

**Guía n.º 1010 de la IALA**  
**sobre el**  
**Comportamiento del alcance de**  
**los racones**  
**On**  
**Racon Range Performance**  
**2ª Edición**  
**Junio de 2005**

1ª Edición – Diciembre de 1999



10, rue des Gaudines  
78100 Saint Germain en Laye, France  
Telephone +33 1 34 51 70 01 Fax +33 1 34 51 82 05  
e-mail - [contact@iala-aism.org](mailto:contact@iala-aism.org) Internet: [www.iala-aism.org](http://www.iala-aism.org)

### **Revisiones del Documento**

Las revisiones realizadas al Documento de la IALA se anotarán en el siguiente cuadro antes de la difusión de un documento revisado.

<b>Fecha</b>	<b>Página / Sección Revisada</b>	<b>Necesidad de Revisión</b>
Marzo de 2005	<ul style="list-style-type: none"><li>• Apartado 1 – Introducción</li><li>• Apartado 2.1 – Banda de operación del radar</li><li>• Apartado 3.4 – Precisión de seguimiento de los racones</li><li>• Apartado 3.5 – Funcionamiento habitual de los radares</li><li>• Formateo - General</li></ul>	Reflejan los cambios de la UIT y de la OMI acerca del funcionamiento de radares y el uso del espectro.

## Índice de Contenidos

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>FACTORES BAJO EL CONTROL DEL OPERADOR DE RADAR.</b>	<b>5</b>
2.1	Banda de operación del radar	5
2.2	Configuración de la pantalla	5
2.3	Conocimiento sobre determinadas características del funcionamiento de los racones	5
<b>3</b>	<b>FACTORES FUERA DEL CONTROL DEL OPERADOR DE RADAR</b>	<b>5</b>
3.1	Las características de propagación de la atmósfera que media entre los dos puntos	5
3.2	Desvanecimiento a causa de la interferencia debida a trayectos múltiples	6
3.3	Arcos ciegos	7
3.4	Precisión de seguimiento de los racones	7
3.5	Funcionamiento habitual de los radares	7
<b>4</b>	<b>ESTIMACIÓN DE LOS ALCANCES DE LOS RACONES</b>	<b>7</b>
4.1	Nota de aviso	7
4.2	Ejemplo de resultados gráficos	7
<b>5</b>	<b>EJEMPLOS</b>	<b>8</b>
5.1	Análisis de radar - racon	9
5.2	Evaluación de emplazamientos de racones	9
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>FUENTES DE DATOS</b>	<b>11</b>
	<b>ANEXO 1 - DISCUSIÓN ACERCA DE LA PRECISIÓN DEL SEGUIMIENTO Y SU EFECTO SOBRE EL ALCANCE DE LOS RACONES</b>	<b>21</b>

## Guía sobre el comportamiento del alcance de los racones.

### 1 INTRODUCCIÓN

El método recomendado por la International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (IALA) para la publicación del alcance nominal de una baliza de radar (racon) es citar la distancia a la cual es probable que el racon se detecte, asumiendo determinados valores para la altura y potencia de los radares con las que se suelen equipar una gama de buques.

Se han considerado cuatro tipos de combinaciones buque / radar, en cada una de las cuales se puede instalar a dos diferentes alturas.

El documento MSC79 de la OMI ha aprobado la Resolución 192(79) sobre el comportamiento de radares, que eliminó la activación de racones por los radares de 3 GHz (Banda-S). Debido a ello, el funcionamiento a 3 GHz no se trata de manera explícita. Sin embargo, el comportamiento de una señal de radar a 3 GHz es similar a una de 9 GHz y se pueden observar muchos de los mismos efectos.

Tipo de buque	Banda <sup>1</sup>	Potencia	Antena		Altura sobre el nivel del mar, en metros	
			Ganancia dBi	Tamaño, en metros	(A)	(B)
(1) De ocio/pequeño	9 GHz	4 kW	25	0,9	3	6
(2) Comercial pequeño	9 GHz	10 kW	29	1,2	5	10
(3) Comercial grande	9 GHz	25 kW	31	2,4	15	35

**Cuadro 1 - Tipos de radar**

Aparte de la potencia efectiva de salida del radar, los parámetros más importantes que afectan al alcance nominal son las alturas sobre el nivel del mar del racon y del radar<sup>2</sup>. En todas las combinaciones que figuran en el Cuadro 1, la potencia de la señal de radar recibida por el racon es más crítica que el trayecto de retorno y determina si el racon emitirá una respuesta.

Los alcances nominales proporcionados en esta nota sólo se tomarán como una orientación aproximada. Además de la potencia efectiva de salida del radar y las alturas del radar y del racon, los factores detallados a continuación ejercen una influencia importante sobre si el racon se detectará en la pantalla de radar.

<sup>1</sup> La banda de 9 GHz se conocía previamente como la banda X. También se la denomina como la banda de 3 cm. La banda de 3 GHz se conocía previamente como la banda S. También se la denomina como la banda de 10 cm.

<sup>2</sup> A lo largo de esta nota, se pueden intercambiar las alturas del racon y del radar. Por ejemplo, el comportamiento de un racon a 6 m sobre nivel del mar en un radar a 35 m sobre el nivel del mar sería idéntico al del mismo racon a 35 m sobre el nivel del mar en el mismo tipo de radar a 6 m sobre el nivel del mar.

## 2 FACTORES BAJO EL CONTROL DEL OPERADOR DE RADAR.

### 2.1 Banda de operación del radar

Algunos racones están equipados con una sola banda. La pantalla de radar que se visualiza debe estar conectada a una cabeza de radar que opere en la banda correcta para ese racon. Si un radar de abordaje tiene capacidad de interconmutación, puede que no sea obvio a primera vista qué unidad de transmisión / recepción está conectada a una pantalla específica. Además, el operador debe ser consciente de que es posible que algunos nuevos radares de 3 GHz no activen o detecten racones (véase el apartado 3.5).

### 2.2 Configuración de la pantalla

El radar se debe configurar para mostrar una escala de alcance adecuada a la distancia entre el racon y el buque. Debe estar correctamente ajustada, sobre todo para la eliminación de interferencias.

### 2.3 Conocimiento sobre determinadas características del funcionamiento de los racones

El observador debe ser consciente de que los racones se programan para estar activos (normalmente) durante sólo 15 segundos de cada minuto.

## 3 FACTORES FUERA DEL CONTROL DEL OPERADOR DE RADAR

### 3.1 Las características de propagación de la atmósfera que media entre los dos puntos

Las características de propagación de la atmósfera entre el radar y el racon en cada momento ejercen una influencia importante en el rendimiento del racon, sobre todo a distancias mayores a 10 millas náuticas. El efecto usual del perfil vertical del índice de refracción es causar que la energía de la frecuencia del radar siga un trayecto curvado levemente hacia abajo. Dicha curvatura se tiene en cuenta en los cálculos del comportamiento del alcance, empleando un valor hipotético del radio de la tierra de “k” veces su valor real.

Se asume que el valor normal<sup>3</sup> del factor “k” es de  $(4/3) = 1,33$ . De noche y en condiciones meteorológicas extremas, se asume que el valor de “k” debe ser considerablemente más bajo que este valor. Por el contrario, se tomará un valor más alto en buenas condiciones diurnas. En zonas de clima templado, “k” suele tener un valor entre 1,0 y 2,0. Sin embargo, puede bajar hasta el 0,8, lo que podría reducir el alcance del racon en más del 50%. Alternativamente, puede llegar hasta 10, lo que podría incrementar el alcance del racon por un factor similar. Estas condiciones se suelen denominar “propagación anómala” –coloquialmente, *anaprop* en inglés<sup>4</sup>. Desafortunadamente, no existe una manera viable para encontrar el valor de “k” que

---

<sup>3</sup> La palabra “normal” aquí se emplea para seguir la práctica de la mayoría de los manuales sobre la materia. El término “media anual mundial” sería mejor, porque el valor que debe emplearse varía de manera considerable de un lugar a otro y de una hora a otra.

<sup>4</sup> De vez en cuando, se puede encontrar el fenómeno de propagación guiada, o *ducting*, en la que los rayos de radar se quedan atrapados dentro de una banda a la altura de la superficie del mar, o a unos metros por encima de ella. Este fenómeno resulta en una disminución grave del comportamiento del radar.

no sea retrospectiva, mediante un cálculo a partir de mediciones detalladas del perfil atmosférico o correlaciones empíricas con las observaciones del comportamiento del radar.

La precipitación, tanto en el emplazamiento del racon, donde podría generar interferencias a corto y medio alcance, como en una sección considerable del trayecto entre el radar y el racon, donde podría generar una atenuación considerable en la señal de un radar que funciona a 9 GHz, reduciría el alcance efectivo de detección del racon. La presencia en la pantalla de radar de interferencias debidas al mar, la lluvia o la tierra en las inmediaciones del racon reducirá la capacidad de detectar la respuesta del mismo a causa del oscurecimiento.

