

INFORME 1036-1

FRECUENCIAS PARA RADIORRECALADA Y LOCALIZACIÓN EN EL SISTEMA MUNDIAL DE
SOCORRO Y SEGURIDAD MARÍTIMOS (SMSSM)

(Cuestión 45/8)

(1986-1990)

1. Introducción

1.1 Las reglas III/6.2.2 y IV/7.1.3 de las Enmiendas de 1988 al Convenio SOLAS 1974 estipulan que se lleven a bordo respondedores de radar para búsqueda y salvamento (SAR) que puedan funcionar en la banda de 9 GHz, para la localización del buque cuando esté en peligro, o de su embarcación de supervivencia tras abandono del mismo, y la regla IV/7.1.6 prescribe una RLS por satélite que transmita alertas de socorro y la posición.

1.2 Tales prescripciones están basadas en el supuesto de que, a través del sistema COSPAS-SARSAT, la RLS por satélite facilitará la posición del buque en peligro o de su embarcación de supervivencia, con una precisión de 10 millas náuticas, para las operaciones de búsqueda y salvamento (SAR). Un buque o aeronave de búsqueda localizará con precisión al buque o a la embarcación de supervivencia tan pronto su radar ponga en accionamiento el respondedor de radar.

1.3 Sin perjuicio de lo prescrito en las Enmiendas de 1988 al SOLAS, la Resolución de la OMI A.616(15) -Capacidad de radiorrecalada para fines de búsqueda y salvamento-, recomienda a los Gobiernos Miembros:

- a) que consideren si es necesario equipar y, cuando proceda, que equipen las unidades de salvamento que estén bajo su jurisdicción con dispositivos de recalada o de radiogoniometría en las frecuencias apropiadas de ondas métricas y modulación de frecuencia especificadas en el Apéndice 18 del Reglamento de Radiocomunicaciones y en la frecuencia de 121,5 MHz de ondas métricas y modulación de amplitud;
- b) que consideren si es necesario equipar y, cuando proceda, que equipen las aeronaves SAR que estén bajo su jurisdicción con dispositivos de recalada en las transmisiones de RLS por satélite en la banda de 406 MHz.

1.4 En las Actas Finales de la CAMR MOB-83 se recomienda que se estudie la posibilidad de utilizar respondedores de radar de 9 GHz para la radiorrecalada y se resumen todas las frecuencias atribuidas para socorro y seguridad. Éstas comprenden en la banda de ondas hectométricas, la frecuencia de 2182 kHz, en la banda de ondas métricas, las frecuencias de aproximadamente 121, 156 y 243 MHz y, en otras bandas, las de 406 y 1645 MHz.

* Se ruega al Director del CCIR que señale este Informe a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI) y de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

1.5 Las frecuencias enumeradas en el §1.4 se hallan todas disponibles para su empleo en la función de localización en el SMSSM. Varias administraciones han evaluado algunas de estas frecuencias para su aplicación en el SMSSM. Se resumen los resultados de estas pruebas, y se ofrecen las consideraciones para su utilización al decidir las frecuencias de radiorrecalada que pueden completar los requisitos básicos de la OMI.

2. Consideraciones relativas a la elección de frecuencias para radiorrecalada

2.1 Factores técnicos

2.1.1 Transmisor

- Potencia de transmisión.
- Ciclo de trabajo/vida de la batería.
- Características y ubicación de la antena.
- Características de modulación y polarización.
- Entorno.

2.1.2 Receptor

- Factor de ruido.
- Características y ubicación de la antena.
- Interferencia radioeléctrica y de ruido.
- Anchura de banda.

2.1.3 Trayecto de transmisión

- Efectos de propagación.

2.2 Factores generales

- Compatibilidad con el equipo actual y futuro.
- Fiabilidad.
- Costo.
- Compatibilidad con otras funciones del SMSSM.
- Tecnología existente y futura.

2.3 En el anexo I figura el análisis de cada uno de estos factores.

3. Pruebas realizadas por las administraciones

3.1 República Federal de Alemania

La República Federal de Alemania ha realizado varias pruebas a bordo de barcos y de una aeronave, así como con la red de radiogoniometría terrestre, utilizando una frecuencia próxima a 2182 kHz, otra próxima a 121,5 MHz y otra alrededor de 243 MHz. Los resultados se exponen en el anexo II. Estos datos también responden, en parte, a la Cuestión 31/8.

3.2 Reino Unido

Se ha investigado la utilización de las frecuencias 121,5, 243 y 406 MHz y 9 GHz para determinar su idoneidad para cumplir el requisito de la OMI de un alcance mínimo de radiorrecalada de 10 millas marinas. No obstante, debe señalarse que la frecuencia 121,5 MHz está designada como frecuencia aeronáutica de emergencia en el Reglamento de Radiocomunicaciones.

Se han realizado pruebas de transmisiones en condiciones reales sobre el mar en las mencionadas frecuencias, y los resultados ponen en duda la validez de las curvas de predicción del CCIR (Segundo atlas. Atlas de las curvas de propagación de la onda terrestre de las frecuencias comprendidas entre 30 y 10 000 MHz, 1959) cuando se trata de un dispositivo de RLS en ondas

métricas/decimétricas cuya antena se halla muy cerca de la superficie del mar. El máximo alcance para una señal audible en el receptor supera al indicado en el Atlas de curvas de predicción del CCIR debido a que en las condiciones de las

pruebas el módulo del coeficiente de reflexión del rayo reflejado es inferior a la unidad y, por consiguiente, la cancelación por trayecto múltiple alcanza un límite permitido. Esta suposición no fue comprobada por mediciones directas de las intensidades de la señal sino que se confirmó reconsiderando la teoría publicada sobre revisión de los coeficientes de reflexión [Skolnik, 1962] que sugiere alcances mucho menores que los obtenidos en las pruebas.

De esta forma, para la recepción de transmisiones en ondas métricas/decimétricas procedentes de radiobalizas de socorro con antenas próximas a la superficie del mar, es decir, flotando o en dispositivos de salvamento, se ha identificado una extensión del alcance útil más allá del horizonte radio aceptado para esas bandas.

Se diseñó, construyó y montó en un barco y en un helicóptero un sistema de radorrecalada basado en el equipo utilizado en las pruebas de propagación. Las distancias de radorrecalada alcanzadas confirmaron los resultados de las pruebas de propagación. En el Anexo III se dan los resultados detallados de todas las pruebas.

Se ha demostrado con éxito la posibilidad de que la cobertura de frecuencia del respondedor de radar de búsqueda y salvamento (SART) en 9 GHz se extienda de 9,2 GHz a 9,55 GHz, lo que permite la compatibilidad con más radares SAR instalados en la costa y a bordo de aeronaves. En el Reino Unido, los radares de las aeronaves de las operaciones SAR funcionan por encima de 9,5 GHz. Por ello la extensión del margen de frecuencias hasta 9,55 GHz se considera fundamental. Los resultados detallados de las pruebas aparecen en el Anexo III.

3.3 *Japón*

Japón ha realizado pruebas en el mar con un respondedor de radar situado a bordo de barcos (SART) que funciona en la banda de 9 GHz. El SART está diseñado para facilitar las operaciones de búsqueda y salvamento en el mar. Los resultados finales de las pruebas se muestran en el anexo IV, y se describen en detalle en el Informe 775.

3.4 *URSS*

La URSS ha realizado pruebas en el mar con un respondedor en 9 GHz incorporado en un radiofaro del sistema COSPAS.

Los resultados de las pruebas se reproducen en el anexo V.

3.5 *Estados Unidos de América*

3.5.1 *Pruebas*

En Estados Unidos de América se ha comprobado la calidad de funcionamiento de una RLS flotante que funcionaba en 156 MHz y un respondedor de búsqueda y salvamento en 9 GHz (SART). Se midió la detectabilidad del SART para radares de barco y de aeronaves. Los resultados de estas pruebas se describen en el anexo VI que sigue.

3.5.2 *Conclusiones*

Al realizar estas pruebas, se hizo un estudio en Estados Unidos de América de las frecuencias de explotación de radares utilizados en aeronaves de búsqueda y salvamento marítimos. Se observó que la mayoría de esos radares funcionaban con frecuencias centrales próximas a 9250, 9345 ó 9375 MHz. Como el SART funcionaba únicamente en la banda 9300-9500 MHz, un considerable número de radares no hubiera podido detectar una respuesta del SART.

Los resultados de las pruebas mostraron asimismo que, según las mediciones, el alcance de detección de la aeronave con respecto al SART no excedió nunca de 20 millas marinas. Según un análisis, un aumento de la sensibilidad del receptor del SART podría mejorar considerablemente el alcance de detección sin influir considerablemente en la complejidad de diseño del SART.

