

# UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R M.1465-4**  
(02/2022)

## **Características y criterios de protección de los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación en la gama de frecuencias 3 100-3 700 MHz**

**Serie M**

**Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos**



## Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

## Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

### Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión (sonora)
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	Servicio fijo
<b>M</b>	<b>Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos</b>
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radioastronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	Vocabulario y cuestiones afines

*Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.*

Publicación electrónica  
Ginebra, 2023

© UIT 2023

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## RECOMENDACIÓN UIT-R M.1465-4

**Características y criterios de protección de los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación en la gama de frecuencias 3 100-3 700 MHz**

(2000-2007-2015-2018-2022)

**Cometido**

En la presente Recomendación se proporcionan características técnicas y operativas y criterios de protección de radares terrestres, de barcos y de aviones que funcionan en la gama de frecuencias 3 100-3 700 MHz<sup>1</sup>. Se incluyen características representativas de componentes del transmisor, del receptor y de la antena, así como información sobre el despliegue de estos radares.

**Palabras clave**

Características, criterios de protección, radar a bordo de aeronave, radar a bordo de barco, radar en tierra

**Abreviaturas/Glosario**

AMSL	Sobre el nivel medio del mar ( <i>above mean sea level</i> )
ATC	Control del tráfico aéreo ( <i>air traffic control</i> )
CPFSK	Modulación por desplazamiento de frecuencia de fase constante ( <i>continuous-phase frequency shift keying</i> )
RR	Reglamento de Radiocomunicaciones

**Recomendaciones de la UIT relacionadas**

- UIT-R M.1460: Características técnicas y operacionales y criterios de protección de los radares de radiodeterminación en la banda de frecuencias 2 900-3 100 MHz
- UIT-R M.1461: Procedimientos para determinar la posibilidad de interferencia entre radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y sistemas de otros servicios
- UIT-R M.1464: Características de los radares de radiolocalización y características y criterios de protección para estudios de compartición de los radares de radionavegación aeronáutica y meteorológicos en el servicio de radiodeterminación que funcionan en la banda de frecuencias 2 700-2 900 MHz
- UIT-R M.1851: Modelos matemáticos de diagramas de antena de sistemas de radar del servicio de radiodeterminación para uso en los análisis de interferencia

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que las características en cuanto a antena, propagación de la señal, detección del objetivo y gran anchura de banda necesaria de los radares para lograr sus funciones son óptimas en ciertas bandas de frecuencia;

---

<sup>1</sup> Algunos sistemas funcionan en la banda de frecuencias que se extiende por debajo de 2 800 MHz.

- b) que las características técnicas de los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación vienen determinadas por la misión del sistema y varían ampliamente incluso dentro de una banda de frecuencias;
- c) que el servicio de radionavegación es un servicio de seguridad, tal como se especifica en el número **4.10** del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), y que debe garantizarse la libertad de interferencias perjudiciales;
- d) que se requieren características técnicas y operacionales representativas de los sistemas que funcionan en las bandas de frecuencias atribuidas al servicio de radiodeterminación a fin de determinar la viabilidad de la introducción de nuevos tipos de sistemas;
- e) que se necesitan procedimientos y metodologías para analizar la compatibilidad entre los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación y los sistemas de otros servicios;
- f) que la banda de frecuencias 3 100-3 400 MHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título primario en las tres Regiones;
- g) que la banda de frecuencias 3 400-3 600 MHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título secundario en la Región 1;
- h) que la banda de frecuencias 3 400-3 600 MHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título primario en las Regiones 2 y 3 de acuerdo con el número **5.433** del RR, pero que insta a todas las administraciones que operan sistemas de radiolocalización en esta banda a cesar las operaciones para 1985, y que posteriormente las administraciones deberán tomar todas las medidas posibles para proteger el servicio fijo por satélite fijo y que no se impondrán requisitos de coordinación a este servicio;
- i) que la banda de frecuencias 3 600-3 700 MHz está atribuida al servicio de radiolocalización a título secundario en las Regiones 2 y 3;
- j) que la banda de frecuencias 3 100-3 300 MHz está además atribuida al servicio de radionavegación a título primario en los países mencionados en el número **5.428** del RR;
- k) que la Recomendación UIT-R M.1464 contiene características de algunos sistemas que funcionan en la gama de frecuencias 2 700-3 400 MHz,