Todas estas características de la propagación también afectan la detección de blancos normales de radar, como pueden ser buques o litorales.

### 3.2 Desvanecimiento a causa de la interferencia debida a trayectos múltiples

El segundo factor externo, que raramente se experimenta en la detección de blancos normales de radar<sup>5</sup>, es el desvanecimiento a causa de la interferencia debida a trayectos múltiples. La Figura 1 muestra un ejemplo típico de la variación de la señal recibida con la distancia. La curva suave representa la señal que se recibiría ante la ausencia de cualquier tipo de reflejo de la superficie del mar –la condición de “espacio libre”.

En la práctica, la señal recibida es la suma de vectores del trayecto directo de la señal y de su reflejo en la superficie del mar. Para determinadas alturas de radar y del racon, la diferencia en longitud entre los trayectos directo e indirecto varía con la distancia entre el radar y el racon y, por lo tanto, la fase de las dos señales también varía. Cuando llegan en fase<sup>6</sup>, la suma de vectores proporciona una ganancia de hasta 6 dB. Por el contrario, cuando llegan desfasadas, existe (en teoría) una anulación casi total. Esta condición es más marcada cuando el mar está en calma y se suele denominar “desvanecimiento por trayectos múltiples”<sup>7</sup>. Esta modulación de la curva de propagación del espacio libre se muestra en la Figura 1.

El racon se activará sólo si la señal combinada recibida (o sea, la suma de vectores que resulta de los rayos directos y los reflejados) esté por encima del umbral de su receptor. El racon no se activará con separaciones entre el radar y el racon en las cuales la señal combinada esté por debajo del umbral. Tradicionalmente, las zonas activas se denominan “lóbulos”, debido a las trazas del perfil vertical, tal y como se muestran en las Figuras 2 a 7. Hay, entre los lóbulos, “zonas de desvanecimiento” o “nulas”, en las cuales no se activa el racon. La extensión de una zona de desvanecimiento suele ser del orden del 3 al 10% del alcance, el primero (alcance más largo) siendo el más ancho y profundo. Un desvanecimiento raramente persistirá en el radar de un buque en movimiento, porque la distancia entre el radar y el racon suele cambiar. Sin embargo, puede tener relevancia cuando se planifique el emplazamiento de un racon, sobre todo en las inmediaciones de una Zona de Separación del Tráfico Marítimo.

---

<sup>5</sup> Porque tales blancos consisten en muchos reflectores individuales no correlacionados, mientras que una antena de racon es, efectivamente, un punto único.

<sup>6</sup> Nótese que hay un desplazamiento de fase de 180° en el punto de reflexión.

<sup>7</sup> La geometría del diagrama de rayos depende de el valor de “k” y, por lo tanto, de las posiciones los lóbulos y las zonas nulas.

### 3.3 Arcos ciegos

Un último factor, que también es aplicable al funcionamiento normal del radar, es la posible influencia de la superestructura del buque y de la ubicación de la antena del radar. En muchos buques, la potencia de la señal recibida de los racones, y los ecos de otros blancos, puede variar en función de la dirección relativa del racon o del blanco, – “arcos ciegos o semiciegos”. De igual manera, el racon se debe instalar con una vista despejada de la zona de interés del mar.

### 3.4 Precisión de seguimiento de los racones

Los equipos individuales de radar transmiten a varias frecuencias dentro de la misma banda. Para que el radar pueda detectar un racon, este último tendrá que responder a la frecuencia del radar. El proceso de medir la frecuencia del radar y de ajustar la frecuencia de emisión del racon para que se corresponda a ella no es perfecto, pudiéndose esperar un cierto grado de error en el seguimiento de la frecuencia. En la actualidad, los receptores de radar vienen equipados con filtros de paso de banda estrecha que excluyen señales no deseadas. Por lo tanto, el error de seguimiento de los racones parece deteriorar la potencia de señal de los mismos.

Es posible cuantificar el efecto del error de seguimiento. Véase al respecto el ANEXO 1, *Discusión acerca de la precisión del seguimiento y su efecto sobre el alcance de los racones*.

### 3.5 Funcionamiento habitual de los radares

Las normas de funcionamiento de la OMI no requieren que los radares de 3 GHz activen o detecten racones.

Debido a los requisitos cambiantes de la UIT, los radares de nueva generación deben producir emisiones reducidas y cabe la posibilidad de que no activen o detecten los racones existentes. Es poco probable que los reglamentos se modifiquen antes del año 2012.

## 4 ESTIMACIÓN DE LOS ALCANCES DE LOS RACONES

### 4.1 Nota de aviso

Se pueden elaborar programas informáticos que calculen y determinen las relaciones entre la potencia de la señal recibida y la distancia entre el radar y el racon, para cualquier conjunto de parámetros de equipamiento y características de propagación que se asuman. Se ha utilizado un conjunto de programas similares (véase el apartado 7) para generar los cuadros y gráficos que figuran a continuación. No obstante, debido a la cantidad de variables implicadas y la imprevisibilidad de algunas de ellas, “k” en particular, no sería de gran valor, e incluso podría conducir a error, el intento de definir con alguna precisión los alcances de detección y las posiciones de las zonas de desvanecimiento de los racones.

### 4.2 Ejemplo de resultados gráficos

Las Figuras 1 – 7 aportan unos gráficos de ejemplo de resultados (págs. 12-18).

#### 4.2.1 Figura 1

Este gráfico muestra la variación con la distancia de la señal de radar en el racon receptor para un conjunto de parámetros del radar (3 A en el Cuadro 1), un racon a

una altura de 60 m y un valor asumido de “k” = 1,33. También se muestra la variación tal y como sería en la zona libre, así como el caso práctico con interferencias debidas a trayectos múltiples. Se muestra el umbral de activación de un racon de 9 GHz (-40 dBm). El efecto de una lluvia homogénea a lo largo de toda la trayectoria, que introduce una atenuación que se incrementa de manera lineal con la distancia, se puede simular dibujando una línea de umbral que crece al ritmo adecuado. Se muestra una línea de ejemplo a 0,1 dB/milla, que aproximadamente corresponde a una lluvia moderada de 4 mm/hora en un sistema de 9 GHz.

Las Figuras 2 a 9 muestran, de forma gráfica, las indicaciones de la variación del alcance nominal y la posición y forma de los primeros lóbulos (o sea, los más largos) para una variedad de combinaciones radar/racon, con la altura del radar como la variable independiente. “Más allá” de las zonas en forma de lóbulo, trazadas con una línea continua, están las combinaciones de altura y distancia, donde el racon no responde al radar, y las combinaciones con las cuales sí responderá el racon al radar están “dentro” de los lóbulos. Cada figura muestra también las zonas en forma de lóbulo, trazadas con una línea discontinua, que ilustran los efectos de una reducción combinada de 6 dB de la salida efectiva del radar y de la sensibilidad del racon a causa de un deterioro en su funcionamiento.

#### 4.2.2 Figura 2

Embarcación típica de recreo de reducido tamaño o similar con un radar de 4 kW a 9 GHz instalado a una altura de 3 metros sobre el nivel del mar (1 A en el Cuadro 1).

#### 4.2.3 Figura 3

Igual que la Figura 2, pero con el radar instalado a 6 metros sobre el nivel del mar (1 B en Cuadro 1).

#### 4.2.4 Figura 4

Embarcación comercial típica de reducido tamaño o de pesca con un radar de 10 kW a 9 GHz instalado a una altura de 5 metros sobre el nivel del mar (2 A en el Cuadro 1).

#### 4.2.5 Figura 5

Igual que la Figura 4, pero con el radar instalado a 10 metros sobre el nivel del mar (2 B en el Cuadro 1).

#### 4.2.6 Figura 6

Embarcación comercial típica de gran tamaño con un radar de 25 kW a 9 GHz instalado a una altura de 15 metros sobre el nivel del mar (3 A en el Cuadro 1).

#### 4.2.7 Figura 7

Igual que la Figura 6, pero con el radar instalado a 35 metros sobre el nivel del mar (3 B en el Cuadro 1).

## 5 EJEMPLOS

Se proporcionan dos ejemplos para ayudar en la interpretación de los diagramas del alcance de los racones (Figuras 2 a 7). El primero expone la técnica general para utilizar los diagramas, mostrando cómo se analiza el rendimiento de un radar para una



instalación específica de un racon. El segundo ejemplo profundiza en la técnica general y esboza un procedimiento para realizar la evaluación de un emplazamiento potencial del racon según el tráfico previsto de buques (y, por lo tanto, de radares).