3.6 *Canadá*

Se han realizado pruebas en Canadá para determinar si la radiorrecalada de una aeronave se puede efectuar mediante emisiones de RLS que funcionan en la banda de 406 MHz, de acuerdo con las características recomendadas por el CCIR. Los resultados de las pruebas figuran en el anexo VII.

3.7 *Francia*

Francia ha realizado pruebas en el mar utilizando un material nuevo de radiorrecalada, especialmente diseñado para las radiobalizas de localización de siniestros, que funciona en el sistema GOSPAS-SARSAT en 406 MHz, según las características recomendadas por el CCIR (Recomendación 633). Estas características, y en especial la identificación contenida en el mensaje, permiten al equipo de radiorrecalada asegurar diferentes modos de funcionamiento: en una radiobaliza determinada, o con la señal más potente.

El material de radiorrecalada utilizado en esta experiencia comprende un maletín portátil (10 kg), y una antena de barrido electrónico que asegura una cobertura en acimut de 360° y puede fijarse fácilmente en un barco o un helicóptero (40 cm x 40 cm).

Con una antena colocada a 4 metros por encima de la superficie del mar, se ha obtenido un alcance de 4,5 millas en las pruebas. Las condiciones de la prueba y los resultados figuran en el Anexo VIII.

4. **Resumen**

4.1 Lo que sigue es un resumen de los trabajos comunicados.

4.1.1 Los alcances de radiorrecalada pueden aumentarse instalando las antenas en los barcos a la máxima altura posible. Cuanto más elevada sea la frecuencia menor será la antena y más complejas las disposiciones para compensar una marcación de radiogoniometría.

4.1.2 Considerando que el empleo de 406 MHz, permitiría utilizar la misma transmisión para las funciones de alerta y de radiorrecalada, y que la utilización de 9 GHz permitiría utilizar también para radiorrecalada equipo de radar a bordo de barcos y de aeronaves destinado a la navegación, parece que la elección de una de estas frecuencias, o ambas, podría ser la solución más rentable.

4.1.3 En lo que atañe al requisito de la OMI de 10 millas marinas en todas las frecuencias consideradas en el anexo III, las pruebas han indicado que:

- puede cumplirse ese requisito en el caso de la radiorrecalada de barco a barco;
- podría cumplirse en el caso de la radiorrecalada de embarcación de salvamento a barco, con algunas reservas en el caso de los estados de mar gruesa;
- no será posible cumplirlo en el caso de la radiorrecalada de RLS a nivel del mar a barcos si no se optimiza el diseño y la altura de las antenas tanto de las RLS como de los barcos y, para algunas frecuencias, también los receptores tanto de las RLS como de los barcos.

4.1.4 Las pruebas efectuadas en 2182 kHz en el mar del Norte han indicado que en todos los casos enumerados en el § 4.1.3, el requisito de la OMI se cumpliría en zonas geográficas con niveles de ruido similares a los de la zona del mar del Norte.

4.2 *2182 kHz*

4.2.1 Se ha probado en el mar del Norte una RLS con una p.i.r.e. de 4 mW. Los resultados se comunican en el anexo II.



4.3 121,5 y 243 MHz

Para satisfacer los requisitos en materia de radiorrecalada terrenal desde barcos habría que considerar los siguientes factores de diseño del sistema en el caso del equipo fabricado de acuerdo con las normas actuales:

4.3.1 RLS

- Aumento de la potencia radiada aparente (p.r.a.) de transmisión a más de unos 250 mW. Pero este aumento de potencia en la frecuencia 121,5 MHz haría aumentar el riesgo de degradación para el servicio aeronáutico de emergencia.
- Aumento de la altura y modificación del diseño de la antena de la radiobaliza.

4.3.2 Barcos

- Diseño de un sistema de antena directiva adecuado para los barcos, para instalar a la mayor altura posible.
- Procesamiento en el receptor del barco para aprovechar al máximo el formato de transmisión de la radiobaliza. Actualmente no se exige que los barcos estén equipados para recibir o efectuar radiorrecalada a base de transmisiones desde radiobalizas a 121,5 ó 243 MHz.

4.4 156,8 MHz

4.4.1 Las características técnicas y los factores aplicables al diseño de una RLS para esta frecuencia son similares a los aplicables en 121,5 y 243 MHz.

4.4.2 Con respecto al sistema del barco, no se exige actualmente una antena o receptor optimizado para la radiorrecalada en la banda de 156 MHz.

4.5 406 MHz

4.5.1 Radiorrecalada por aeronaves

La emisión de las RLS explotadas mediante un sistema por satélite de órbita polar baja, de acuerdo con las características dadas en la Recomendación 633, consiste en un impulso de 440 ms, con potencia de cresta de 5 W. Aunque el intervalo de 50 s puede que no sea compatible con todos los tipos de equipo de radiogoniometría, se ha visto que pequeñas modificaciones permitirán a algunos tipos de equipo proporcionar información de radiorrecalada.

4.5.2 La duración del impulso de 440 ms es adecuada para que al menos algunos tipos de equipo proporcionen al operador información de marcación.

4.5.3 No debe pasarse por alto la posibilidad de utilizar el desplazamiento Doppler en la búsqueda por aeronaves. Para una velocidad realista de la aeronave, el desplazamiento es de aproximadamente 300 Hz. Se está investigando el empleo de este desplazamiento.

4.5.4 Radiorrecalada por barcos

La antena de la radiobaliza de prueba estaba diseñada principalmente para la explotación por satélite y no para comunicaciones cerca de la superficie del mar. Esta deficiencia podría remediarse introduciendo pequeñas modificaciones en el diseño de la antena.

Las instalaciones de radiogoniometría a bordo de barcos para 406 MHz diferirían de las utilizadas actualmente. La gama de frecuencias de los equipos existentes no cubre la banda 406 MHz, y se requeriría la recalada automática, a la vez que habría que tener en cuenta el protocolo de transmisión en ráfagas de la señal utilizada por las RLS de COSPAS/SARSAT. La necesidad de recalada en 406 MHz exigiría la instalación a bordo de los barcos de equipos de radiogoniometría en 406 MHz que se ajusten al Convenio para la Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS) de 1974.

4.5.5 Para cumplir el requisito de 10 millas marinas del SMSSM habría que considerar los siguientes factores:



Radiobaliza COSPAS/SARSAT

- Pequeñas modificaciones del diseño de la antena de la radiobaliza.

Sistema de barco

- Diseño de un sistema de antena directiva óptimo en 406 MHz, para instalar a la mayor altura posible.
- Diseño de un receptor optimizado para el formato de transmisión COSPAS/SARSAT.

No se exige que los barcos estén equipados para la recepción en la banda de 406 MHz.

4.6 9 GHz

4.6.1 Localización por aeronaves

Un cálculo detallado indica que un radar con antena convencional y p.r.a. de 1 kW a bordo de una aeronave que vuela a 18 000 m de altura resultaría adecuado para excitar una radiobaliza dotada de un factor de ruido de 30 dB y antena sencilla de $\frac{1}{2}$ longitud de onda, con radio de acción de 300 millas marinas. Si la aeronave volase a 4500 m el alcance sería de 150 millas marinas.

4.6.2 Localización por barcos

Para conseguir un alcance adecuado en condiciones moderadas de la superficie del mar, hace falta considerar diversos factores del sistema respondedor de búsqueda y salvamento:

- la altura máxima práctica de la antena para reducir las zonas de sombra;
- un aumento de la sensibilidad del receptor para garantizar una interrogación segura a la distancia requerida con mar gruesa.

La principal ventaja de la banda de 9 GHz radica en el hecho de que se exige que todos los ~~barcos de pasajeros y de carga de 300 toneladas brutas y superiores~~ estén equipados de radar y de que más del 90% de los radares marinos funcionan en esta banda. Otra ventaja es que el sistema proporcionaría información sobre el alcance e indicaría la marcación en que se recibe la transmisión. Las características del radar del barco, incluida la altura de su antena, son ideales para la interrogación de un respondedor de búsqueda y salvamento y no haría falta ninguna modificación del diseño del radar, exceptuados quizás los radares con un procesamiento en el receptor capaz de distorsionar o suprimir el código del receptor de búsqueda y salvamento.

En el caso de los incidentes de socorro en los que es aplicable la radiorrecalada hacia un barco desde un barco, el respondedor de búsqueda y salvamento ofrecería una identificación positiva y cumpliría sin lugar a dudas el requisito de diez millas marinas en materia de alcance ya que estaría a una altura adecuada.

En el caso de un incidente de socorro en el que sea aplicable la radiorrecalada por un barco hacia una embarcación de salvamento, un bote salvavidas, etc. el respondedor de búsqueda y salvamento permitiría tanto el mejoramiento de los ecos de radar como la identificación. Puede que la altura del respondedor sea suficiente para cumplir el requisito de la OMI.

