

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R M.2057-1
(01/2018)

**Características del sistema de radares
en automóviles que funcionan en la banda
de frecuencias 76-81 GHz para aplicaciones
de sistemas de transporte inteligentes**

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 el Anexo 1 a 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
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	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, 2018

© UIT 2018

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.2057-1

Características del sistema de radares en automóviles que funcionan en la banda de frecuencias 76-81 GHz para aplicaciones de sistemas de transporte inteligentes

(2014-2018)

Cometido

Esta Recomendación describe las características del sistema de radares en automóviles que funcionan en la banda de frecuencias 76-81 GHz del servicio de radiolocalización. Estas características técnicas y de funcionamiento deberían ser utilizadas en estudios de compatibilidad entre radares en automóviles que funcionan en el servicio de radiolocalización y sistemas que funcionan en otros servicios.

Palabras clave

Características, criterios de protección, radar en automóvil, sistemas de transporte inteligentes

Abreviaturas/glosario

ACC	Control de trayectoria adaptable (<i>adaptive cruise control</i>)
CA	Evitación de colisiones (<i>collision avoidance</i>)
FMCW	Onda continua modulada en frecuencia (<i>frequency modulated continuous wave</i>)
ITS	Sistema de transporte inteligente (<i>intelligent transport systems</i>)

Recomendaciones e Informes UIT-R conexos

Recomendación UIT-R M.1452 – Radares de ondas milimétricas para evitar colisiones entre vehículos y sistemas de radiocomunicaciones para aplicaciones de sistemas de transporte inteligentes

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 de los radares en automóviles son necesarias para que desempeñen sus funciones de manera óptima en ciertas bandas de frecuencia;
- b) que las características técnicas de los radares de radiodeterminación vienen determinadas por las necesidades del sistema y pueden variar considerablemente de una banda a otra;
- c) que las características técnicas y operacionales representativas de los radares que funcionan en las bandas de frecuencias atribuidas al servicio de radiodeterminación son necesarias para determinar la viabilidad de introducir nuevos tipos de sistemas;
- d) 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,

recomienda

que las características de los sistemas para los radares en automóviles que funcionan en la banda de frecuencias 76-81 GHz para aplicaciones de sistemas de transporte inteligentes que se describen en el Anexo 1 se utilicen para realizar estudios de compartición/compatibilidad.

Anexo 1

Características del sistema de radares en automóviles que funcionan en la banda de frecuencias 76-81 GHz para aplicaciones de sistemas de transporte inteligentes

1 Introducción

Los sistemas de radares que contribuyen a mejorar la seguridad vial funcionan en la banda de frecuencias 76-81 GHz. La evolución de las exigencias relativas a aplicaciones relacionadas con la seguridad de la automoción, en particular para reducir los accidentes y las víctimas de los accidentes de tráfico, requieren una resolución de alcance para los sistemas de radar en automóviles que conduzcan a un ancho de banda necesario de hasta 4 GHz.

2 Características técnicas de los sistemas de radares en automóviles que funcionan en la banda de frecuencias 76-81 GHz

En términos de requisitos de seguridad y de funcionamiento, los sistemas de radares en automóviles que funcionan en la banda de frecuencias 76-81 GHz pueden dividirse en dos categorías:

- **Categoría 1:** Radar de control de trayectoria adaptable (ACC) y para evitar colisiones (CA); las características técnicas típicas para alcances de medición de hasta 250 metros se enumeran en el Cuadro 1, bajo el epígrafe Radar A. Estas aplicaciones requieren una anchura de banda continua máxima de 1 GHz. Estos radares ofrecen al conductor funciones de confort adicionales y fomentan una conducción mucho menos estresante.
- **Categoría 2:** Sensores para aplicaciones de alta resolución como la detección en ángulos muertos, la ayuda para el cambio de carril y la alerta por rebasamiento de tráfico posterior, detección de peatones y bicicletas en las inmediaciones de un vehículo; las características técnicas típicas para alcances de medición de hasta 100 metros se enumeran en el Cuadro 1, bajo los epígrafes Radar B, Radar C y Radar D. Para estas aplicaciones de alta resolución, se necesita una anchura de banda de 4 GHz. Estos radares son una ayuda directa para la seguridad activa y pasiva del vehículo y, en consecuencia, son fundamentales para mejorar la seguridad vial. Los requisitos ampliados para la seguridad activa y pasiva del vehículo ya se recogen en los requisitos para las pruebas de los vehículos. El radar E funciona con un campo de visión mayor a fin de permitir aplicaciones de alta resolución como la detección de peatones, las ayudas para el estacionamiento y el freno de emergencia a baja velocidad (< 30 km/h).