## 5.1 Análisis de radar - racon

Se puede leer a partir de los diagramas el alcance máximo previsto de la combinación radar-racon y la ubicación de cualquier zona nula que se pueda encontrar. El procedimiento general para determinar el alcance y las zonas nulas es el siguiente:

- 1 Utilizando el diagrama adecuado, según el tipo de buque, trace una línea a través del diagrama a la altura del racon.
- 2 Siga la línea que acaba de trazar desde el borde derecho del diagrama hasta alcanzar el primer lóbulo. Este punto es el alcance máximo del racon.
- 3 Siga la línea hacia la izquierda hasta el final del primer lóbulo. Este punto es la distancia hasta la primera zona nula.
- 4 Siga la línea hacia la izquierda hasta alcanzar el siguiente lóbulo. La diferencia de la distancia entre este punto y el último es la anchura de la primera zona nula.
- 5 Los pasos 3 y 4 se pueden repetir para determinar la segunda zona nula.

Hay otras zonas nulas más a la izquierda (más cercanas al racon), pero son muy estrechas. En la práctica, estas zonas nulas no existen efectivamente para un buque en movimiento.

La Figura 8 (pág. 19) muestra un ejemplo, utilizando un racon a una altura de 60 metros y un tipo de buque de 1A. En este ejemplo, el alcance máximo es de aproximadamente 12,0 millas, la primera zona nula está ubicada a una distancia aproximada de entre 6,1 millas a 5,0 millas y la segunda entre 3,0 a 2,8 millas.

## 5.2 Evaluación de emplazamientos de racones

En este apartado se plantean dos cuestiones sobre la ubicación de los racones. La primera cuestión consiste en determinar si los alcances máximos de los tipos de radar previstos son adecuados para el emplazamiento. La segunda es determinar que ninguna de las zonas nulas caiga sobre un punto no deseado. Se deben seguir los siguientes pasos:

- 1 Seleccione la altura correspondiente al racon.
- 2 Para cada tipo de buque, determine a partir de los diagramas el alcance máximo, y las ubicaciones y anchuras de las dos primeras zonas nulas y, a continuación, introduzca estos valores en un cuadro.
- 3 Para cada valor de cada tipo de buque en el cuadro, determine si el alcance máximo es adecuado para el servicio previsto. Si algún valor del cuadro no fuera adecuado, entonces se tendrá que elegir una altura nueva y repetirse este procedimiento.
- 4 Para cada valor de cada tipo de buque del cuadro, determine si alguna de las zonas nulas cae sobre un punto no deseado. Si algún punto nulo no fuera deseado, entonces se tendrá que elegir una altura nueva y repetirse este procedimiento.

El Cuadro 2, que figura a continuación, es un ejemplo de esta técnica para un racon potencial a una altura de 60 metros para los ocho tipos de radar.

Tipo de buque	Alcance máximo	Primera zona nula		Segunda zona nula	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
1 A	12,0	6,1	5,0	3,0	2,6
1 B	14,0	10,8	8,4	5,9	5,2
2 A	16,5	8,5	7,5	4,9	4,5
2 B	19,0	12,7	11,7	7,5	7,0
3 A	22,5	15,0	14,5	11,0	10,8
3 B	27,5	21,5	20,5	17,5	17,0

### **Cuadro 2 - Alcances y zonas nulas**

En todo caso, las precauciones expresadas en el Apartado 4.1 se tendrán en cuenta.

## **6 CONCLUSIONES**

En los apartados 3.1, 3.2 y 4.1 anteriores, se ha hecho hincapié en la complejidad inherente a pronosticar la propagación de las ondas de radio a las frecuencias empleadas por los radares marinos. Teniendo esto en cuenta, los alcances previstos de los racones situados a varias alturas sobre el nivel del mar, derivados de las Figuras 2 a 7, se muestran en la Figura 9 y pueden proporcionar una orientación suficiente en muchos casos.

La autoridad proveedora debe ser consciente de que, debido a los motivos expuestos en los párrafos 3 y 4, las zonas de desvanecimiento aparecen a distancias menores que el alcance nominal de detección. En los casos en que la recepción de un racon es de particular importancia y en que la distancia entre el buque y el racon permanece casi constante –por ejemplo, en una Zona de Separación de Tráfico Marítimo–, se debe considerar la instalación de dos racones a alturas diferentes para proporcionar una diversidad espacial.

En los casos en que sea necesario un análisis más detallado de la estructura de las zonas de lóbulo y de desvanecimiento, se utilizarán programas informáticos tales como los empleados para recopilar los datos y generar los gráficos.

## **7 FUENTES DE DATOS**

*Private communication and computer programs*, G F M Walker (Australian Maritime Safety Authority)

*The Radar Handbook*, editado por Merrill Skolnik, publicado por McGraw-Hill, ediciones de 1970 y 1990.

*Estimated Range of Radar Beacons*, P Blaise, Conferencia de la IALA, 1985, Ponencia 6.3.1.

## FUNCIONAMIENTO TÍPICO DE UN RACON

### Del Cuadro 1, 3A

#### Parámetros del radar y del racon:

Frecuencia:	9,40	GHz
Longitud de onda:	3,19	cm
Polarización (V o H):	H	
Potencia del transmisor de radar:	25	kW
Ganancia de la antena del radar:	31	dBi
Sensibilidad del receptor de radar:	-95,5	dBm
Potencia del transmisor del racon:	1	vatio
Ganancia de la antena del racon:	4,5	dBi
Sensibilidad del receptor del racon:	-40	dBm

#### Geometría y ambiente:

Altura del radar:	15.0 m
Altura del racon:	50.0 m
Constante de refracción "k":	1,33
Altura de ola:	0 m (de cresta a valle)

Alcance geométrico máximo 24,36 millas náuticas

Trayecto crítico Del radar a la baliza de radar

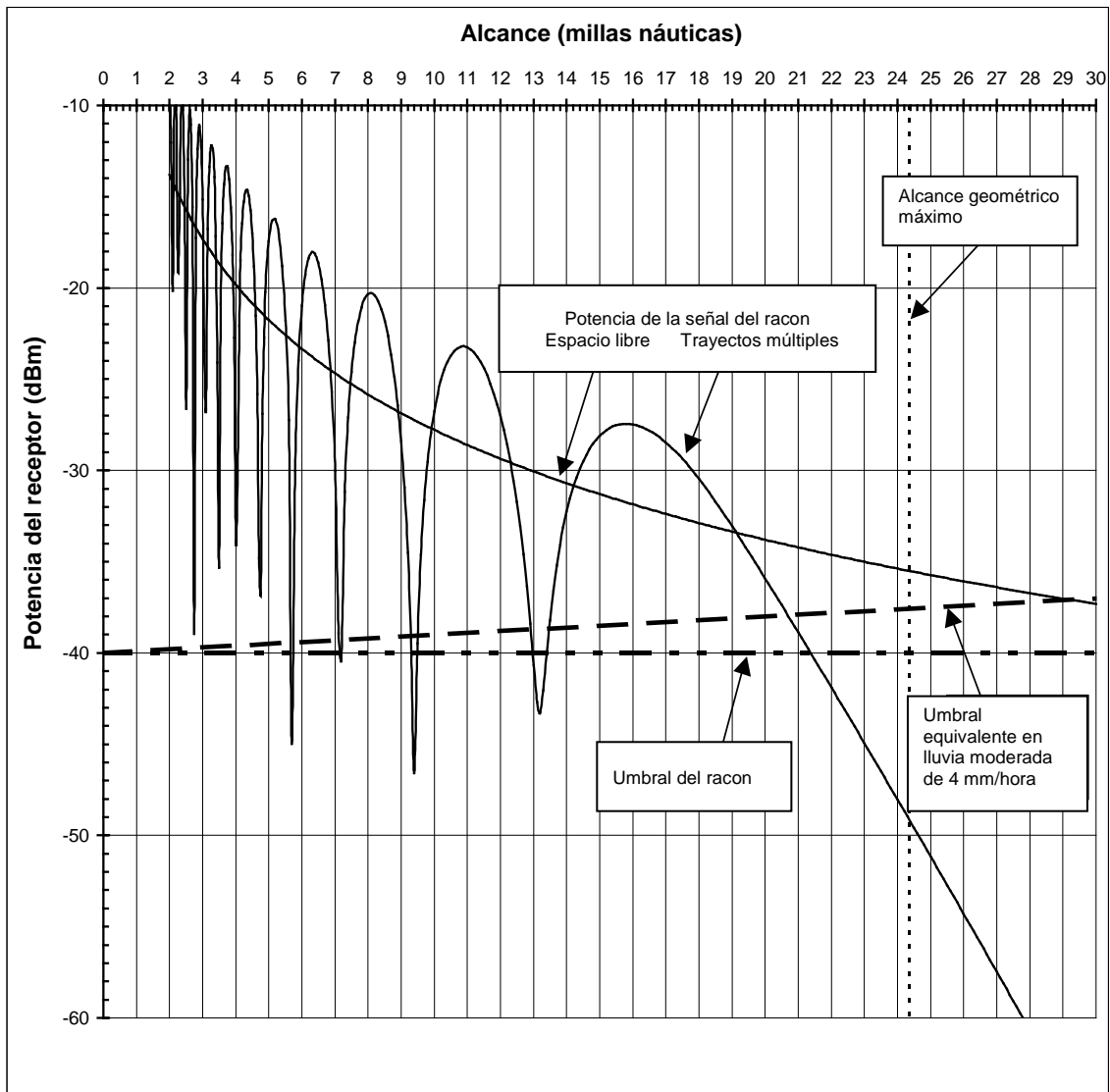


Figura 1

**DIAGRAMA DE ALCANCE DEL RACON - 9.4 GHz**

Del Cuadro 1, 1A

**Tipo de buque:** Embarcaciones pequeñas (altura del radar 3 metros)

**Parámetros del radar:**

Potencia 4 kW  
 Ganancia de antena 25 dBi  
 Sensibilidad del receptor -95,5 dBm