4.6.3 Características técnicas del SART

El anexo IV muestra un ejemplo de los estudios sobre las características técnicas del respondedor de radar SAR a 9 GHz (SART) utilizado para localización en el SMSSM.

4.6.4 Criterios de detección

Al considerar el empleo de respondedores de 9 GHz para fines de localización, no se aplica el criterio normal de detectabilidad empleado en las operaciones de radar (es decir, la relación punto de eco/exploración obtenida para un determinado alcance).

En las primeras fases de una exploración por barcos, cuando el respondedor se halla a una distancia relativamente grande, una recepción satisfactoria de aproximadamente una transmisión de localización por minuto puede bastar para indicar un rumbo a la embarcación de búsqueda. A medida que la distancia se reduce, aumentará la frecuencia de recepción de la señal de radiorretrada.

Esta cuestión requiere ulterior estudio a fin de que puedan elaborarse criterios de detección para barcos y para aeronaves.

5. Estudios técnicos

Para definir las características técnicas de los sistemas de radiorretrada, y teniendo en cuenta los requisitos de explotación de diez millas marinas, se necesitan los siguientes estudios:

- 5.1 Investigación del empleo del desplazamiento Doppler con respecto a la transmisión de RLS COSPAS/SARSAT en 406 MHz para la búsqueda por aeronaves.
- 5.2 Determinación de criterios de detección para barcos y aeronaves cuando existe radiorretrada con respondedores de búsqueda y salvamento a 9 GHz.
- 5.3 Ulterior examen de las características, incluida la ubicación de la antena, de un sistema de recepción de barco utilizado para la radiorretrada a 406 MHz.
- 5.4 Ulterior examen de las características de los respondedores de búsqueda y salvamento a 9 GHz (véase también la Recomendación 628).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SKOLNIK, Merrill I. [1962] *Introduction to Radar Systems*. McGraw-Hill Book Co.

ANEXO I

ANÁLISIS DE LOS FACTORES PRIMARIOS EN LA ELECCIÓN DE FRECUENCIA

1. Transmisor

1.1 Todas las características de la transmisión, es decir, la potencia, el ciclo de trabajo, la ganancia de la antena y su directividad, están relacionadas entre sí. En el caso de una RLS en el mar o de una embarcación de salvamento, la vida de la batería es también un factor importante.

1.2 Como es natural, las gamas de ciclos de trabajo aceptables son diferentes en los casos de búsqueda desde aeronaves y desde barcos, independientemente de la vida de la batería.

1.3 La ganancia de la antena y su directividad son inseparables. La directividad aceptable es muy diferente para la búsqueda desde aeronaves y barcos.

1.4 Las dimensiones físicas de la antena de la RLS, que pueden afectar a su rendimiento, están limitadas por la necesidad de que sea autosoportada, pero sin comprometer la estabilidad de la RLS en el mar. Además, el tamaño físico de la antena y su configuración se ven restringidos por la necesidad de evitar que sufra daños durante su vida preoperacional. Cuanto más baja es la frecuencia tanto menos es su eficacia, en el caso de las configuraciones prácticas.

1.5 Para una RLS, que está sujeta a arduas condiciones marítimas y tiene una batería de vida limitada (véase la nota), lo que importa desde el punto de vista de su ciclo de trabajo es la potencia de transmisión de cresta.

Nota. — Los requisitos actuales de la OMI, establecidos en las enmiendas de 1983 al Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1974, especifican que las RLS de las embarcaciones de salvamento deben obtener su energía de una batería que forme parte integrante del dispositivo y tenga capacidad suficiente para hacer funcionar el aparato durante 48 h.

1.6 La elección de la modulación y polarización de la transmisión repercutirá en las características del receptor, en el entorno de ruido y en la eficacia del trayecto de transmisión hasta el receptor, sobre todo en el caso de la búsqueda por barcos ya que el trayecto estará cerca de la superficie del mar.

1.7 El entorno, en particular en el caso de una RLS, es un factor crítico. El estado del mar, que probablemente será gruesa en las situaciones de socorro, tendrá gran efecto en la estabilidad hidrodinámica del sistema, que depende además de la ubicación, la configuración y el tamaño de la antena, que es función de la frecuencia.

2. Receptor

2.1 Existen diversas fuentes de ruido que provienen de causas artificiales y naturales en el entorno, así como de la temperatura y configuración de los componentes de la antena y del receptor. Son función de la frecuencia y resultan muy diferentes en los casos de radiorrecalada desde barcos y desde aeronaves. Es posible cuantificar con razonable exactitud todos los efectos de esta naturaleza.

2.2 Es probable que el factor más significativo y que más permite alargar por sí solo la distancia de radiorrecalada segura una vez optimizado, sea la abertura de la antena del receptor. Ésta engloba todas las características de la antena y, en el caso de un barco, depende de la altura sobre el nivel del mar. El lugar más conveniente para instalar la antena en un barco estará sujeto siempre a una serie de prioridades divergentes. Para la radiorrecalada, el tamaño del sistema de antena será menor a medida que aumente la frecuencia: pero aumentará la complejidad necesaria para compensar las marcaciones de radiogoniometría. La compatibilidad de la frecuencia de radiorrecalada con la utilizada ya para otras funciones del barco y de la aeronave, que permitiría cualquier forma de utilización común de la antena, puede ser un factor importante.

2.3 La anchura de banda del receptor puede influir en la elección de la frecuencia pues se trata de una variable a la que quizás pueda recurrirse en provecho propio, particularmente en el caso del equipo de barco no instalado en la actualidad.

3. Trayecto de transmisión

Huelga decir que, para conseguir las distancias necesarias, hace falta una intensidad de señal adecuada en la antena receptora. En el caso de la radiorrecalada desde barcos, el trayecto de transmisión está cerca de la superficie del mar y ello introduce pérdidas de propagación que aumentan con la frecuencia. Estas pérdidas son una combinación de la supresión que tiene lugar entre los rayos directo y reflejado y de la absorción debida a las olas. La pérdida total resulta difícil de cuantificar pues el estado de la superficie del mar depende de las condiciones meteorológicas. En esencia, las pérdidas dependen de la frecuencia, siendo función de la dispersión en la superficie que guarda relación con la irregularidad de ésta para la longitud de onda transmitida.

4. Factores generales

4.1 La frecuencia no puede elegirse independientemente del equipo que ya esté instalado o que se haya decidido instalar en el futuro. Esto se aplica a las aeronaves, a los barcos y a las embarcaciones de salvamento.

4.2 En último término, la elección reflejará por fuerza la fiabilidad del sistema, el costo y la tecnología disponible en el intervalo de tiempo considerado.

4.3 Será preciso considerar la compatibilidad y la combinación de la frecuencia utilizada para la función de radiorrecalada con la de otras funciones del SMSSM y otras funciones de comunicación/navegación del barco y la aeronave.

ANEXO II

RESULTADOS DE PRUEBAS COMUNICADOS POR LA REPÚBLICA FEDERAL DE ALEMANIA

Las pruebas se realizaron a bordo de dos barcos (una el 3 de agosto de 1982 y la otra el 7 de febrero de 1984) y a bordo de una aeronave de búsqueda y salvamento (el 7 de febrero de 1984).

Los resultados experimentales obtenidos a bordo de barcos se presentan en los cuadros I y II. A distancias menores de unas 10 millas marinas no se observó ninguna diferencia importante en la calidad, estabilidad y precisión entre las dos frecuencias. Pero al aumentar la distancia desde dicho límite, se observaron diferencias de calidad cada vez más grandes entre las mediciones hechas en ambas frecuencias. En ondas hectométricas no se pudo alcanzar la distancia final de recalada satisfactoria por falta de tiempo. Sin embargo, una extrapolación de la intensidad de campo indica que cabría suponer una intensidad de campo mínima de $10 \mu\text{V}/\text{m}$ a una distancia de aproximadamente 35 millas marinas. Además, los resultados de las pruebas realizadas por una estación móvil de prueba indicaron que puede preverse una radiorrecalada satisfactoria en ondas métricas dentro de una distancia limitada, no superior a 10 millas marinas.

En el cuadro II se muestran los resultados obtenidos por una aeronave de búsqueda y salvamento.