En el Cuadro 1 se presentan los parámetros técnicos de los sistemas de radares del servicio de radiolocalización que funcionan en las bandas de frecuencias 76-77 GHz y 77-81 GHz.

CUADRO 1

Características de los radares en automóviles que funcionan en la banda de frecuencias 76-81 GHz

Parámetro	Unidad	Radar A ⁽¹⁾ Radar en automóvil Para aplicaciones delanteras, por ejemplo los ACC	Radar B Radar en automóvil de alta resolución Para aplicaciones delanteras	Radar C Radar en automóvil de alta resolución Para aplicaciones en ángulos muertos	Radar D Radar en automóvil de alta resolución	Radar E Radar en automóvil de alta resolución Aplicaciones de muy corto alcance (p.ej.: ayudas para el estacionamiento, dispositivos CA a muy baja velocidad)
Sub-banda utilizada	GHz	76-77	77-81	77-81	77-81	77-81
Alcance de funcionamiento típico	m	Hasta 250	Hasta 100	Hasta 100	Hasta 100	Hasta 50
Resolución del alcance	cm	75	7,5	7,5	7,5	7,5
Tipo de emisiones típico		FMCW, FMCW rápida	FMCW, FMCW rápida	FMCW, FMCW rápida	FMCW	FMCW, FMCW rápida
Anchura de banda necesaria máxima	GHz	1	4	4	4	4
Anchura de banda del impulso modulado	GHz	1	2-4	2-4	2-4	2
Tiempo de barrido típico	μs	10 000-40 000 para FMCW 10-40 para FMCW rápida	10 000-40 000 para FMCW 10-40 para FMCW rápida	10 000-40 000 para FMCW 10-40 para FMCW rápida	2 000-20 000 para FMCW	10 000-40 000 para FMCW 10-40 para FMCW rápida
p.i.r.e. máxima	dBm	55	33	33	45	33

CUADRO 1 (cont.)

Parámetro	Unidad	Radar A⁽¹⁾ Radar en automóvil Para aplicaciones delanteras, por ejemplo los ACC	Radar B Radar en automóvil de alta resolución Para aplicaciones delanteras	Radar C Radar en automóvil de alta resolución Para aplicaciones en ángulos muertos	Radar D Radar en automóvil de alta resolución	Radar E Radar en automóvil de alta resolución Aplicaciones de muy corto alcance (p.ej.: ayudas para el estacionamiento, dispositivos CA a muy baja velocidad)
Potencia máxima de transmisión a la antena	dBm	10	10	10	10	10
Densidad máxima de potencia para emisiones no deseadas	dBm/MHz	0 (73,5-76 GHz y 77-79,5 GHz) -30 en el resto de casos	-30	-30	-13 ⁽²⁾	-30
Anchura de banda en FI del receptor (-3 dB)	MHz	0,5-1	10	10	10	10
Anchura de banda en FI del receptor (-20 dB)	MHz	0,5-20	15	15	15	15
Sensibilidad del receptor ⁽³⁾	dBm	-115	-120	-120	-120	-120
Factor de ruido del receptor	dB	15	12	12	12	12
Anchura de banda de ruido equivalente (kHz)	kHz	25	16	16	16	16

CUADRO 1 (fin)