*reconociendo*

que se aplican los números **5.433, 5.429, 5.429A, 5.429B, 5.429C, 5.429D, 5.429E y 5.429F** del RR,

*recomienda*

- 1** que se consideren las características técnicas y operacionales de los radares de radiolocalización descritas en el Anexo 1, representativas de los que funcionan en la gama de frecuencias 3 100-3 700 MHz;
- 2** que se tome en consideración la Recomendación UIT-R M.1461 al analizar la compatibilidad entre los radares que funcionan en el servicio de radiodeterminación con los sistemas de otros servicios;
- 3** que se utilicen los criterios de relación entre la potencia de la señal interferente y el nivel de potencia de ruido en el receptor de radar,  $I/N$ , de  $-6$  dB como nivel de protección requerido para los sistemas de radiolocalización y que esta cifra represente el nivel de protección neto si hay múltiples fuentes interferentes presentes.
- 4** que las características que figuran en el Cuadro 1 se deberían utilizar para estudios de compartición y compatibilidad con sistemas de radar que operan en 3,1-3,7 GHz.

## **Anexo 1**

### **Características técnicas y operativas de los radares de radiolocalización que funcionan en la gama de frecuencias 3 100-3 700 MHz**

#### **1 Introducción**

En el Cuadro 1 se presentan las características de los radares de radiolocalización que funcionan en la gama de frecuencias 3 100-3 700 MHz, las cuales se examinan a continuación.

CUADRO 1

Cuadro de características de los sistemas de radiolocalización que funcionan en la gama de frecuencias 3 100-3 700 MHz<sup>2, 3</sup>

Parámetros	Sistemas de Tierra							Sistemas de barco				Sistemas de aeronave
	L-A	L-B	L-C	L-D	L-E	L-F	L-G	S-A	S-B	S-C	S-D	A-A
Utilización	Búsqueda en la superficie y en el aire	Búsqueda en la superficie	Búsqueda multifunción en la superficie y en el aire	Búsqueda multifunción en la superficie y en el aire	Búsqueda multifunción en la superficie y en el aire	Superficie multifunción y búsqueda en el aire	Superficie multifunción y búsqueda en el aire	Búsqueda en la superficie y en el aire				Búsqueda en la superficie y en el aire
Modulación	P0N/Q3N	P0N	P0N/Q7N	P0N/Q7N	Q0N	M1N	Q3N	P0N	Q7N	P0N/Q7N	Q7N	Q7N
Gama de sintonización (GHz)	3,1-3,7			2,8-3,4	2,9-3,5	3,1-3,5	3,1-3,5	3,3-3,4	2,9-3,7	3,1-3,5	2,9-3,5	3,1-3,7
Potencia del transmisor entregada a la antena (valor de cresta) (kW)	640	1 000	200	60-70	0,33	500	100	1 000	4 000-6 400	60-200	4-90	1 000
Anchura de impulsos (µs)	160-1 000	1,0-15	50-500	3-150	0,65	0,1-1,0	0,5-50	0,25, 0,6	6,4-768	0,1-1 000	0,1-100	1,25 <sup>(1)</sup>
Frecuencia de repetición (kHz)	0,020-2	0,536	0,2-50	0,8-50	160	50-200	1,0-20,0	1,125	0,152-6,0	0,3-10	0,5-10	2
Relación de compresión	48 000	No aplicable	Hasta 1 000	Hasta 2 000	26	No aplicable	No aplicable	No aplicable	64-512	Hasta 20 000	Hasta 400	250
Tipo de compresión	No disponible	No aplicable	LFM & NLFM	LFM & NLFM	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	CPFSK	No disponible	No disponible	No disponible
Ciclo de trabajo (%)	2-32	0,005-0,8	0,2-20	Máx. 12	Máx. 11	2,0-5,0	1,0-5,0	0,28, 0,67	0,8-30,0	Máx. 20	Máx. 20	5
Anchura de banda del transmisor (MHz) (-3 dB)	25/300	2	2	7-40	1-20	5	1,5	4, 16,6	4-800	25	3, 15	> 30
Ganancia de la antena (dBi)	39	40	31	40	22	22	37	32	42	Hasta 40	Hasta 40	40

<sup>2</sup> En las Recomendaciones UIT-R M.1460 y UIT-R M.1464 también se dan características de los radares de radiolocalización que funcionan en la gama de frecuencias 2 700-3 400 MHz.