CUADRO I — Resultados de pruebas realizadas a bordo de barcos el 3 de agosto de 1982

Posición	Latitud	Intensidad de campo (dB(μ V/m))		Hora (UTC)	Distancia desde una RLS de dos frecuencias ⁽¹⁾ en flotación libre (millas marinas)	Calidad de la radiorrecalada	
	Longitud	2198,5 kHz	122,95 MHz			2198,5 kHz	122,95 MHz
Posición de anclaje	54°08,2' N	34	No se ha medido	1020	0	Satisfactoria	Satisfactoria
	08°42,8' E						
I	54°06,8' N	30	No se ha medido	1044	2,70	Satisfactoria	Satisfactoria
	08°38,9' E						
II	54°06,5' N	26	No se ha medido	1100	5,85	Satisfactoria	Satisfactoria
	08°33,3' E						
III	54°06,4' N	23	No se ha medido	1120	8,90	Satisfactoria	Satisfactoria
	08°28,1' E						
IV	54°06,7' N	20	No se ha medido	1145	12,00	Satisfactoria	Recalada posible, grandes errores
	08°22,8' E						
V	54°06,8' N	18	No se ha medido	1200	15,05	Satisfactoria	Recalada imposible
	08°17,8' E						
VI	54°07,4' N	14	No se ha medido	1250	19,76	Satisfactoria	Ninguna señal
	08°09,2' E						

(¹) Características técnicas similares a las de la frecuencia de 2198,5 kHz y 122,95 MHz de la RLS de tres frecuencias en flotación libre descrita en el cuadro II.

CUADRO II – Comparación de las distancias de detección y recalada para diferentes frecuencias – 7 de febrero de 1984

Equipo	Frecuencias	p.i.r.e. (mW)	Distancia máxima de detección (aeronave SAR)		Distancia máxima de recalada (barco)	
			Distancia (millas marinas)	Intensidad de campo ($\mu\text{V}/\text{m}$)	Distancia (millas marinas)	Intensidad de campo ($\mu\text{V}/\text{m}$)
RLS de 3 frecuencias en flotación libre	245,80 MHz	100	62	No medido en la aeronave ~ 1-2	5,3	4
	122,95 MHz	100	53		6,0	1
	2198,5 kHz	1	130		6,0 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾
Transmisor (prototipo) de embarcación de salvamento	2189,5 kHz	2,3	180	~ 1-2	6,12 ⁽¹⁾	28,2 ⁽¹⁾
RLS manual de embarcación de salvamento	245,80 MHz 122,90 MHz 2198,5 kHz	800 800 5000	Ningún resultado. Solamente un corto periodo de transmisión debido a interferencia inaceptable en 2182 kHz por este equipo			
Respondedor de radar de salvamento	Banda de 9 GHz	400	No detectadas por la aeronave		1,5 (a 50% de la tasa de detección)	Altura de la antena (m) Barco: 15,0 Respondedor: 1,20

(¹) No se efectuaron mediciones a 2198,5 kHz más allá de las distancias máximas de detección de las frecuencias en ondas métricas/decimétricas. Según mediciones anteriores a 2198,5 kHz, se supone una distancia de recalada ($2,5 \mu\text{V}/\text{m}$) de 40 millas marinas para la RLS de tres frecuencias en flotación libre y en 60 millas marinas para el transmisor de embarcación de salvamento (prototipo).

ANEXO III

RESULTADOS DE PRUEBAS COMUNICADOS POR EL REINO UNIDO

1. Pruebas en 121,5 y 243 MHz

El diseño de las radiobalizas de emergencia (RLS/transmisor de localización de urgencia) ha sido optimizado, sobre todo en lo que respecta a la potencia y al diagrama de radiación de la antena, para la búsqueda desde aeronaves. En pruebas efectuadas en 121,5 y 243 MHz utilizando una radiobaliza con p.i.r.e. de 250 mW y antena a la altura mínima, se consiguieron alcances terrenales seguros de aproximadamente 2 a 4 millas marinas hasta barcos. En otras pruebas a 243 MHz, en las cuales la radiobaliza tenía una p.i.r.e. de 250 mW y una antena dipolo de tubo coaxial montada con su centro, a 0,6 m sobre la superficie del mar, se obtuvo un alcance seguro de 12 millas marinas cuando se utilizaba una antena Yagi de 8 elementos montada a la altura de 10 m para recibir las señales.

2. Pruebas en 156 MHz

No se realizaron pruebas específicas, pero cabe esperar resultados similares a los obtenidos en 121 y 243 MHz.

3. Pruebas en 406 MHz

El formato utilizado para las transmisiones de radiobaliza fue el especificado para las del sistema COSPAS/SARSAT, es decir, impulsos de 0,5 s. con intervalo de repetición de 50 s. En todas las pruebas la p.i.r.e. de la radiobaliza fue de 5 W.

Las pruebas de propagación de una RLS en el mar se llevaron a cabo mediante un receptor marino de ondas decimétricas a bordo de un barco que utilizaba una antena Yagi de 8 elementos y 10 dB de ganancia, montada a una altura de 10 m. Utilizando como criterio la intensidad de señal de la RLS a 10 dB por encima del umbral audible, se obtuvieron alcances máximos de aproximadamente 15 millas marinas.

Se desarrolló un sistema direccional de radiorrecalada utilizando dos antenas Yagi adyacentes, de las del tipo empleado en las pruebas de propagación, inclinadas 45° en acimut y alimentando al receptor de ondas decimétricas al que se equipó con circuitos adicionales capaces de efectuar la conmutación entre las antenas y comparar las señales recibidas. Estos circuitos también podían medir la intensidad y dirección de la señal durante el periodo del impulso de 0,5 s., así como almacenar y presentar en los medidores correspondientes estas cantidades durante el intervalo del impulso.

Pruebas estáticas en el sistema de radiorrecalada indicaron sin ambigüedad una abertura de radiorrecalada de aproximadamente $\pm 90^\circ$ alrededor del eje de puntería. Su respuesta en términos de diferencia entre las intensidades de las señales de las dos antenas Yagi, en dB en función del desplazamiento direccional de la señal, fue razonablemente uniforme en $\pm 30^\circ$ alrededor del eje de puntería aproximadamente, con una exactitud calibrada de $\pm 2^\circ$.

El sistema de radiorrecalada se instaló en un barco pequeño con la antena direccional situada a una altura de 10 m. Se pudo confirmar el máximo alcance de radiorrecalada de 15 millas marinas previsto por las pruebas de propagación; la radiorrecalada a 7 nudos, aproximadamente, se efectuó de manera fácil y uniforme hasta una distancia de situación visible, a pesar de que había una corriente transversal de 4 nudos. La aproximación a las cercanías de la RLS se detectó por un rápido incremento de la intensidad de la señal.

El sistema de radiorrecalada también se instaló en un helicóptero emplazando, por razones mecánicas, las antenas Yagi una a cada lado de la aeronave. Se volvió a calibrar cuidadosamente el sistema, ya que la exactitud en la determinación de la dirección es más importante en la radiorrecalada de aeronaves debido a la mayor distancia que transcurre entre las medidas. De un modo general las características del sistema fueron las mismas que en el caso anterior.

Las pruebas se realizaron en tierra por conveniencia para el despliegue de la RLS y para la medida de las características de funcionamiento. Se consideró que una modificación en las condiciones de propagación conduciría a obtener resultados más bien pesimistas en comparación con los registrados en las pruebas en el mar.

El alcance máximo de radiorrecalada aumentó a medida que se incrementaba la altitud del helicóptero y para una altura de búsqueda de 1.000 pies fue aproximadamente de 30 millas marinas.

El helicóptero volaba según instrucciones orales procedentes del responsable de las pruebas. El seguimiento fue manual y no se realizó corrección automática de la dirección del helicóptero para compensar el empuje lateral del viento.

Se efectuaron radiorrecaladas para diferentes altitudes hasta 1.000 pies, y a velocidades inferiores a 100 nudos, para diversas condiciones de viento. Un problema importante fue el seguimiento en condiciones de viento lateral y para evaluar este efecto no se intentó, por regla general, optimizar las direcciones de aproximación. Se obtuvieron distancias de pérdida inferiores normalmente en las pruebas a baja altitud, pero en cada una de ellas, al menos una pasada fue a 200 metros o menos de la RLS. Los resultados de las pruebas aparecen en el Cuadro III que indica las cuatro pruebas individuales llevadas a cabo con una velocidad del viento de 70 nudos y realizando tres pasadas sobre la zona considerada, comenzando a una distancia aproximada de 10 km y con las direcciones de compás elegidas de tal forma que proporcionase unos triángulos de error cercanos a 60° en los ángulos de los vértices.

CUADRO III

Número de prueba	Altura en pies	Distancia de pérdida en km			Error en distancia* (en km)
		Pasada 1	Pasada 2	Pasada 3	
1	200	0,15	0,15	0,45	0,33
2	200	0,25	1,30	0,00	1,35
3	500/800	0,60	0,55	0,20	0,75
4	500/800	0,75	0,60	0,20	0,75

* "Error en distancia" es la distancia desde el emplazamiento verdadero al baricentro del triángulo de error. La velocidad registrada del viento fue de 20 nudos, por consiguiente la velocidad con respecto al suelo varió entre 50 y 90 nudos dependiendo de los ángulos formados por la dirección del helicóptero y el viento.