Parámetro	Unidad	Radar A⁽¹⁾ Radar en automóvil Para aplicaciones delanteras, por ejemplo los ACC	Radar B Radar en automóvil de alta resolución Para aplicaciones delanteras	Radar C Radar en automóvil de alta resolución Para aplicaciones en ángulos muertos	Radar D Radar en automóvil de alta resolución	Radar E Radar en automóvil de alta resolución Aplicaciones de muy corto alcance (p.ej.: ayudas para el estacionamiento, dispositivos CA a muy baja velocidad)
Ganancia del haz principal de la antena	dBi	Típica 30, máxima 45	TX: 23 RX: 16	TX: 23 RX: 13	TX: 35 máx. RX: 35 máx.	TX: 23 RX: 13
Altura de la antena	m	0,3-1 por encima de la carretera	0,3-1 por encima de la carretera	0,3-1 por encima de la carretera	0,3-1 por encima de la carretera	0,3-1 por encima de la carretera
Ancho del haz 10 dB en acimut de la antena	grados	TX/RX: ±10	TX: ±22,5 RX: ±25	TX: ±23 RX: ±30	TX: ±30 RX: ±30	TX: ±50 RX: ±50
Ancho del haz 3 dB en el acimut de la antena ⁽⁴⁾	grados	TX/RX: ±5	TX: ±12,5 RX: ±13,5	TX: ±12,5 RX: ±16	TX: ±16 RX: ±16	TX: ±27 RX: ±27
ancho del haz -3 dB de elevación de la antena	grados	TX/RX: ±3	TX/RX: ±5,5	TX/RX: ±5,5	TX/RX: ±5,5	TX/RX: ±5,5

⁽¹⁾ El radar de tipo A está relacionado con la Recomendación UIT-R M.1452.

⁽²⁾ La densidad de potencia máxima de las emisiones no deseadas se especifica en el terminal de entrada de la antena.

⁽³⁾ La sensibilidad del receptor se determina utilizando la anchura de banda del ruido equivalente.

⁽⁴⁾ Este parámetro se utiliza en el diagrama de antena definido en el § 3 siguiente (φ_3)

3 Diagrama de antena

Con las siguientes ecuaciones se obtiene el diagrama de radiación de la antena que puede utilizarse para analizar la interferencia:

$$G(\varphi, \theta) = G_{ref}(x)$$

$$G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2 \quad \text{para } 0 \leq x < 1,152$$

$$G_{ref}(x) = G_0 - 15 - 15 \log(x) \quad \text{para } 1,152 \leq x$$

con:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\tan \theta}{\sin \varphi}\right)$$

$$\Psi_\alpha = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos \alpha}{\varphi_3}\right)^2 + \left(\frac{\sin \alpha}{\theta_3}\right)^2}}$$

$$\Psi = \arccos(\cos \varphi \cdot \cos \theta)$$

$$x = \frac{\Psi}{\Psi_\alpha}$$

donde:

- $G(\varphi, \theta)$: ganancia con respecto a una antena isótropa (dBi)
- G_0 : ganancia máxima en o cerca del plano horizontal (dBi)
- θ : valor absoluto del ángulo de elevación con respecto al ángulo de ganancia máxima (grados)
- θ_3 : ancho del haz 3 dB en el plano vertical (grados)
- φ : ángulo acimutal con respecto al ángulo de ganancia máxima (grados)
- φ_3 : ancho del haz 3 dB en el plano acimutal (grados).

En el Anexo 2 se presentan los diagramas de antena obtenidos con estas fórmulas para los cinco tipos de radares definidos en el Cuadro 1.

4 Características de funcionamiento de los sistemas de radares en automóviles que funcionan en las bandas de frecuencias 76-77 GHz y 77-81 GHz

Las aplicaciones de radares en automóviles han pasado de ofrecer funciones adicionales para ampliar el confort, como el radar ACC y CA, a ofrecer funciones que mejoran notablemente la seguridad activa y pasiva del vehículo. Estas evoluciones requieren sistemas capaces de detectar objetos situados en las proximidades (alrededor de 15 metros) del vehículo, como peatones o bicicletas. Estas aplicaciones precisan de sensores de radar capaces de detectar que el objetivo se encuentra a una distancia de menos de 10 centímetros. Los sensores de radar que ofrecen esta resolución necesitan una anchura de banda de funcionamiento de 4 GHz.

Los sensores de los radares del tipo A detectan el tráfico viario pertinente a fin de adaptar la velocidad del vehículo a la de los vehículos que circulan por delante de él. En función de la aplicación, y a fin de mejorar la seguridad, un vehículo puede combinar uno o más tipos de radar del tipo A con sensores de radares de los tipos B, C, D o E. El sistema de tratamiento de datos del vehículo pondrá en marcha el radar adecuado en función de la información que reciba del sensor.