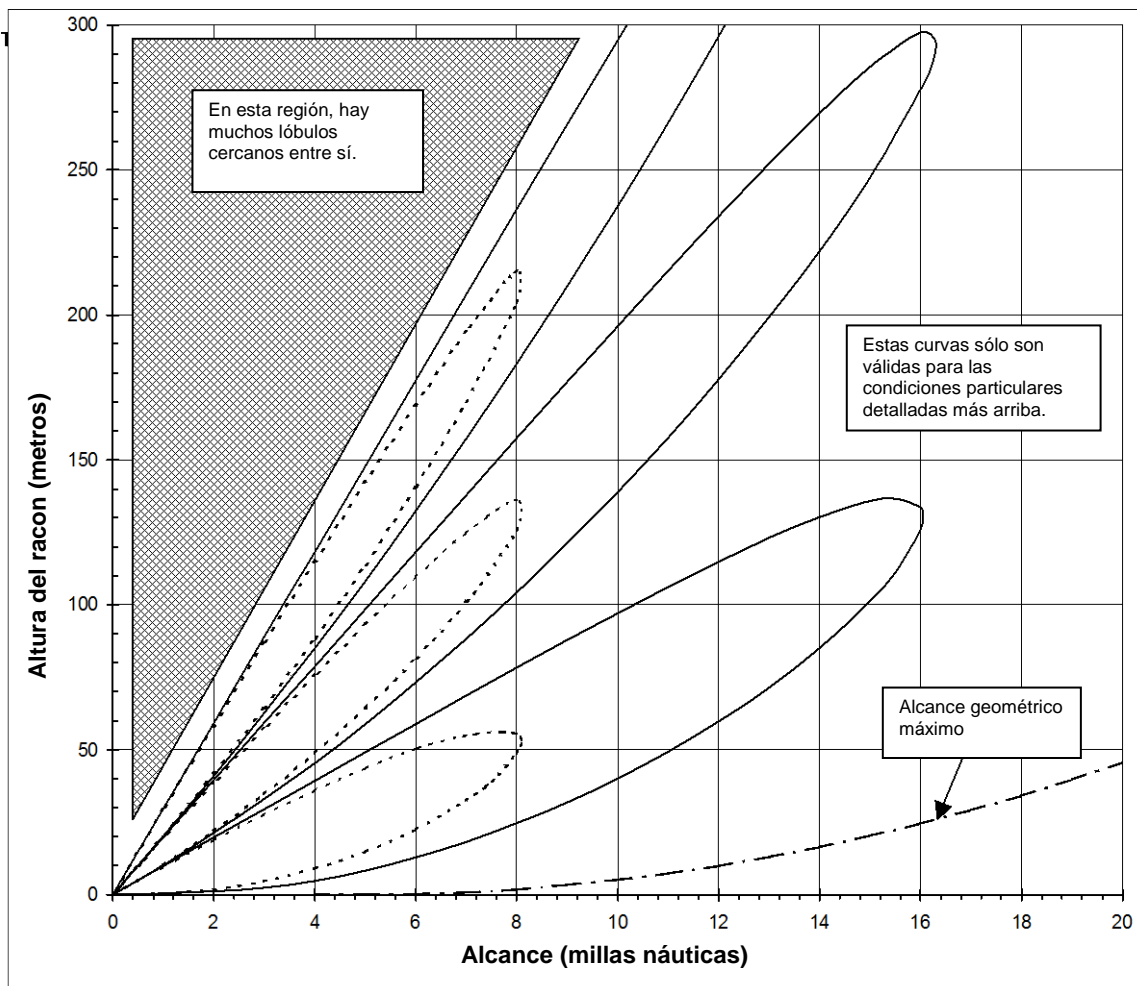
**Parámetros del racon:**

Potencia 1 vatio  
 Ganancia de antena 4,5 dBi  
 Sensibilidad del receptor -40 dBm

**Trayecto crítico:** Del radar a al racon

**Ambiente:**

Constante de refracción (k) 1,33  
 Altura de ola 0 (de cresta a valle)



El gráfico muestra el alcance geométrico máximo y los primeros tres lóbulos causados por los efectos debidos a trayectos múltiples a causa del reflejo en la superficie del mar, trazados en función de la altura del racon sobre el nivel del mar. También se presentan las zonas nulas de interferencia encima del tercer lóbulo, que generalmente son sólo de corta duración de alcance. Para utilizar el gráfico, localice la altura del racon (que se asume que es igual a la de la luz asociada, si no se cita específicamente) y lea el alcance máximo de detección y los alcances a los que se experimenta la pérdida de señal a causa de los efectos debidos a trayectos múltiples. Las curvas dentro del lóbulo principal se han calculado considerando una pérdida de rendimiento de 6 dB, e indican la reducción del alcance si se dieran dichas pérdidas.

**FIGURA 2**

**DIAGRAMA DE ALCANCE DEL RACON - 9.4 GHz**

**Del Cuadro 1, 1B**

**Tipo de buque:** Embarcaciones pequeñas (altura del radar 6 metros)

**Parámetros del radar:**

Potencia 4 kW  
 Ganancia de antena 25 dBi  
 Sensibilidad del receptor -95,5 dBm