4. Pruebas en 9 GHz

4.1 Han terminado las pruebas de un SART en 9 GHz con una p.i.r.e. de 500 mW y una sensibilidad de disparo de -46 dBm.

Se utilizaron alturas de respondedor de 1,0 m y 1,6 m en «modo flotación libre» y 3,3 m en «modo cubierta» para representar situaciones de balsas salvavidas pequeñas y grandes y el despliegue de un barco pequeño.

Se utilizaron alturas de radar de búsqueda de 17 m, 20 m y 25 m. Se utilizó un radar de 25 kW de bajo factor de ruido (7 dB), con antena de una ganancia +29 dBi, en un mástil telescópico ajustable.

El estado del mar era de calma, o sea, no peor que el estado del mar 1, y por tanto, representativo de las condiciones más desfavorables de propagación por trayectos múltiples.

Se obtuvieron resultados coherentes que permiten definir el concepto SART para una amplia gama de situaciones de socorro.

Se obtuvieron alcances en el modo «flotación» de 7 millas marinas aproximadamente para una altura del SART de 1,0 m, y alturas de antenas de radar de búsqueda típicas: 8 millas marinas para una altura del SART de 1,6 m, y 10 millas marinas para una situación en cubierta de 3,3 m.

4.2 La técnica de cómputo consistió en tomar 50 bloques de interrogación sucesivos y contar los ecos no devueltos.

4.3 Los ecos procedentes del SART no eran tan claros en la distancia de 12 millas marinas como los procedentes de los barcos. Este efecto, que es predecible, se debe a que el retorno de la frecuencia de barrido del SART se alinea con la frecuencia del receptor del radar de búsqueda durante un tiempo menor que la duración del impulso transmitido y, por tanto, reflejado.

4.4 Los resultados figuran en los cuadros IV, V y VI.

Para una probabilidad de detección de 0,5, los alcances y las extensiones de la detección fueron las siguientes:

7-7,6 millas marinas altura del SART: 1,0 m
 8,3-8,8 millas marinas altura del SART: 1,6 m
 unas 11 millas marinas altura del SART: 3,3 m

Estas mayores distancias corresponden a la extensión de 17 m a 25 m de las alturas de la antena de radar.

CUADRO IV

	Altura del SART sobre el mar, 1,0 m		
Distancia (millas marinas)	Porcentaje de ecos para alturas de radar de:		
	17 m	20 m	25 m
3	100	100	100
5	80	82	91
7	37	65	75
8.3	Nulo	Nulo	18

CUADRO V

	Altura del SART sobre el mar, 1,6 m		
Distancia (millas marinas)	Porcentaje de ecos para alturas de radar de:		
	17 m	20 m	25 m
5	100	100	100
6	100	100	100
7	100	84	97
8	63	76	86
9	Nulo	10	40

CUADRO VI

		SART en cubierta, 3,3 m sobre el mar		
Distancia (millas marinas)	Porcentajes de ecos para alturas de radar de:			
	17 m	20 m	25 m	
3	100	100	100	
5	96	98	100	
6	90	88	90	
7,5	80	74	70	
9	88	92	83	
10,5	94	96	91	
11	Nulo	Nulo	Nulo	

4.5 Se ha demostrado la posibilidad de extender la cobertura de la banda a una de 9,2 GHz a 9,55 GHz a fin de acomodar tanto los radares de costa que funcionan en el extremo inferior de la banda como los radares de aeronaves del SAR, en la parte superior de la banda.

4.5.1 Características de funcionamiento

El SART (respondedor radar de búsqueda y salvamento) original fue diseñado para funcionar en un margen de frecuencias de 200 MHz y tenía un periodo de $5 \mu s$ que se repetía veinte veces para lograr un tiempo de respuesta total del orden de $100 \mu s$. Con un margen de frecuencias de 350 MHz, un periodo de $8,75 \mu s$ repetido 11 veces proporcionaría aproximadamente la misma duración de la respuesta y velocidad de barrido.

Se realizó una prueba para confirmar que la respuesta de un SART modificado para cubrir la banda 9 200 - 9 550 MHz podría ser fácilmente identificado en una pantalla de radar.

4.5.2 Pruebas

4.5.2.1 Los objetivos de las pruebas fueron:

- Comprobar si había o no una diferencia significativa entre el reconocimiento de un SART que se ajustaba a las características indicadas en la Recomendación 628 y de otro modificado para cubrir el margen extendido de frecuencias.
- Comprobar si el "retroceso" rápido de los barridos de banda era o no adecuado para distancias cercanas.

4.5.2.2 Las pruebas se realizaron sobre dos dispositivos SART, uno de ellos conforme a la Recomendación 628 y el otro capaz de cubrir una banda ampliada de frecuencias de 9 200 - 9 550 MHz y dispuesto de tal forma que la respuesta comenzase por un "retroceso" rápido.

Las características de los SART fueron las siguientes:

	<u>Recomendación 628</u>	<u>Modificado</u>
Periodo de repetición del barrido	5 μ s	12,5 μ s
Número de barridos	20	8 mínimo
Tiempo de barrido hacia adelante	4,5 μ s	11,5 μ s
Retorno del barrido	0,5 μ s	1,0 μ s
Banda de frecuencias de barrido	9,3 - 9,5 GHz	9,2 - 9,55 GHz
Velocidad de barrido hacia adelante	44,4 MHz/ μ s	30,4 MHz/ μ s

4.5.2.3 Se tomaron fotografías de la pantalla de radar de ambos dispositivos y en el Cuadro VII figura el resumen de los resultados que confirmaron que no se produce una pérdida en la capacidad de detección por el hecho de barrer una banda de frecuencias más ancha.

Las pruebas también vinieron a demostrar que si la zona de "retroceso" precede al barrido lento principal de un SART, puede utilizarse con mayor eficacia par distancias cortas. Para un retorno del barrido del orden de 1 μ s, el "retroceso" es claramente visible en cortas distancias. Como el retorno recorre la banda barrida a una velocidad un orden superior a la del barrido principal, si se inicia de forma inmediata por el impulso de excitación del radar, el error en el cálculo de la distancia será también un orden inferior.

CUADRO VII

	Margen de distancias del SART (millas marinas)	Escala de distancias de pantalla (millas marinas)	Número de barridos en la escala de la pantalla	Número de barridos visibles	Separación (millas marinas)
SART normalizado	3,8	12	19	19	0,4
SART modificado	2,0	12	9	9 retro-cesos 9 hacia adelante	1,0
SART modificado	4,3	12	8	5 retro-cesos 8 hacia adelante	1,0

4.5.3 Pruebas con aeronaves de SAR

Se han efectuado varias pruebas utilizando con prototipos SART un radar de búsqueda de 9 GHz en aeronaves dedicadas a operaciones SAR (Nimrod). Como los resultados de esas pruebas fueron poco concluyentes, el fabricante del radar efectuó un estudio para determinar si el radar era compatible con la cobertura de frecuencia del SART y, si no lo era, si se le podría modificar para cumplir las especificaciones del SART. Los resultados de ese estudio demostraron que el radar no era compatible con la cobertura de frecuencia del SART, y que su modificación resultaría extremadamente onerosa. El estudio confirmó, sin embargo, que si se extendiese la cobertura de la frecuencia del SART a 9 550 MHz, ésta sería suficientemente común con las bandas de frecuencia de funcionamiento de los radares de las aeronaves de SAR del Reino Unido como para suministrar la compatibilidad.

ANEXO IV

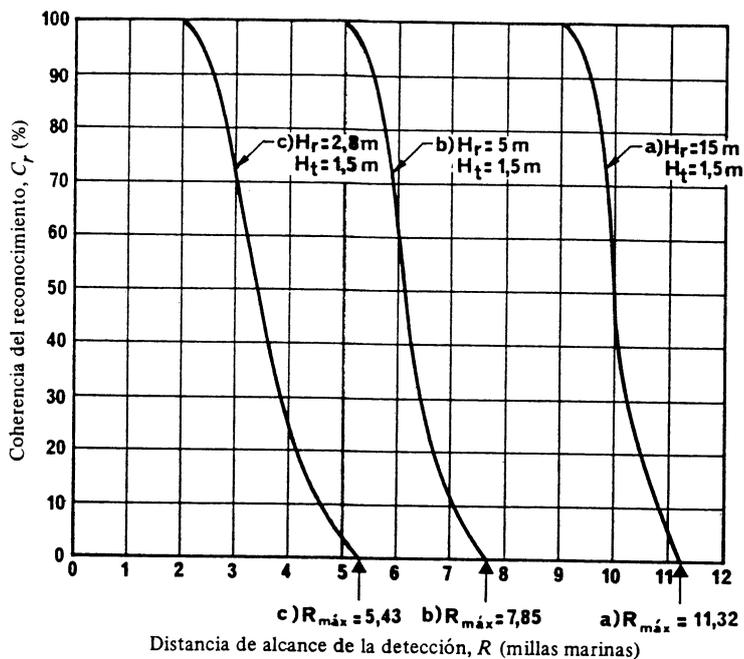
RESULTADOS DE PRUEBAS COMUNICADOS POR JAPÓN

En el Informe 775 figuran los resultados de pruebas anteriores realizadas en el mar. El nuevo equipo SART-A probado podría facilitar las actividades finales de localización y salvamento y actuar como un sistema de navegación que sigue la alerta de socorro, identificación y localización por medio de la RLS por satélite u otro sistema de radiocomunicación.