<sup>3</sup> Las características técnicas para estos radares se aplican a toda la gama de sintonización mostrada.

CUADRO 1 (fin)

Parámetros	Sistemas de Tierra							Sistemas de barco				Sistemas de aeronave
	L-A	L-B	L-C	L-D	L-E	L-F	L-G	S-A	S-B	S-C	S-D	A-A
Tipo de antena	Parabólica	Controlado por fase	Controlado por fase	Controlado por fase	Controlado por fase	Controlado por fase	Sistema plano	Controlado por fase	–	–	Sistema guíaondas ranurado	–
Abertura del haz (H,V) (grados)	1,72	1,05, 2,2	1,5	1-4,5	15,15	15,15	2,5, 2,5	1,75, 4,4, csc <sup>2</sup> a 30	1,7, 1,7	1,1-5, 1,1-5	1,5-6, 4-20	1,2, 6,0
Tipo de exploración vertical	No disponible	No aplicable	Aleatoria	Aleatoria	Aleatoria	Sector de barrido electrónico	No disponible	No aplicable	Aleatoria	No aplicable	No aplicable	No disponible
Máxima exploración vertical (grados)	93,5	No aplicable	90	90	75	90	70	No aplicable	90	90	90	± 60
Velocidad de exploración vertical (grados)	15	No aplicable	50	Variable	35	10,0-50,0	No aplicable	No aplicable		Instantáneo	–	Electrónico
Tipo de exploración horizontal	No aplicable	Giratoria	Giratoria	Giratoria	Aleatoria	No aplicable	Giratoria	Giratoria	Aleatoria	Continua 360 + Sector	Continua 360 + Sector	Giratoria
Máxima exploración horizontal (grados)	360							360				
Velocidad de exploración horizontal (grados)	15	25,7	36	180	Variable	60-100	0	24	No aplicable	30-360	50-180	36
Polarización	RHCP	V	Lineal	V	V	Lineal	Lineal	H	V	No disponible	V	
Sensibilidad del receptor (dBm)	No disponible	-112	-110	-115	-141	-114	-85	-112	No disponible	No disponible	No disponible	No disponible
Factor de ruido del receptor (dB)	3,1	4,0	1,5	4	3	3	5	4,8	5,0	1,5	1,5	3
Anchura de banda del receptor en RF (MHz) (-3 dB)	No disponible	2,0	600	400	100	500	120	No disponible		400	–	No disponible
Anchura de banda del receptor en IF (MHz) (-3 dB)	380	0,67	2	30	5,10	12	18	8	10	10-30	2-20	1
Zona de actuación del sistema	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial	Mundial

<sup>(1)</sup> 100 ns comprimidos.

## **2 Características técnicas**

La gama de frecuencias 3 100-3 700 MHz es utilizada por radares instalados en tierra, en barcos y en aeronaves. Por lo general, predominan los radares móviles en barcos y aeronaves, mientras que los sistemas fijos de tierra se utilizan en campos de lanzamiento y con frecuencia están instalados a bordo de globos cautivos dedicados a tareas de vigilancia de superficie terrestre o en zonas costeras. Sus funciones son la búsqueda de aeronaves que vuelan tanto cerca de la superficie terrestre como a gran altitud, la vigilancia en el mar, el seguimiento de aeronaves y la instrumentación de campos de lanzamiento polivalentes. Se utilizan ciclos de trabajo tanto de señales no moduladas como con modulación angular por impulsos para estas funciones de radar de búsqueda. En el Cuadro 1 se exponen las características representativas de los sistemas de radar en tierra, sistemas para barco y sistemas para aeronave que funcionan en la gama de frecuencias de 3 100-3 700 MHz.