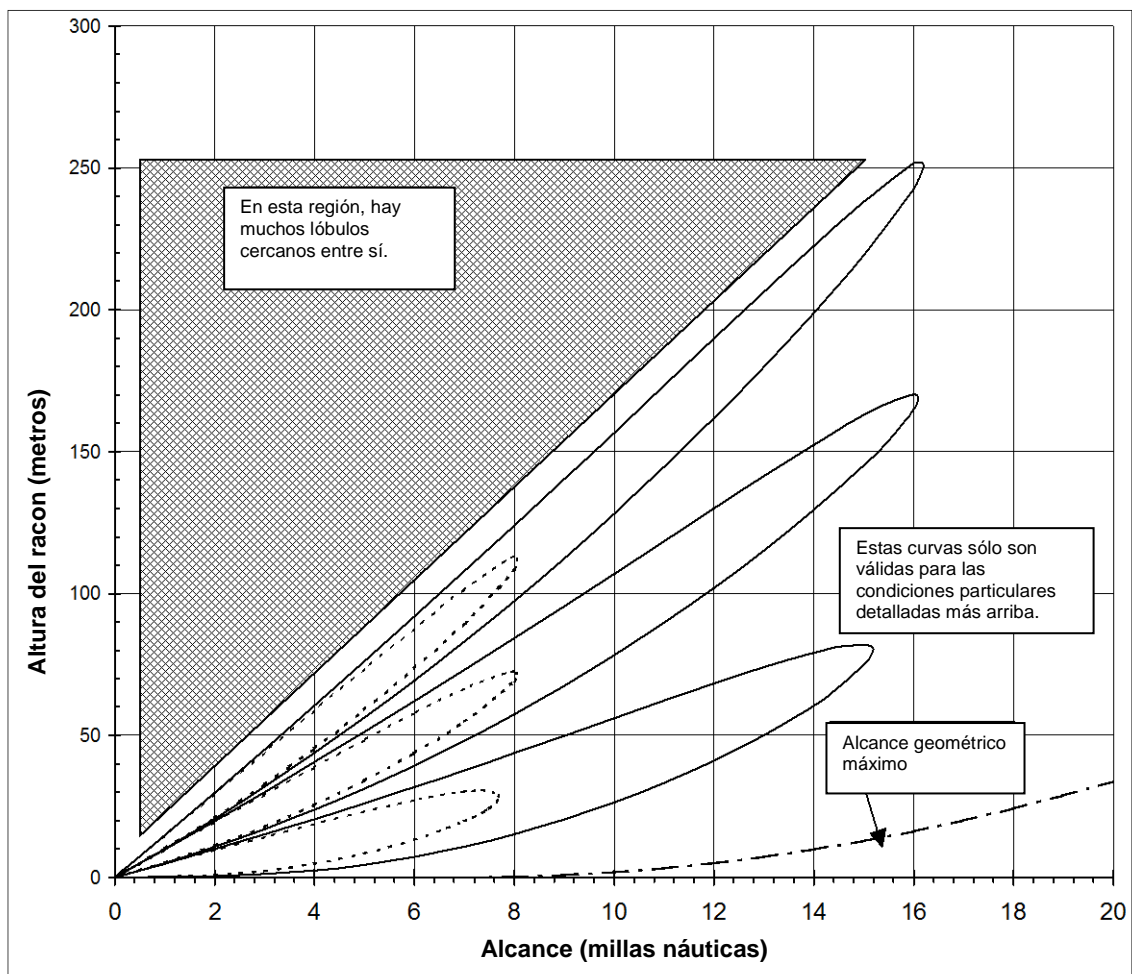
**Parámetros del racon:**

Potencia 1 vatio  
 Ganancia de antena 4,5 dBi  
 Sensibilidad del receptor -40 dBm

**Trayecto crítico:** Del radar al racon

**Ambiente:**

Constante de refracción (k) 1,33  
 Altura de ola 0 (de cresta a valle)



El gráfico muestra el alcance geométrico máximo y los primeros tres lóbulos causados por los efectos debidos a trayectos múltiples a causa del reflejo en la superficie del mar, trazados en función de la altura del racon sobre el nivel del mar. También se presentan las zonas nulas de interferencia encima del tercer lóbulo, que generalmente son sólo de corta duración de alcance. Para utilizar el gráfico, localice la altura del racon (que se asume que es igual a la de la luz asociada, si no se cita específicamente) y lea el alcance máximo de detección y los alcances a los que se experimenta la pérdida de señal a causa de los efectos debidos a trayectos múltiples. Las curvas dentro del lóbulo principal se han calculado considerando una pérdida de rendimiento de 6 dB, e indican la reducción del alcance si se dieran dichas pérdidas.

**FIGURA 3**

### DIAGRAMA DE ALCANCE DEL RACON - 9.4 GHz

#### Del Cuadro 1, 2A

Tipo de buque: Comerciales pequeñas (altura del radar 5 metros)

**Parámetros del radar:**

Potencia 10 kW  
Ganancia de antena 29 dBi  
Sensibilidad del receptor -95,5 dBm

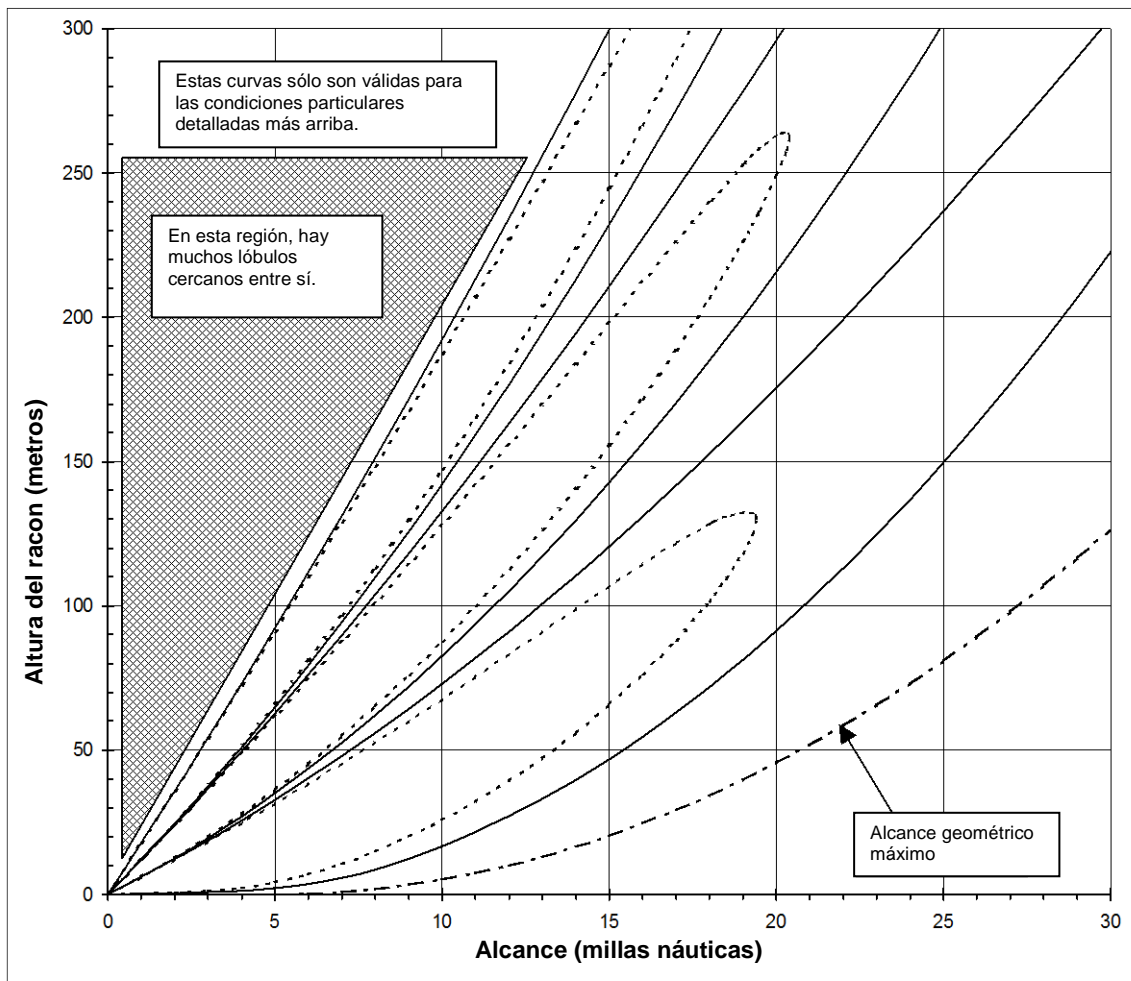
**Parámetros del racon:**

Potencia 1 vatio  
Ganancia de antena 4,5 dBi  
Sensibilidad del receptor -40 dBm

Trayecto crítico: Del radar al racon

**Ambiente:**

Constante de refracción (k) 1,33  
Altura de ola 0 (de cresta a valle)



El gráfico muestra el alcance geométrico máximo y los primeros tres lóbulos causados por los efectos debidos a trayectos múltiples a causa del reflejo en la superficie del mar, trazados en función de la altura del racon sobre el nivel del mar. También se presentan las zonas nulas de interferencia encima del tercer lóbulo, que generalmente son sólo de corta duración de alcance. Para utilizar el gráfico, localice la altura del racon (que se asume que es igual a la de la luz asociada, si no se cita específicamente) y lea el alcance máximo de detección y los alcances a los que se experimenta la pérdida de señal a causa de los efectos debidos a trayectos múltiples. Las curvas dentro del lóbulo principal se han calculado considerando una pérdida de rendimiento de 6 dB, e indican la reducción del alcance si se dieran dichas pérdidas.