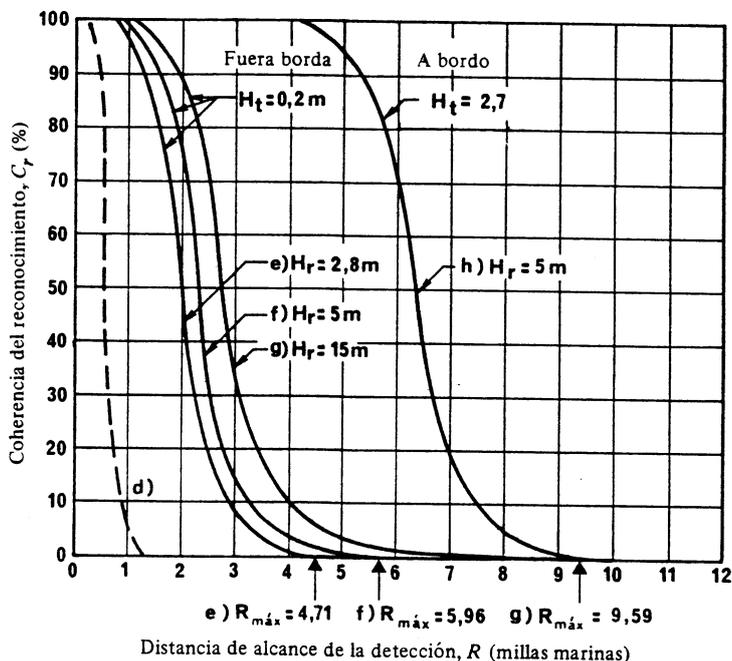
Se han realizado otras pruebas utilizando el SART-B, diseñado para la cubierta exterior de barcos pequeños que no están equipados con balsas de salvamento ni RLS.

La fig. 1a) muestra la distancia de búsqueda, R , en función de la coherencia de las características de reconocimiento, C_r , en el caso de funcionamiento a bordo de un SART-B, con una altura de antena de 1,5 m, empleando diversos radares en condiciones marítimas correspondientes al punto Beaufort 1. C_r significa el porcentaje de exploraciones en el cual apareció el código de 20 impulsos en la pantalla del radar.

La fig. 1b), muestra la variación de R en función de C_r , para el funcionamiento fuera borda del SART-B en las mismas condiciones que la fig. 1a). A una distancia comprendida entre 2 y 3 millas marinas en las curvas $R-C_r$, apareció una inflexión abrupta debido a la interferencia de fase originada por reflexiones de la señal de respuesta en la superficie del mar.



a) Curvas de C_r de funcionamiento a bordo, en función de R



b) Curvas de C_r de funcionamiento fuera borda, en función de R

FIGURA 1 – Resultados de otras pruebas en el mar

H_t : Altura del SART (m)

H_r : Altura de la antena radar (m)

Altura significativa de las olas = 0,3-0,5 m

Curva d): Observación nocturna con anteojos a una altura de 10 m utilizando la luz de búsqueda de una balsa de salvamento con lámparas indicadoras y cinta antirreflectante

C_r significa, para la exploración radar, el porcentaje de exploraciones en el cual aparece el símbolo de 20 impulsos en la pantalla PPI de radar y en el caso de observación visual con anteojos, porcentaje de observadores que detectaron el objeto en peligro. Debido a la persistencia de la imagen del radar, puede percibirse adecuadamente el símbolo aun cuando no aparezca en cada barrido, de manera que no se producen errores de identificación como consecuencia de la posibilidad de ocultación del objeto o de diferencias entre los observadores individuales. A causa de estos factores se considera que un valor de C_r igual o mayor que 10 proporciona una seguridad de detección adecuada.

Como resultado adicional de las otras pruebas, se encontró que un radar podía reconocer separadamente cinco SART en funcionamiento simultáneo y que estaban alineados con el radar y separados entre sí 0,2 millas marinas.

Asimismo se vio que un SART podía responder a dos radares en operaciones próximas y simultáneas y en este momento los códigos que aparecían en ambas pantallas PPI del radar se transformaron en una serie de círculos concéntricos que indicaban una estrecha proximidad a la unidad en peligro como se describe en el Informe 775.

La fig. 2 muestra los resultados de una simulación para investigar la característica de funcionamiento que puede esperarse con diferentes estados del mar, con la antena radar del barco a 15 m sobre el nivel del mar (H_r) y la antena del respondedor a 1,5 m sobre el nivel del mar (H_t).

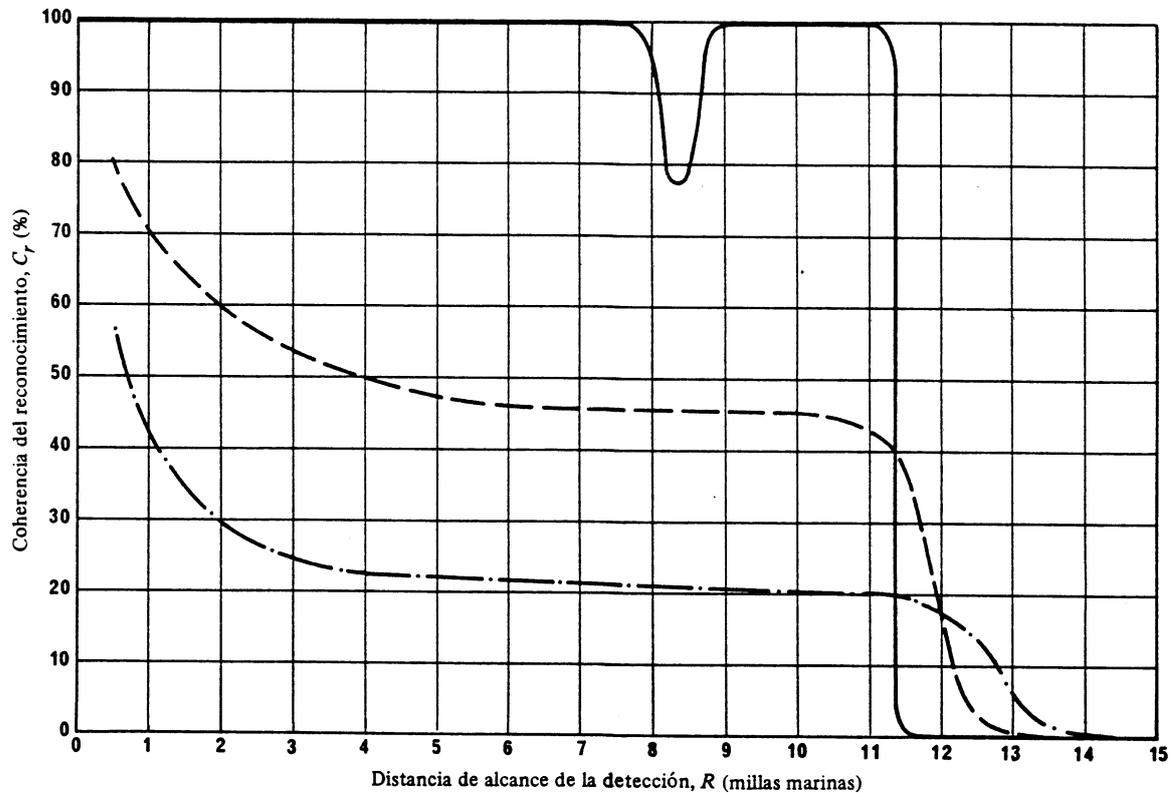


FIGURA 2 — Resultados de la simulación: distancia de búsqueda en función de la coherencia de reconocimiento

Ángulo de encuentro, $\chi = 150^\circ$
 Utilización de una balsa salvavidas, $\varphi = 0^\circ$
 Altura de la antena radar, $H_r = 15$ m
 Altura del SART, $H_t = 1,5$ m

- Degradación debida al efecto de trayectos múltiples en una superficie tranquila del mar (Beaufort 2: altura de las olas significativas de $\approx 0,42$ m)
- - - - - Beaufort 6: altura de las olas significativas de $\approx 3,9$ m
- Beaufort 8: altura de las olas significativas de $\approx 7,1$ m

C_r significa, para la exploración radar, el porcentaje de exploraciones en el cual aparece el símbolo de 20 impulsos en la pantalla PPI de radar y en el caso de observación visual con anteojos, porcentaje de observadores que detectaron el objeto en peligro. Debido a la persistencia de la imagen del radar, puede percibirse adecuadamente el símbolo aun cuando no aparezca en cada barrido, de manera que no se producen errores de identificación como consecuencia de la posibilidad de ocultación del objeto o de diferencias entre los observadores individuales. A causa de estos factores se considera que un valor de C_r igual o mayor que 10 proporciona una seguridad de detección adecuada.