### **2.1 Radares de tierra**

#### **2.1.1 Funcionamiento de los radares de tierra**

Los radares de tierra que funcionan en la gama de frecuencias 3 100-3 700 MHz se emplean normalmente para operaciones de prueba dentro y fuera de los campos de lanzamiento. Muchos de estos radares son móviles, en el sentido de que a menudo se instalan en vehículos que permiten su desplazamiento para las funciones de búsqueda y seguimiento de aeronaves en trayectos de vuelo amplios. Otros están instalados en ubicaciones fijas en los campos de lanzamiento, donde realizan asimismo funciones de búsqueda y seguimiento.

El Sistema terrestre L-B del Cuadro 1, está instalado en un globo cautivo a 4 600 m de altitud para realizar la vigilancia de una amplia zona de hasta 275 km. El Sistema terrestre L-A descrito en el Cuadro 1 funciona principalmente durante el día en condiciones meteorológicas favorables para el vuelo, y ocasionalmente durante la noche, mientras que los radares instalados en globos cautivos funcionan constantemente. Los radares de Sistemas terrestres L-C, L-D, L-E, L-F, L-G son radares para todo tipo de condiciones meteorológicas, que funcionan de manera continua y cumplen múltiples misiones en localizaciones de vehículo móvil o plataforma estacionaria para la búsqueda en el aire y en la superficie.

#### **2.1.2 Transmisor**

Los transmisores son ajustables y han de funcionar en cualquier parte dentro de la gama de frecuencias 3 100-3 700 MHz. En particular, el Sistema L-F transmite en el rango de 3 100-3 500 MHz, igual que el Sistema L-G. Se utilizan impulsos no modulados y señales monocanal y multicanal con modulación angular. Además, los Sistemas L-B, L-F y L-G no utilizan compresión de impulso.

#### **2.1.3 Receptor**

Muchos de los receptores de los radares de los campos de lanzamiento tienen circuitos especiales de control para la correlación entre los datos de vídeo y de otro tipo aplicados a las diferentes pantallas, las consolas de operador y los dispositivos de grabación. Los datos de vídeo recibidos por el radar situado en el globo cautivo se retransmiten a las instalaciones de operador de tierra tanto por radiocomunicaciones (servicio fijo) como por cable.

#### **2.1.4 Antena**

Los Sistemas L-A y L-B utilizan antenas de plato parabólicas. Los Sistemas L-C, L-D, L-E y L-F utilizan antenas controladas por fase y el Sistema L-G utiliza una antena planar. Los patrones de antena de los Sistemas L-C, L-D, L-E, L-F y L-G pueden modelarse utilizando un patrón de antena uniforme según la Recomendación UIT-R M.1851. Las antenas se diseñan para las funciones especiales que se realizan en los campos de lanzamiento, pero funcionan con una ganancia de haz principal de hasta 40 dBi, se orientan electrónicamente y suelen estar dirigidas hacia el cielo en



direcciones aleatorias, lo que aumenta la posibilidad de iluminar objetos voladores espaciales y recibir energía de ellos. Los radares situados en globos cautivos dirigen sus antenas hacia puntos situados algunos grados por encima del horizonte.

## **2.2 Radares a bordo de barcos**

### **2.2.1 Funcionamiento en barcos**

En el Cuadro 1 se describen tipos representativos de radares a bordo de barcos que funcionan en la gama de frecuencias de 3,1-3,7 GHz, denominados Sistema de barco S-A hasta Sistema de barco S-D. El Sistema S-A se utiliza como sistema primario de control del tráfico aéreo comercial. El Sistema S-B es un radar multifuncional instalado principalmente a bordo de naves de escolta. Las zonas de funcionamiento de estos radares de barco están en litorales y en alta mar. Estos radares funcionan normalmente durante las 24 h del día. Cuando realizan funciones de escolta de otros barcos, no es extraño encontrar hasta 10 de estos radares funcionando simultáneamente. Además de los sistemas a bordo de barcos, existen sistemas fijos en tierra que se utilizan para entrenamiento y pruebas. Además, las tareas de mantenimiento y comprobación de rutina obligan a explotar estos radares ocasionalmente en ciertas zonas portuarias. Los barcos equipados con el Sistema S-A van acompañados casi siempre por un barco equipado con Sistema S-B como mínimo.