**FIGURA 4**

**DIAGRAMA DE ALCANCE DEL RACON - 9.4 GHz**

Del Cuadro 1, 2B

**Tipo de buque:** Comerciales pequeñas (altura del radar 5 metros)

**Parámetros del radar:**

Potencia 10 kW  
 Ganancia de antena 29 dBi  
 Sensibilidad del receptor -95,5 dBm

**Parámetros del racon:**

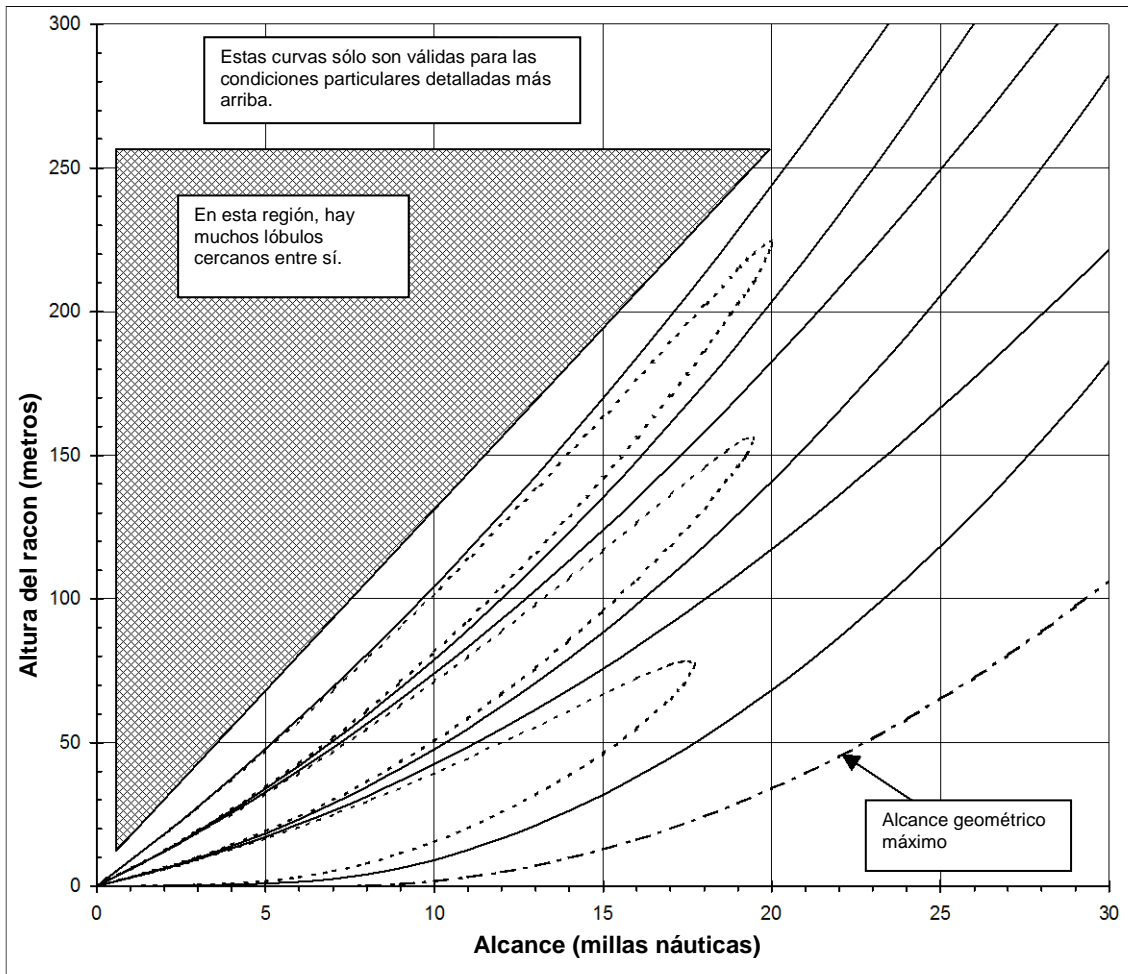
Potencia 1 vatio  
 Ganancia de antena 4,5 dBi  
 Sensibilidad del receptor -40 dBm

**Trayecto crítico:**

Del radar al racon

**Ambiente:**

Constante de refracción (k) 1,33  
 Altura de ola 0 (de cresta a valle)



El gráfico muestra el alcance geométrico máximo y los primeros tres lóbulos causados por los efectos debidos a trayectos múltiples a causa del reflejo en la superficie del mar, trazados en función de la altura del racon sobre el nivel del mar. También se presentan las zonas nulas de interferencia encima del tercer lóbulo, que generalmente son sólo de corta duración de alcance. Para utilizar el gráfico, localice la altura del racon (que se asume que es igual a la de la luz asociada, si no se cita específicamente) y lea el alcance máximo de detección y los alcances a los que se experimenta la pérdida de señal a causa de los efectos debidos a trayectos múltiples. Las curvas dentro del lóbulo principal se han calculado considerando una pérdida de rendimiento de 6 dB, e indican la reducción del alcance si se dieran dichas pérdidas.

**FIGURA 5**



**DIAGRAMA DE ALCANCE DEL RACON - 9.4 GHz**

Del Cuadro 1, 3A

**Tipo de buque:** Comerciales grandes (altura del radar 15 metros)

**Parámetros del radar:**

Potencia	25	kW
Ganancia de antena	31	dBi
Sensibilidad del receptor	-95,5	dBm

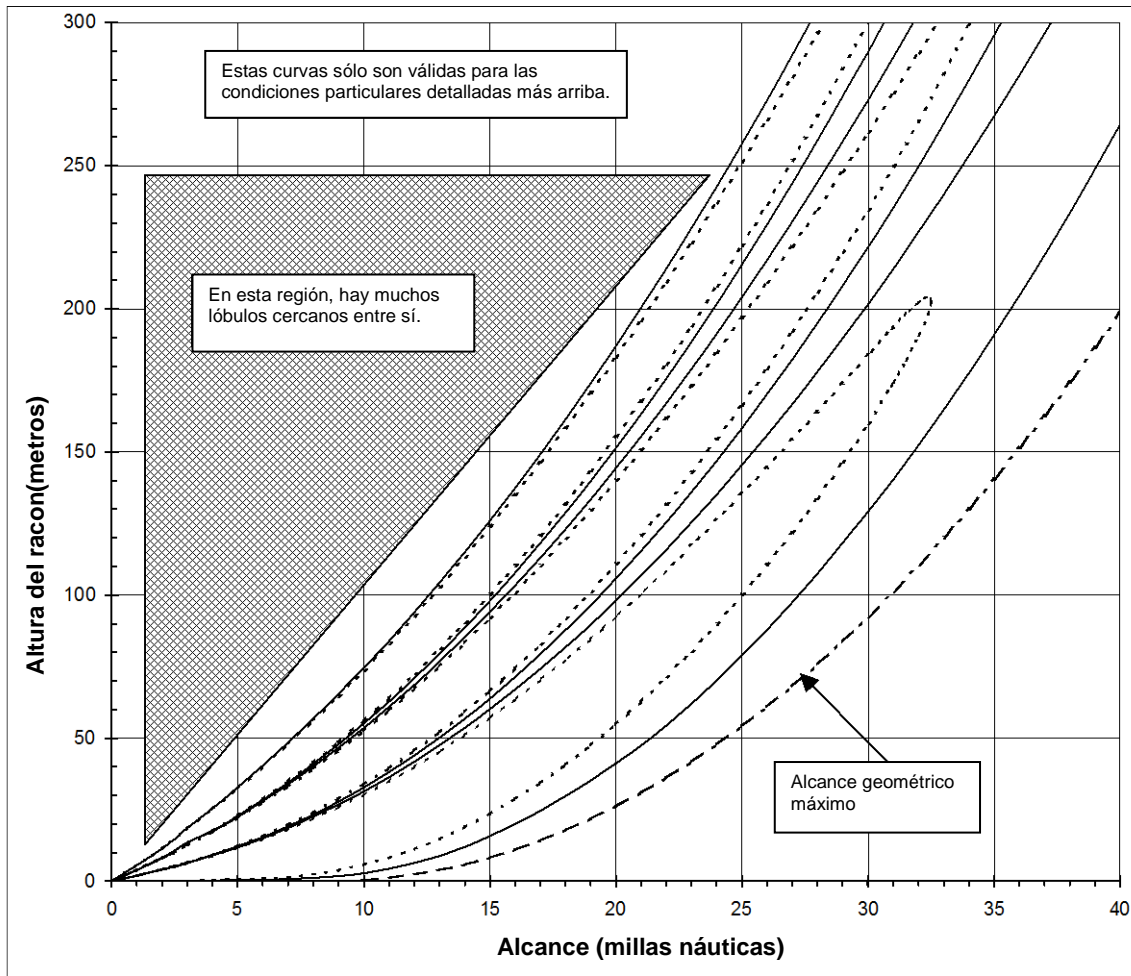
**Parámetros del racon:**

Potencia	1	vatio
Ganancia de antena	4,5	dBi
Sensibilidad del receptor	-40	dBm

**Trayecto crítico:** Del radar al racon

**Ambiente:**

Constante de refracción (k)	1,33
Altura de ola	0 (de cresta a valle)



El gráfico muestra el alcance geométrico máximo y los primeros tres lóbulos causados por los efectos debidos a trayectos múltiples a causa del reflejo en la superficie del mar, trazados en función de la altura del racon sobre el nivel del mar. También se presentan las zonas nulas de interferencia encima del tercer lóbulo, que generalmente son sólo de corta duración de alcance. Para utilizar el gráfico, localice la altura del racon (que se asume que es igual a la de la luz asociada, si no se cita específicamente) y lea el alcance máximo de detección y los alcances a los que se experimenta la pérdida de señal a causa de los efectos debidos a trayectos múltiples. Las curvas dentro del lóbulo principal se han calculado considerando una pérdida de rendimiento de 6 dB, e indican la reducción del alcance si se dieran dichas pérdidas.