Los sensores de los radares de los tipos B, C, D o E cubren las inmediaciones del vehículo y ofrecen funciones adicionales de seguridad activa y pasiva, por ejemplo el frenado de emergencia autónomo, medidas de asistencia activa para los ángulos muertos o la ayuda para el cambio de carril.

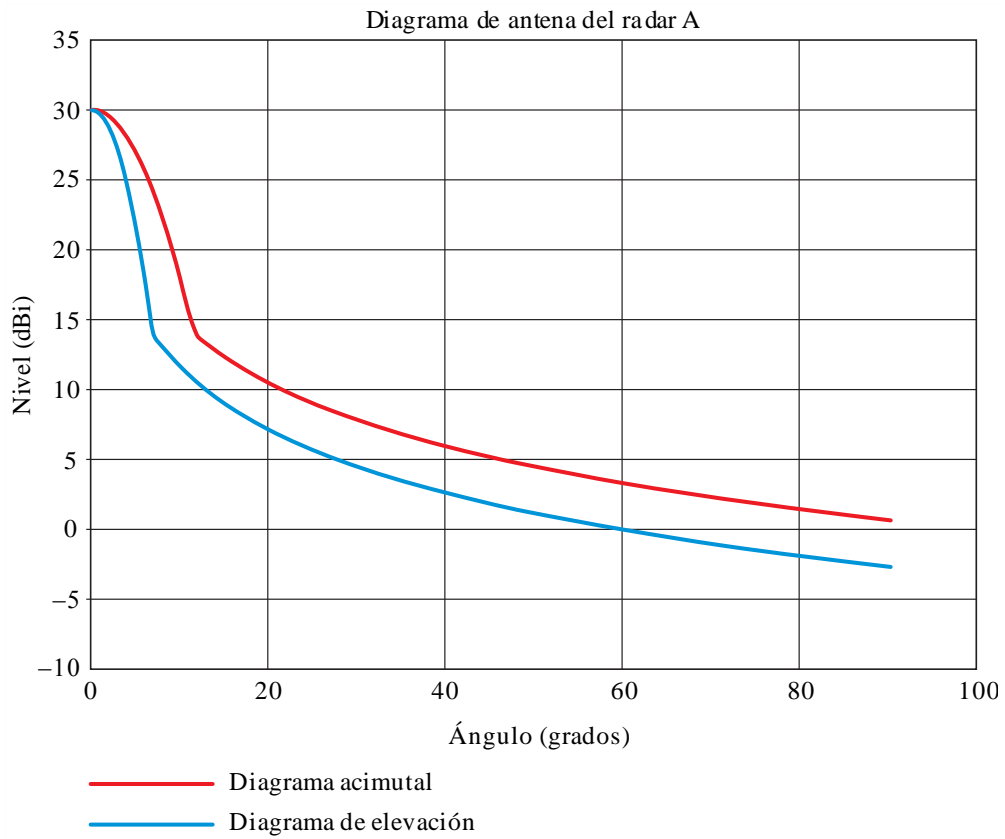
5 Criterios de protección

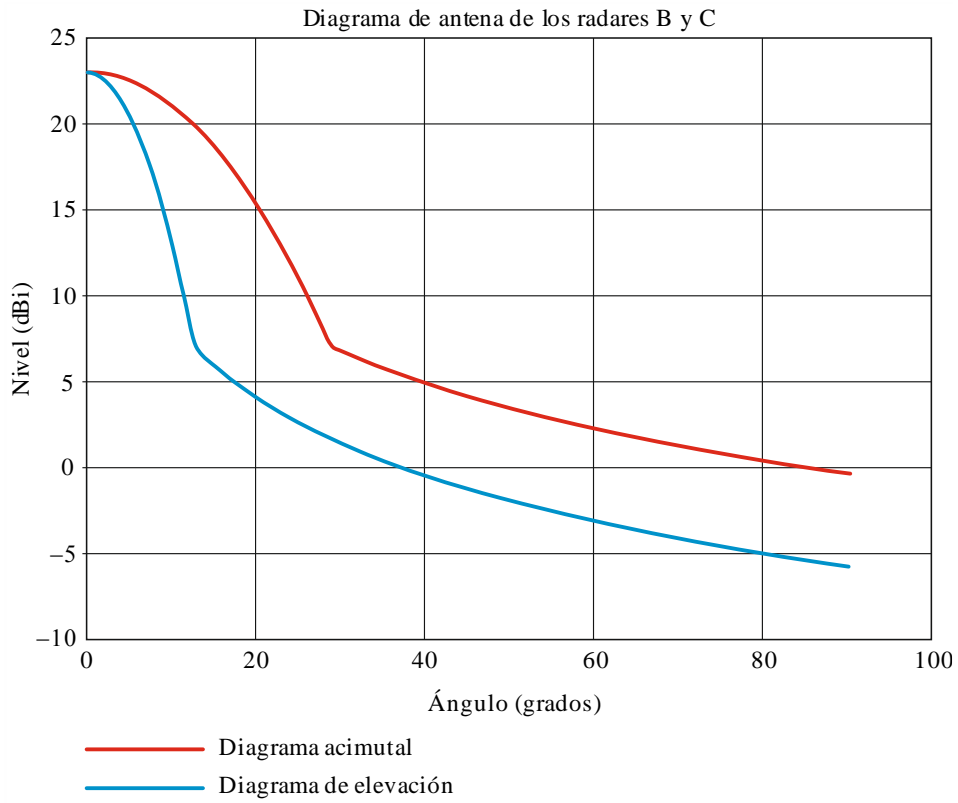
El efecto de desensibilización en los radares que funcionan en esta banda de frecuencias procedente de otros servicios con onda continua, onda continua con modulación en frecuencia (FMCW) o modulación de tipo ruido guarda posiblemente relación con su intensidad. En cualquiera de los sectores de acimut de los que proviene este tipo de interferencia, su densidad espectral de potencia puede, con una aproximación razonable, simplemente sumarse a la densidad espectral de potencia del ruido térmico del receptor de radar. Si se denomina N_0 a la densidad espectral de potencia del ruido en el receptor radar en ausencia de interferencia e I_0 a la interferencia de tipo ruido, la densidad espectral de potencia de ruido efectiva resultante es simplemente la suma $I_0 + N_0$. Un aumento de 1 dB aproximadamente en los radares de automóviles constituye una degradación significativa. Un aumento de este tipo corresponde a una relación $(I + N)/N$ de 1,26 o a una relación I/N de -6 dB, aproximadamente.

El factor de acumulación puede ser muy sustancial en el caso de ciertos sistemas de comunicaciones en los que puede instalarse un gran número de estaciones. El efecto de la interferencia impulsiva es más difícil de cuantificar y depende fuertemente del diseño de los receptores y el procesador, así como del modo de funcionamiento. En particular, las ganancias del procesamiento diferenciales para retornos de blanco válidos que son sincrónicos con los impulsos, y los impulsos de interferencia que generalmente son asincrónicos, suelen tener efectos importantes en la repercusión de los niveles determinados de interferencia impulsiva. Este tipo de desensibilización puede dar lugar a diversas formas distintas de degradación de la calidad. La evaluación de éstas será un objetivo de los análisis de interacciones entre tipos específicos de radares.