APÉNDICE

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RESPONDEDOR DE RADAR SAR

Los estudios sobre las características técnicas del respondedor de radar SAR a 9 GHz (SART) utilizado para radiorrecalada en el FSMSSM ofrece los resultados indicados a continuación.

1. Señal y código

La señal y el código para el SART figuran en el Informe 775.

2. Receptor del SART

La fig. 3 representa un diagrama de niveles de potencia en función de la separación entre un radar y un SART, calculado utilizando el § 2 del «Radar Handbook» (McGraw-Hill; 1970) para una altura de las olas (h) de 0,3 m.

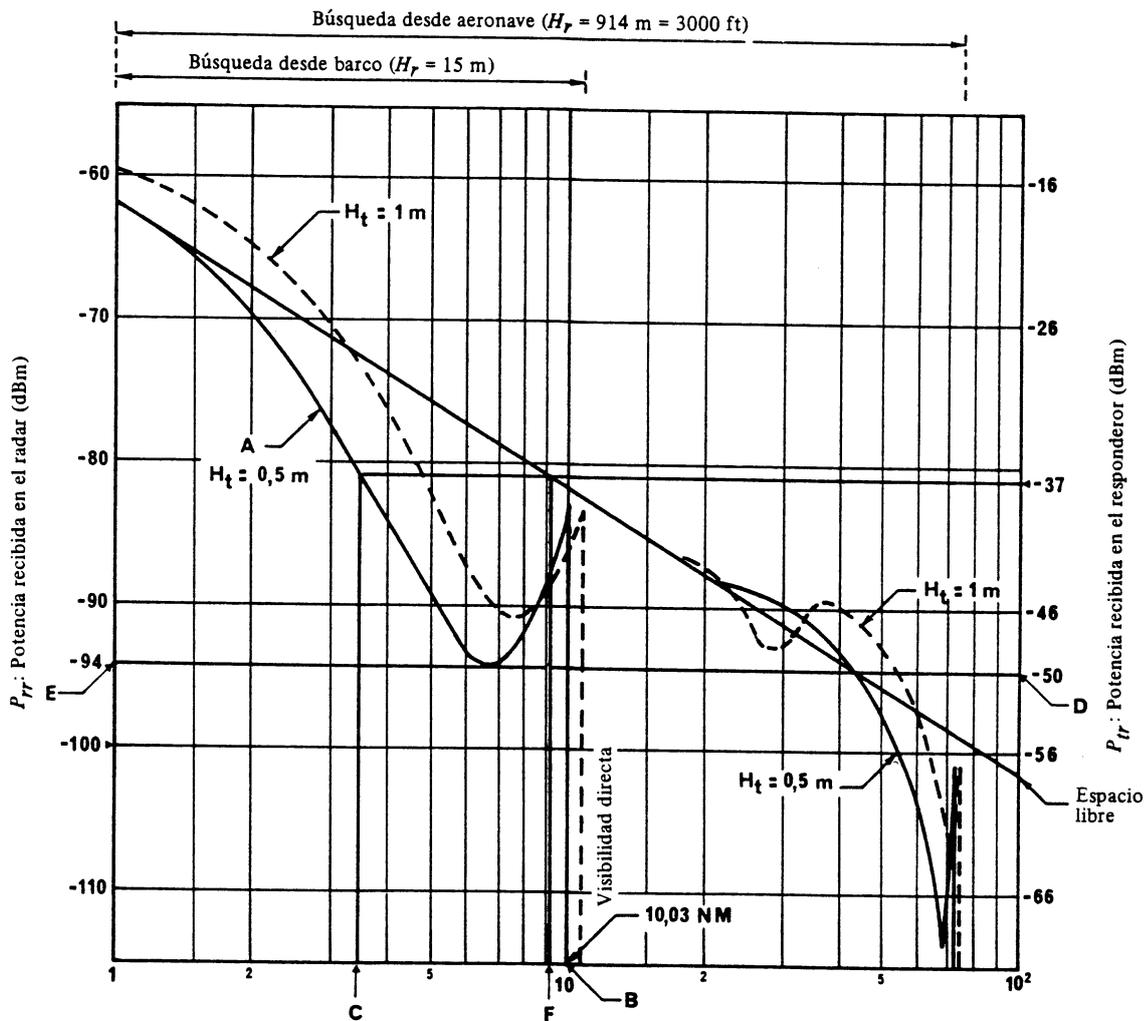


FIGURA 3 – Niveles de potencia recibida por un radar y por un SART en función de su distancia respectiva R (en millas marinas (NM))

Tal como se ve en la fig. 3, el alcance de la búsqueda marítima con visibilidad directa utilizando el radar de barco con una altura de la antena (H_r) de 15 m sobre el nivel del mar es de 10 millas marinas, suponiendo un SART cuya altura de la antena sobre el nivel del mar (H_r) sea 0,5 m (punto B).

La curva A en la fig. 3 muestra el nivel recibido por un SART con una altura de antena, H_t , de 0,5 m. Cuando la s.e.r. (véase la nota) del SART es -37 dBm, tal como se especifica en la Recomendación 628, dicho SART no puede responder a más allá de 3,6 millas marinas para un radar de barco típico con potencia máxima de transmisión $P_r = 10$ kW, ganancia de antena $G_r = 30$ dB, y $H_r = 15$ m (punto C).

Considerando estas condiciones y el hecho de que el SART debe responder al radar en todo el alcance de visibilidad directa (10 millas marinas), la s.e.r. del SART debe ser preferentemente -50 dBm (punto D).

Nota. — «Sensibilidad efectiva del receptor» (s.e.r) indica la sensibilidad del receptor más la ganancia de la antena.

3. Transmisor del SART

Como el factor de ruido del receptor de radar de barco es normalmente de 10 dB, el cálculo de la s.e.r. da -94 dBm ($T = 27^\circ\text{C}$, $B = 10$ MHz y $G_r = 30$ dB), que significa que el radar podría recibir en todo el alcance de visibilidad directa (10 millas marinas) la respuesta de un SART cuya potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.) sea de 400 mW (valor medio de la Recomendación 628), tal como se indica en la fig. 3 (punto E).

Así pues, cuando se integra un SART mediante radares de barco típicos, las características de una p.i.r.e. de 400 mW y una s.e.r. de -50 dBm parecen estar equilibradas.

4. Búsqueda desde aeronaves

Para un radar de aeronave ($H_r = 914$ m (3000 pies), $P_r = 10$ kW y $G_r = 30$ dB), el SART cuya s.e.r. sea de -37 dBm, no puede responder a un alcance mayor de 9 millas marinas (punto F de la fig. 3). No obstante, si se mejora la s.e.r. del SART a -50 dBm, es posible responder hasta 40 millas marinas.

5. Resumen

Teniendo en cuenta el Informe 775 y las consideraciones anteriores, las características técnicas preferidas de los SART para radiorecalada en el SMSSM, son las siguientes:

5.1 Señal y código

Véase el § 4.3.3.1 del Informe 775.

5.2 Potencia isotropa radiada equivalente (p.i.r.e.): 200-800 mW

Este valor se considera adecuado para búsqueda desde barco o desde aeronave.

5.3 Sensibilidad efectiva del receptor (s.e.r.): -50 dBm como mínimo

Este valor aumenta efectivamente el alcance discernible del SART para el radar de barco y aeronave.

ANEXO V

RESULTADOS DE PRUEBAS COMUNICADOS POR LA URSS

En noviembre de 1983 la URSS realizó pruebas marinas con un respondedor de radar incorporado en una radiobaliza del sistema COSPAS.

Los datos técnicos del respondedor utilizado para dichas pruebas figuran en el cuadro VIII.