**FIGURA 6**

**DIAGRAMA DE ALCANCE DEL RACON - 9.4 GHz**

Del Cuadro 1, 3A

Tipo de buque:

Comerciales grandes (altura del radar 35 metros)

Parámetros del radar:

Potencia 25 kW  
 Ganancia de antena 31 dBi  
 Sensibilidad del receptor -95,5 dBm

Parámetros del racon:

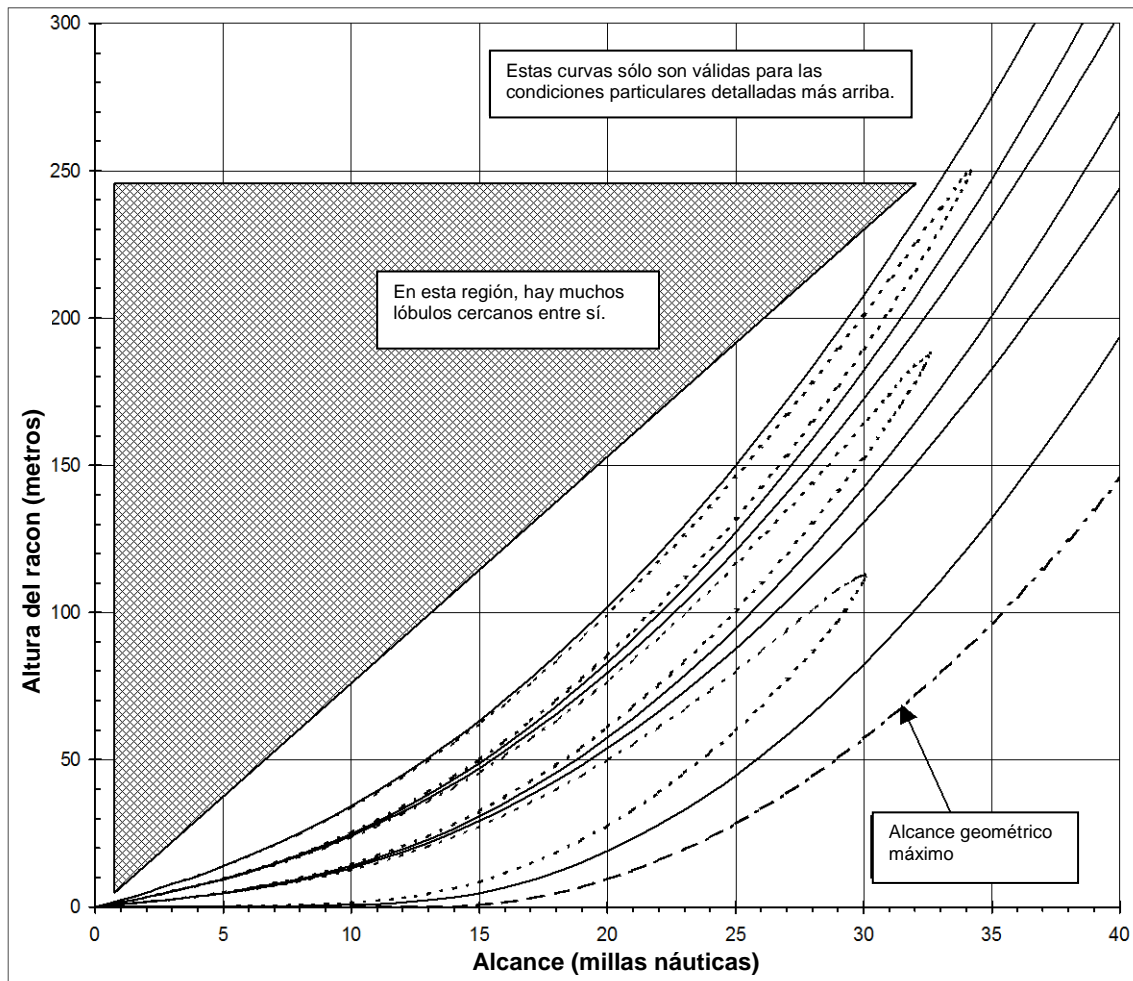
Potencia 1 vatio  
 Ganancia de antena 4,5 dBi  
 Sensibilidad del receptor -40 dBm

Trayecto crítico:

Del radar al racon

Ambiente:

Constante de refracción (k) 1,33  
 Altura de ola 0 (de cresta a valle)



El gráfico muestra el alcance geométrico máximo y los primeros tres lóbulos causados por los efectos debidos a trayectos múltiples a causa del reflejo en la superficie del mar, trazados en función de la altura del racon sobre el nivel del mar. También se presentan las zonas nulas de interferencia encima del tercer lóbulo, que generalmente son sólo de corta duración de alcance. Para utilizar el gráfico, localice la altura del racon (que se asume que es igual a la de la luz asociada, si no se cita específicamente) y lea el alcance máximo de detección y los alcances a los que se experimenta la pérdida de señal a causa de los efectos debidos a trayectos múltiples. Las curvas dentro del lóbulo principal se han calculado considerando una pérdida de rendimiento de 6 dB, e indican la reducción del alcance si se dieran dichas pérdidas.

**FIGURA 7**

## DIAGRAMA DEL ALCANCE DEL RACON - 9,4 GHz

### Del Cuadro 1, 1A

**Tipo de buque:** Buques pequeños (altura del radar 3 metros)

**Parámetros del radar:**

Potencia 4 kW  
Ganancia de antena 25 dBi  
Sensibilidad del receptor -95,5 dBm

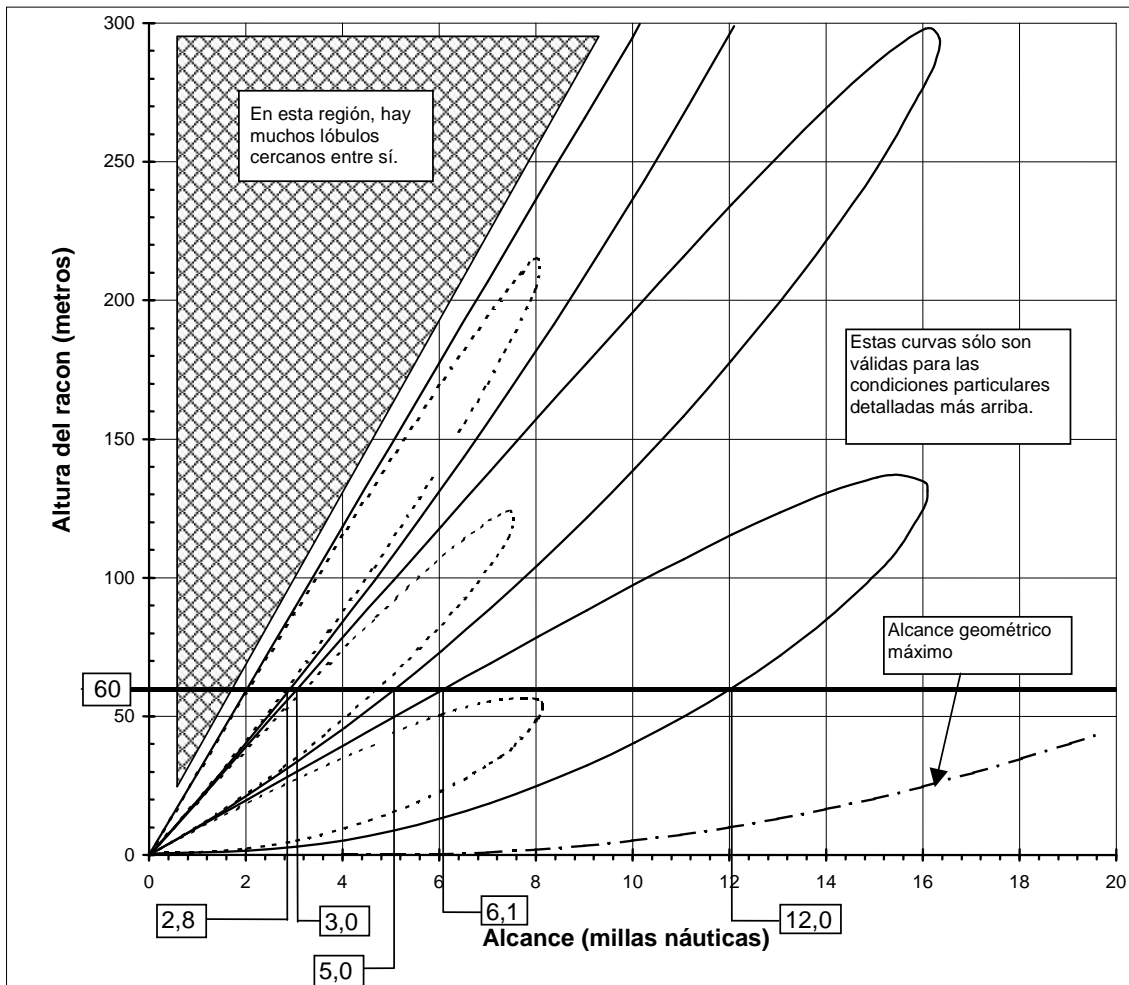
**Parámetros del racon:**

Potencia 1 vatio  
Ganancia de antena 4,5 dBi  
Sensibilidad del receptor -40 dBm