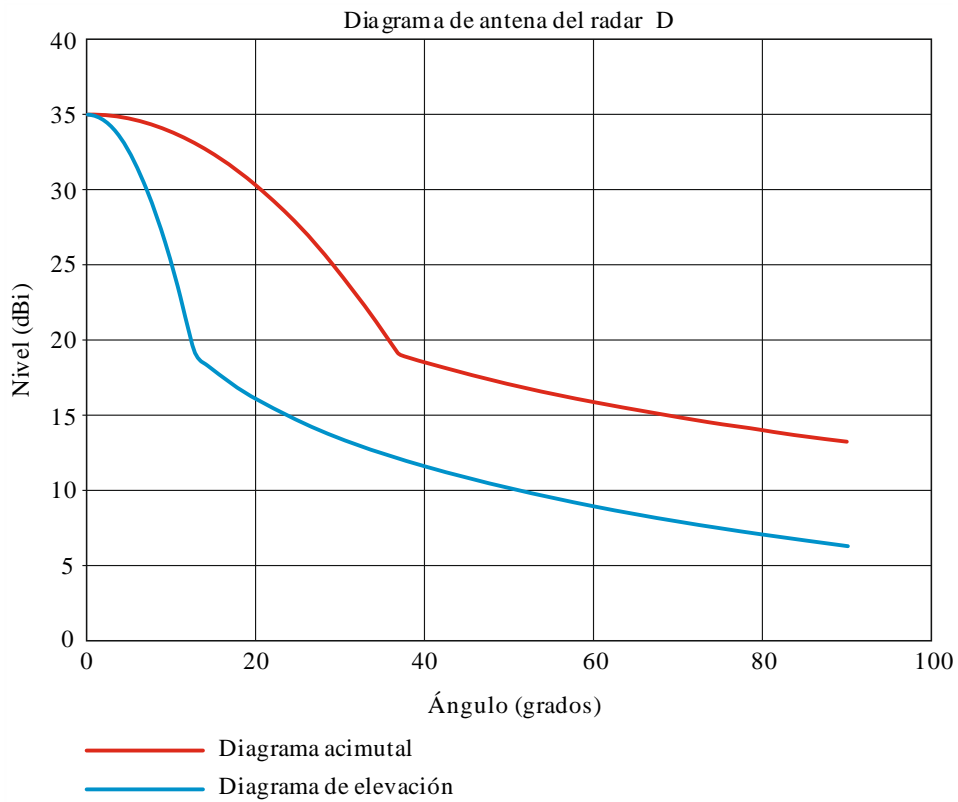
Anexo 2

Ejemplos de diagramas de antena de transmisión para los tipos de radar definidos en el Cuadro 1

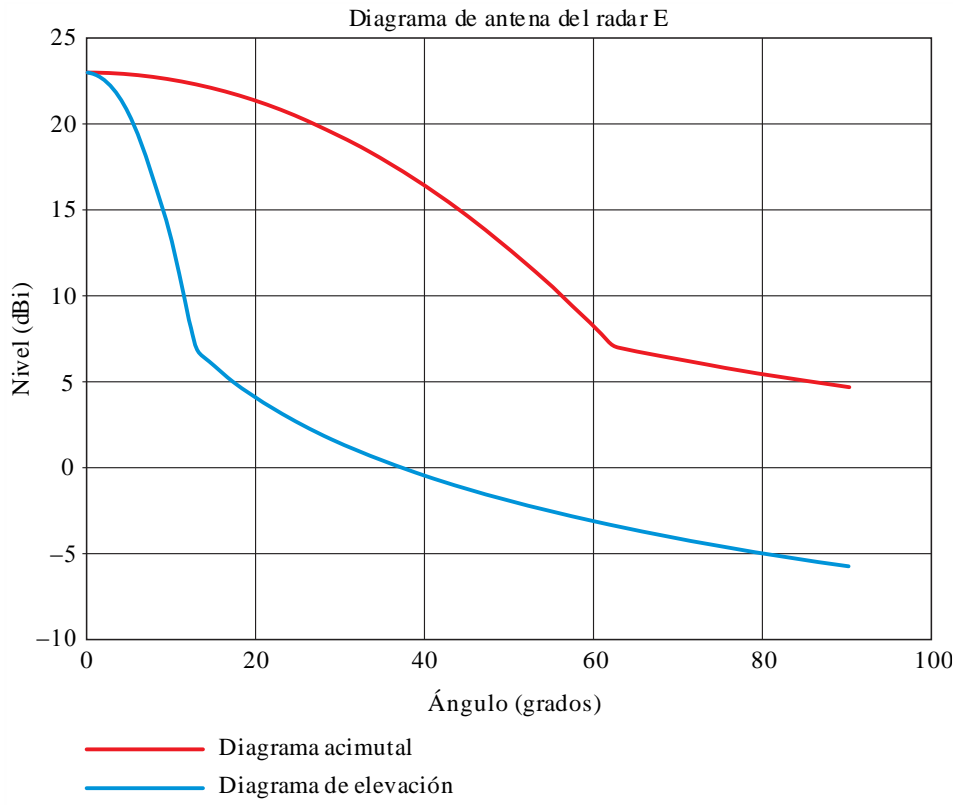




M.2057-02



M.2057-03



M.2057-04