### **2.2.2 Transmisor**

El Sistema S-A transmite en la banda de frecuencias 3 500-3 700 MHz. El Sistema S-B transmite en la gama de frecuencias 2 900-3 700 MHz y utiliza una combinación de modulación de fase y de saltos de frecuencia. Las emisiones cambian de frecuencia en más de 10 bandas de frecuencias, de 40 MHz de anchura cada una, denominadas banda de frecuencias 1 a banda de frecuencias 10. La secuencia de anchuras de impulso variables es aleatoria.

### **2.2.3 Receptor**

Los receptores del Sistema S-A se describen en el Cuadro 1 y tienen las características habituales de los sistemas de control del tráfico aéreo para reducción de objetivo falso de ecos parásitos, indicación de blancos móviles, selección de corto/largo alcance y alimentación de vídeo para el indicador de posición del plan; su gama de sintonía es la misma que la del transmisor. El receptor del Sistema S-B funciona en la gama de frecuencias 2 900-3 700 MHz. No se dispone de las características del receptor, pero se supone que se trata de receptores modernos que requieren bastante ganancia en procesamiento para detectar objetos múltiples y variados en zonas extensas, en condiciones de ecos intensos y de meteorología adversa.

### **2.2.4 Antena**

El Sistema S-A utiliza una antena de reflector de rotación mecánica con una anchura de haz en acimut de  $1,75^\circ$  y un haz  $\text{csc}^2$  en elevación de  $4,4^\circ$  a  $30^\circ$  con una ganancia de haz principal de 32 dBi. La altura nominal de la antena es de 46 m sobre el nivel medio del mar. El Sistema S-B utiliza cuatro sistemas de antena planos de elementos radiantes en fase orientados electrónicamente para proporcionar una cobertura de  $360^\circ$  con una ganancia de haz principal de 42 dBi. El patrón de antena para los Sistemas S-B puede modelarse utilizando patrones de antena uniforme según la Recomendación UIT-R M.1851. La altura nominal de la antena del radar S-B es de 20 m sobre el nivel medio del mar.

## **2.3 Radar a bordo de aeronaves**

Los radares a bordo de aeronaves que se encuentran en esta banda de frecuencias aprovechan las propiedades del espectro en esta longitud de onda para funciones de vigilancia, seguimiento del blanco y control del tráfico aéreo en zonas amplias. Las características espectrales para los radares

típicos a bordo de aeronaves que funcionan en esta banda de frecuencias se describen en el Cuadro 1. Este sistema consiste en un radar multifuncional de elementos radiantes en fase que se instala en aeronaves de vigilancia pertenecientes a una serie de administraciones. La antena de este sistema es un sistema amplio de elementos radiantes de guionada ranurados montada encima del fuselaje. Da 40 dBi de ganancia de haz principal, lóbulo lateral primero a 27 dBi y se ha estimado su ganancia de lóbulo lateral remota en  $-11,5$  dBi.

Los patrones de antena que deben considerarse en los estudios de compartición y compatibilidad son los que figuran en la Recomendación UIT-R M.1851 con distribución uniforme. Las aeronaves que llevan estos radares pueden llevar a cabo operaciones a nivel mundial. Además de sus funciones de vigilancia aérea y de control del tráfico aéreo pueden también incorporar un modo de vigilancia marítima. Este sistema de aeronave funciona normalmente a unos 9 000 m de altitud y puede mantenerse en funcionamiento hasta 12 horas seguidas, dependiendo de la disponibilidad de tripulación. En algunas situaciones se mantiene una vigilancia constante durante 24 horas al día gracias al repostaje.

### 3 Criterios de protección

Los radares se ven afectados de manera fundamentalmente diferente por los distintos tipos de señales indeseadas y la diferencia es especialmente acusada entre los efectos de una señal de energía continua similar al ruido y la ocasionada por impulsos.

