino también una constante disputa entre intereses políticos y económicos.

#### QUIÉN LA REALIZA

En el caso del Ejército del Aire, la entidad que se dedica a la organización, gestión y defensa de las frecuencias de dicho ejército, además de velar por un correcto planeamiento de las bandas más adecuadas para la adquisición de futuros equipos y/o sistemas, es el Negociado de Frecuencias, encuadrado en la Sección de Telecomunicaciones de la Dirección CIS, en la Jefatura de Servicios Técnicos y de Sistemas de Información y Telecomunicaciones (JSTCIS/SETEL). Este Negociado cuenta, desde hace años, con personal técnico cualificado (Ingenieros de Telecomunicación especializados en Sistemas de Telecomunicaciones), expertos en gestión de frecuencias y concededores no sólo de las leyes, herramientas y aplicaciones diseñadas para la gestión de las mismas, sino también del funcionamiento de los equipos de comunicaciones de este Ejército, imprescindible a la hora de realizar estudios de compatibilidad de los mismos.

#### CONCLUSIONES

La gestión del espectro de frecuencias es una cuestión compleja desde el punto de vista técnico, económico y legal que incluye diversos procedimientos administrativos y técnicos que permiten asegurar el funcionamiento de los sistemas de comunicación sin causar o recibir interferencia perjudicial.

Las comunicaciones son una necesidad operativa de primer orden para las Fuerzas Armadas y dado que el Ejército del Aire es un gran consumidor de espectro radioeléctrico, la gestión de frecuencias resulta imprescindible para garantizar la operatividad de sus sistemas de comunicación, posibilitando

así el mando y control, la operación de sus medios y capacidades y la ejecución de las misiones asignadas.

En el ciclo de planeamiento para la adquisición de equipos o sistemas de comunicación, el proceso de gestión de frecuencias es indispensable para asegurar que los sistemas cumplan con la normativa nacional para poder operar en España, puesto que la falta de esta gestión podría ocasionar:

- Pérdidas económicas, en el caso de que el/los equipos adquiridos no consigan los permisos de emisión porque se soliciten frecuencias en bandas no autorizadas.

- Pérdida de operatividad de los sistemas, en el caso de que no se consigan asignaciones de frecuencias suficientes para que el sistema trabaje de forma eficaz.

- Deficiencia en la efectividad de la comunicación, en el caso de que se consiga un permiso de emisión únicamente en una zona geográfica puntual, pero no en la totalidad del territorio que se necesite cubrir.

Por ello, antes de adquirir un nuevo sistema, es imprescindible realizar un análisis de la situación del espectro y la determinación de las gestiones que se tienen que realizar para la reserva de frecuencias: estudio de la normativa vigente y compatibilidades radioeléctricas; y en caso de que no existiera disponibilidad de espectro, realizar un estudio de posibilidad de compartición de bandas con los actuales usuarios, negociaciones con la Dirección General de Telecomunicaciones para incluir el servicio requerido en las normativas correspondientes o, ante la imposibilidad de las dos anteriores, solicitar al fabricante un cambio de la banda de trabajo del sistema.

El imparable aumento de la demanda de espectro, motivado por la constante evolución tecnológica, afecta a la disponibilidad de espectro que el Ejército del Aire necesita para operar sus capacidades y ejercer el mando y control de ellas. Una mala gestión del mismo podría traducirse, por ejemplo, en pérdidas de bandas de frecuencias actualmente en uso por los sistemas de defensa aérea<sup>8</sup> o introducir vulnerabilidades ante la aparición de interferencias que pudieran ser provocadas por nuevos usuarios. Por ello, los gestores

de frecuencias realizan una constante labor de seguimiento de las modificaciones que se introducen en leyes, normas y reglamentos, a fin de salvaguardar en última instancia la operatividad de los sistemas de comunicaciones del Ejército del Aire.

La gestión de frecuencias en el Ejército del Aire se realiza en el Negociado de Frecuencias de la Sección de Telecomunicaciones de la JSTCIS, la cual cuenta con ingenieros especializados en Sistemas de Telecomunicación, expertos en gestión de frecuencias. Este personal, además de realizar las labores de gestión, asesora a las unidades, centros y organismos del Ejército del Aire en lo referente a normativas, tramitación de peticiones, interferencias, compatibilidades, etc. Asimismo, posee una visión actual de las normativas y leyes que rigen el espectro y las comunicaciones, así como de su posible evolución en el futuro, garantizando de este modo una eficiente gestión y protección de las comunicaciones y una eficaz defensa de las mismas frente a la aparición de las nuevas tecnologías y sistemas de comunicaciones que luchan por conseguir su parcela de emisión dentro del espectro radioeléctrico.

#### NOTAS

<sup>1</sup>Número de oscilaciones que ocurren en un periodo de tiempo determinado. Su unidad de medida es el Hertzio (Hz), que equivale a la cantidad de ciclos u oscilaciones que tiene una onda electromagnética durante un segundo.

<sup>2</sup>Segmento de frecuencias comprendido entre los 3KHz a 300GHz.

<sup>3</sup>Nuevas tecnologías de telefonía móvil (4G), redes de difusión de televisión digital terrestre (TDT), diversos sistemas de acceso inalámbrico (WIFI, WIMAX, Bluetooth ...), control de aviones no tripulados (UAV)...

<sup>4</sup>Este ha sido el caso de la reciente resintonización de la televisión digital terrestre (TDT) para dar cabida a la tecnología móvil 4G, LTE.

<sup>5</sup>Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información (SETSI), DGTel.

<sup>6</sup><http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/Paginas/CNAF.aspx>

<sup>7</sup>Dentro de la Sección de Telecomunicaciones de la División de Sistemas de Información y Telecomunicaciones del Estado Mayor Conjunto.

<sup>8</sup>En las reuniones preparatorias de la CMR2015, varias de las bandas propuestas para la operación de los sistemas IMT (International Mobile Telecommunications) son bandas ampliamente utilizadas en España por los sistemas de Defensa Aérea.