**Trayecto crítico:** Del radar al racon

**Ambiente:**

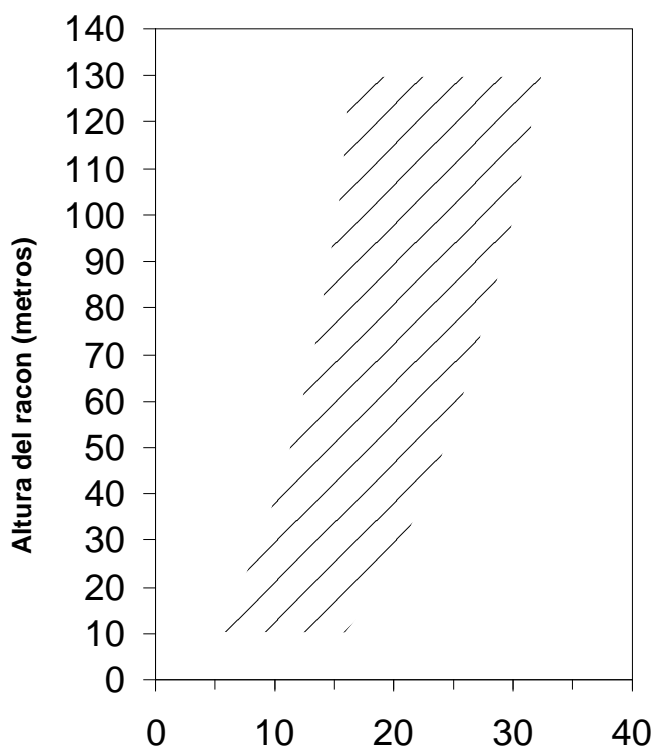
Constante de refracción (k) 1,33  
Altura de ola 0 metros (de cresta a valle)



Ejemplo de cómo encontrar el alcance máximo y las dos primeras zonas nulas

FIGURA 8

### ALCANCE PREVISTO DEL RACON, EN MILLAS NÁUTICAS



**FIGURA 9**

El borde izquierdo de la zona sombreada representa la distancia prevista para una embarcación pequeña provista de un radar de 4 kW, con antena instalada a una altura de 3 metros sobre el nivel del mar. El borde derecho de la zona sombreada representa la distancia prevista para una embarcación grande provista de un radar de 25 kW, con antena instalada a una altura de 35 metros sobre el nivel del mar. La Figura 9 se puede utilizar de dos formas. La primera, para determinar el alcance de un racon ya instalado. Por ejemplo, un racon a una altura de 60 metros nos daría un alcance previsto de 12 millas a aproximadamente 26 millas. El segundo uso del gráfico tiene que ver con la planificación. Por ejemplo, el objetivo principal es proveer un servicio a grandes buques a 25 millas de distancia y, como objetivo secundario, a pequeñas embarcaciones a una distancia de 10 millas. Se puede esperar, por lo tanto, que un radar instalado a una altura de más de 40 metros cumplirá con ambos objetivos.

## **ANEXO 1 - DISCUSIÓN ACERCA DE LA PRECISIÓN DEL SEGUIMIENTO Y SU EFECTO SOBRE EL ALCANCE DE LOS RACONES**

La Guía afirma que, “la potencia de la señal de radar recibida por un racon es más crítica que el trayecto de retorno y determina si el racon emitirá una respuesta”.

Cuando se determina el trayecto crítico, se calculan las cifras de mérito (FOM, del inglés *Figures of Merit*). Las FOM tienen muy poco valor absoluto (por ejemplo, no pueden dar el alcance máximo), pero son útiles por motivos de comparación. Para el trayecto de interrogación, se calcula la FOM utilizando la potencia del radar, las ganancias de las antenas, tanto del radar como del racon, y los valores de umbral del racon. Para el trayecto de respuesta, se calcula la FOM utilizando la potencia del racon, las ganancias de las antenas, tanto del radar como del racon, y el umbral del radar.

Por ejemplo, si asumimos las siguientes características del racon:

Umbral del receptor:	-40 dBm
Potencia del transmisor:	1 Vatio
Ganancia de antena:	4,5 dBi

Y si asumimos también las siguientes características de radar (Cuadro 1, 3A):

Umbral del receptor:	-95,5 dBm
Potencia del transmisor:	25 kWatio
Ganancia de antena:	31 dBi

Para esta combinación de radar/ racon, los valores calculados de las FOM son:

FOM de interrogación:	149,5 dB
FOM de respuesta:	161 dB

Estas FOM indican que el trayecto de respuesta es 11,5 dB “mejor” que el trayecto de interrogación; lo que significa que, si el racon detecta la interrogación, el radar detectará la respuesta. Mediante el diseño, los fabricantes de racones se aseguran que esto se dé para una combinación de características de transmisión del racon, tales como la potencia transmitida, la ganancia de antena y la precisión de la frecuencia transmitida (o de seguimiento).

Esto implica que el trayecto de respuesta puede “degradarse” hasta 11,5 dB y el radar seguirá detectando la respuesta del racon. Por ejemplo, cambiar la potencia del transmisor del racon de 1 Vatio a 100 mVatios (30 dBm a 20 dBm) reduce la FOM de respuesta unos 10 dB, pero no cambia el alcance de operación del racon porque la FOM de respuesta sigue siendo mayor que la FOM de interrogación.

Hasta este punto, se ha asumido un seguimiento perfecto. Los equipos de radar individuales transmiten a varias frecuencias dentro de la misma banda. Para que el radar pueda detectar el racon, este último tendrá que responder a la frecuencia del radar. El proceso de medir la frecuencia del radar y de ajustar la frecuencia de emisión del racon para que se corresponda con ella no es perfecto, pudiéndose esperar un cierto grado de error en el seguimiento de la frecuencia.

Los errores de seguimiento de los racones parecen degradar la señal de respuesta en el receptor de radar. Para cuantificar la magnitud de la degradación, son necesarios los parámetros del filtro de entrada de las características de entrada del receptor de radar.

En la actualidad, los receptores de radar vienen equipados con filtros de paso de banda estrecha que excluyen señales no deseadas. El filtro de entrada de un radar típico podría tener los siguientes parámetros (cuando se emplean pulsos largos de radar, que es el peor caso, ya que se utiliza el filtro de receptor más estrecho):

3 dB menos a una distancia de 1,5 MHz de la frecuencia central  
 Corte progresivo de 2,5 dB/MHz

Como aproximación, se emplea el valor de corte progresivo, lo que significa que la señal se degrada 2,5 dB por cada 1 MHz de error de seguimiento. En cuanto a la comparación entre las FOM de interrogación y de respuesta, supone que un error de seguimiento de 4,6 MHz [11,5 dB/(2,5dB/MHz)] puede tolerarse sin pérdida del alcance del racon. En otro ejemplo, un error de seguimiento de 10 MHz podría resultar en un pérdida del alcance de en torno a 13,5 dB [(10 MHz)(2,5 dB/MHz) – 11,5 dB]; o sea, más del 75%.

Básicamente, estos problemas desaparecen cuando se emplean pulsos cortos de radar o cuando se opera a corta distancia. Cuando se opera con pulsos cortos de radar, los filtros del receptor de radar son más anchos para aceptar el retorno de éstos. Por este motivo, la Recomendación R-101 de la IALA sobre Equipos de balizas de radar (racones) recomienda una mayor tolerancia para la precisión del seguimiento para pulsos cortos que para pulsos largos. Además, en todos los casos, la potencia de la respuesta del racon es enorme en comparación con las reflexiones de los blancos de radar.

El cuadro que figura a continuación relaciona las FOM de tres radares diferentes de Banda X de la Guía y muestra la pérdida calculada del alcance a causa de varios errores de seguimiento. Se asume que las características del filtro son como las que se citaron más arriba.

Potencia	Ganancia de antena	FOM de interrogación	FOM de respuesta	Pérdida de alcance		
				Error de 2 MHz	Error de 5 MHz	Error de 10 MHz
4 kW	25 dBi	135,5	155	NINGUNA	NINGUNA	41%
10 kW	29 dBi	143,5	159	NINGUNA	NINGUNA	68%
25 kW	31 dBi	149,5	161	NINGUNA	11%	79%