CUADRO VIII

Banda de frecuencia (MHz)	9330-9470
Potencia de salida (mW)	50
Sensibilidad del receptor (dBm)	-38
Tiempo de conmutación de la frecuencia de la señal de respuesta (μs)	10
Duración de la señal de respuesta (μs)	200
Masa (kg)	0,7

Para la prueba se utilizó una estación radar de barco de tipo «Okean», cuyas características técnicas y de funcionamiento cumplen lo especificado en la Resolución A.477 (XII) de la OMI, de 19 de noviembre de 1981. Las características de la estación de radar figuran en el cuadro IX.

CUADRO IX – Características técnicas de la estación radar

Banda de frecuencia (MHz)	Potencia del transmisor (kW)	Sensibilidad del receptor (dBm)	Banda de paso (MHz)
9400-9460	70	-90	12/4 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ La banda se cambia automáticamente al conmutar la escala de distancia.

Las pruebas se realizaron en mar abierto con marejada de fuerza entre 1 y 2. Las antenas de las estaciones de radar se instalaron a una altura de 21 m sobre el nivel del mar, el respondedor construido dentro de la RLS por satélite se instaló a 0,15 m sobre el nivel del mar. En las pruebas se determinó la máxima distancia de detección de la RLS por satélite.

La máxima distancia de detección del respondedor radar incorporado en la RLS por satélite del sistema COSPAS fue de 4,1-4,5 millas marinas para una probabilidad de detección de 0,5, es decir, al menos cinco señales de cada diez fueron detectadas.

ANEXO VI

RESULTADOS DE PRUEBAS COMUNICADOS POR ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

1. Pruebas en 156 MHz

Se efectuaron pruebas utilizando una RLS flotante de dimensiones 8 × 30 cm y 1,25 kg de peso que radiaba 1 W en 156,75 MHz (se suprimió la radiación en 156,8 MHz). La RLS era un modelo disponible comercialmente con un costo aproximado de 165 dólares de Estados Unidos. Durante las pruebas se arrojó la RLS al mar con olas de un metro de altura. Se midieron los alcances de radiorecalada y de alerta a un barco de búsqueda y salvamento, resultando ser de 6,7 y 8,3 millas marinas, respectivamente. El alcance de alerta a un receptor de ondas métricas situado en la costa con una antena montada a 50 m de altura sobre el nivel del mar, fue de 17,5 millas marinas.

2. Pruebas en 9 GHz

En Estados Unidos de América se efectuaron pruebas utilizando dos respondedores de búsqueda y salvamento (SART) flotantes que funcionaban en la banda de 9 GHz. Se proyectó uno de los SART con una altura de antena de unos 0,2 m, y el segundo con una altura de antena de 1,5 m aproximadamente, sobre el nivel del mar. Para medir el alcance de detección al respondedor se emplearon 5 radares de navegación marítima diferentes y un radar a bordo de un helicóptero. En el cuadro X se muestran los resultados para el radar marino y en el cuadro XI, los resultados para el radar a bordo de la aeronave.

CUADRO X – Resultados de las pruebas con el radar marino

Radar	Altura de la antena del radar (m)	Alcance de detección del respondedor (millas marinas)	
		Altura de la antena de 0,2 m	Altura de la antena de 1,5 m
A	10	2,3	5,7
B	4	1,2	3,2
C	15	2,2	5,7
D	15	2,9	7,8
E	10	(No comprobado)	6

CUADRO XI - Resultados de las pruebas con la aeronave

Altitud (m)	Alcance de detección del respondedor (millas marinas)	
	Altura de la antena de 0,2 m	Altura de la antena de 1,5 m
150	5,5-6	10
450	10	14-16
900	10	14,5

ANEXO VII

RESULTADOS DE PRUEBAS COMUNICADOS POR CANADÁ*

1. Las pruebas de radiorrecalada mediante RLS a 406 MHz se efectuaron con una aeronave del Gobierno canadiense, utilizada normalmente en operaciones de búsqueda y salvamento. El receptor se modificó ligeramente, por lo que se refiere a la frecuencia, para recibir a 406,025 MHz. Se utilizó un radiogoniómetro Collins DF 301E, modificado de modo que la aguja de marcación permaneciera fija en su última indicación mientras la RLS no estuviera transmitiendo. Cada vez que se recibía una nueva transmisión de la RLS, la aguja de marcación se ajustaba a la nueva dirección, y el operador podía medir la diferencia entre las dos marcaciones y ajustar adecuadamente el rumbo de la aeronave. Además de la modificación para estabilizar la aguja de marcación, se instaló un circuito que iluminaba una aguja indicadora al principio de la recepción de una transmisión de la RLS. La luz permanecía encendida durante 7 s indicando al operador que la información de marcación proporcionada por la aguja había sido recibida recientemente o, si la luz no estaba encendida, que se iba a recibir en breve nueva información de marcación y por tanto, la dirección de la aguja sería confirmada o modificada adecuadamente.

2. El emplazamiento exacto de la RLS se determinaba por radiorrecalada en la baliza y, tras rebasarla, girando 90° y radiorrecalando en ella una segunda vez. La intersección de los dos rumbos se hizo en todos los casos con un margen de precisión de 61 m.

3. Se efectuaron vuelos de radiorrecalada a diversas alturas sobre mar y tierra. Los resultados variaron según la altura y el medio. Se obtuvieron marcaciones precisas sobre tierra a distancias que variaban de 18 millas marinas a 610 m de altura (2000 pies) y de 60 millas marinas a 2900 m (9500 pies). Sobre el mar y desde una altura de 610 m se obtuvieron marcaciones precisas a 17 millas marinas. No se dispuso de tiempo suficiente para efectuar pruebas a alturas superiores sobre el mar.

4. En todas las pruebas y operaciones efectuadas hasta la fecha, el sistema COSPAS/SARSAT explotado en la banda de 406 MHz, ha proporcionado información de localización con una aproximación de 3 millas marinas con respecto al emplazamiento exacto de la RLS. Es evidente, por tanto, que una aeronave de búsqueda y salvamento que se dirija hacia el lugar de un siniestro de acuerdo con la información proporcionada por una RLS podrá detectar esa RLS y radiorrecalar con su ayuda desde puntos muy alejados del lugar geométrico ya conocido de la baliza y por encima de la gama de radiorrecalada de unas 10 millas marinas exigida por el SMSSM.

5. Resumen

Toda la información de marcación proporcionada por el radiogoniómetro fue positiva y precisa. La tripulación de la aeronave pudo identificar la ubicación de la baliza con una precisión de 61 m con respecto a su posición exacta. Este resultado se confirmó volando sobre la ubicación identificada a velocidad reducida y a menor altitud (300 m) y localizando la RLS visualmente. Ha quedado demostrado, por tanto, que la aeronave puede radiorrecalar con precisión mediante una RLS utilizando las características de señal recomendadas por el CCIR para la frecuencia de 406,025 MHz.

* Los resultados de las pruebas realizadas con dispositivos de radiofaros y de recalada a bordo de aeronaves se indican también en el Informe 919.

ANEXO VIII

Resultados de las pruebas efectuadas por Francia

1. El 2 de marzo de 1988 se realizaron pruebas a bordo de una lancha de vigilancia en el Golfo de Vizcaya.

Se utilizaron dos modelos de radiobalizas de localización de siniestros COSPAS-SARSAT que pueden flotar libremente; dichas radiobalizas son de un tipo aprobado COSPAS-SARSAT y admitidas por la Administración francesa.

2. Condiciones de prueba

- VIENTO: SW, 20 nudos
- MAR: fuerza 3
- OLEAJE: SW, 1,50 m
- VISIBILIDAD: 5 a 8 millas
- VELOCIDAD: barco con el material de radiorrecalada: desplazamiento a 10 nudos
- ALTURAS: antena del material de radiorrecalada: 4 m por encima del nivel del mar
antena de las radiobalizas: al nivel del mar
- RADIOBALIZAS: flotando libremente; la superficie del mar constituía el plano del suelo de las antenas de media onda o cuarto de onda.

3. Resultados de las pruebas

- ALEJAMIENTO de una radiobaliza a 10 nudos:
 - pérdida de indicación de marcación relativa a 5 millas.
 - ACERCAMIENTO de una radiobaliza a 10 nudos:
 - indicación de marcación a partir de 4,5 millas;
 - indicación de marcación idéntica por material de radiorrecalada y control visual a 2 millas;
 - sin pérdida de indicación de marcación en las cercanías de la radiobaliza.
 - PRUEBA DE DOS radiobalizas que emiten simultáneamente:
 - distancia entre las dos radiobalizas: 50 m;
 - indicación de marcación dada para cada radiobaliza sin mezcla de información, tanto si el barco se aleja como si se acerca.
-