Los sistemas que utilizan compresión de impulsos tienen su ancho de banda FI concordada con el impulso comprimido y actúan como filtros adaptados para la degradación mínima de la relación  $S/N$ . Los filtros de compresión de impulsos pueden estar parcialmente ajustados a, y por tanto incrementar el efecto de, la interferencia de tipo similar al ruido. En tal caso, puede que una relación  $I/N$  de  $-6$  dB no sea adecuada, y puede que sean necesarios nuevos estudios o mediciones de compatibilidad para evaluar la interferencia en términos de la repercusión operativa en la calidad de servicio del radar.

La interferencia causada por una onda continua de tipo similar al ruido produce un efecto de desensibilización en los radares de radiodeterminación, efecto que es predecible y depende de la intensidad. En todo sector acimutal por el que llegue dicha interferencia, su densidad espectral de potencia puede simplemente sumarse a la densidad espectral de potencia del ruido térmico del sistema radar, en una aproximación razonable. Sea  $N$  la densidad espectral de potencia del ruido en el sistema radar en ausencia de interferencia y sea  $I$  la interferencia de tipo ruido; la densidad espectral de potencia de ruido efectiva resultante es sencillamente la suma  $I + N$ .

Los criterios de protección de radares establecidos tradicionalmente por el UIT-R se basan en penalizaciones acarreadas para mantener la relación señal-ruido que retorna del objetivo en presencia de interferencia, lo que exige que la potencia de la señal que retorna del objetivo se aumente proporcionalmente al aumento de la potencia de ruido, es decir, de  $N$  a  $I + N$ . Esto sólo puede lograrse si se aceptan una reducción del alcance máximo para determinados objetivos, sacrificando así la observación de objetivos pequeños, o se modifica el radar para aumentar su potencia de transmisión o su producto potencia-apertura. (En los radares modernos, el ruido en el sistema receptor está generalmente cerca del mínimo irreducible y el procesamiento de la señal es en general casi óptimo.)

Estas penalidades varían dependiendo de la función del radar y de la naturaleza de sus objetivos. Para la mayoría de los sistemas radar, un aumento en el nivel de ruido efectivo de 1 dB produciría una degradación del funcionamiento superior al máximo tolerable. En el caso de un objetivo discreto que tenga una determinada sección transversal (RCS) media o mediana, este aumento reduciría el alcance de detección en un 6% aproximadamente con independencia de las características de fluctuación RCS que pueda presentar el objetivo. Este efecto se debe a que el alcance que puede obtenerse en el espacio libre es proporcional a la raíz 4 de la relación de potencia señal-ruido (SNR) resultante, según la ecuación de alcance del radar más conocida. Un aumento de 1 dB de la potencia de ruido efectiva

corresponde a un factor de 1,26 de la potencia, de modo que si no se compensa equivaldría a una reducción del alcance en el espacio libre desde un determinado objetivo discreto por un factor  $1/((1,26)^{1/4})$  o 1/1,06; es decir, una reducción de la capacidad de alcance de un 6% aproximadamente. En la ecuación del alcance, la SNR también es directamente proporcional a la potencia del transmisor, al producto potencia-apertura (para el caso de radares de vigilancia) y a la sección transversal del radar. Otra posibilidad de compensar el aumento de 1 dB de la potencia de ruido efectiva es renunciar a la detección de todos los objetivos salvo los que su sección transversal sea 1,26 veces mayor que el objetivo de tamaño mínimo que podría detectarse en el régimen libre de interferencias o bien aumentar la potencia de transmisión del radar o su producto potencia-apertura por un 26%. Cualquiera de estas alternativas está en el límite de aceptabilidad para la mayoría de las misiones de radar y las modificaciones del sistema podrían resultar costosas, impracticables o imposibles, especialmente en los radares móviles. En el caso de objetivos discretos, estas penalizaciones de funcionamiento rigen para una determinada probabilidad de detección y tasa de falsas alarmas y cualesquiera características de fluctuación del objetivo.

---