

INFORME 919-2*

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE RLS POR SATÉLITE
EN ÓRBITA POLAR BAJA

(Cuestión 90/8)

1982-1986-1990)

1. Introducción**1.1 Antecedentes**

El programa COSPAS/SARSAT** constituye un esfuerzo de cooperación internacional entre Estados Unidos de América, Canadá y Francia (SARSAT) y la URSS (COSPAS). Noruega, Reino Unido, Finlandia, Bulgaria y Dinamarca participan también en este programa, y existen negociaciones para la participación de Brasil y otros países.

Los objetivos del programa son los siguientes:

- en primer lugar, apoyar las actuales actividades de búsqueda y salvamento proporcionando determinación de posición a los transmisores de localización de siniestros (ELT — emergency locator transmitters) de aeronaves y a las radiobalizas de localización de siniestros (RLS) marítimas que transmiten en 121,5 MHz;
- en segundo lugar, demostrar las ventajas de un nuevo sistema que opera en 406 MHz, que presenta mejores características de funcionamiento y satisface mejor las necesidades de los usuarios en materia de cobertura e identificación mundial;
- en tercer lugar, es fomentar el desarrollo de un sistema operacional internacional lo antes posible.

En el Informe 761 se hace una descripción sucinta del sistema, cuyos detalles se incluyen en [URSS y otros, 1984a], por lo que no se repiten en este Informe.

Los satélites Cospas-1 (C1), 2 (C2) y 3 (C3) se lanzaron el 30 de junio de 1982, el 25 de marzo de 1983 y el 21 de junio de 1984, respectivamente. El Sarsat-1 (S1), primer satélite que contiene la carga útil SARSAT, se lanzó el 28 de marzo de 1983. Perdió estabilidad de actitud y se interrumpió su explotación en junio de 1984; se reactivó con éxito en mayo de 1985. El Sarsat-2 (S2) se lanzó en diciembre de 1984. El lanzamiento del Sarsat-3 (S3) está previsto en 1986. Los primeros lanzamientos iniciaron un esfuerzo de medición de ingeniería y un esfuerzo de demostración y evaluación (D y E). El objetivo de las mediciones de ingeniería fue determinar si el diseño funciona de acuerdo con las previsiones. El objetivo del programa (D y E) fue demostrar las características de funcionamiento del sistema de 406 MHz y las posibilidades del sistema para prestar asistencia efectiva a las operaciones de búsqueda y salvamento (SAR — search and rescue).

Las mediciones de ingeniería consistían en pruebas de ingeniería en 121,5 MHz y 406 MHz bien controladas, que continúan realizándose con cada nuevo satélite que se lanza. El programa (D y E) demostró las características de funcionamiento del sistema en 121,5 MHz y 406 MHz en un ambiente de usuarios más real. El programa (D y E) concluyó en julio de 1984. Sin embargo, se están adquiriendo continuamente mediciones adicionales de datos. Posteriormente, los datos D y E se denominarán datos «ambientales» para distinguirlos de los datos de ingeniería. Los resultados preliminares del programa se han recogido en varios informes (véanse las Referencias bibliográficas del final del Informe).

Debe señalarse que el subsistema COSPAS/SARSAT en 406 MHz acaba de pasar a la fase operacional y mejora continuamente su funcionamiento. Por otra parte, el subsistema en 121,5 MHz ha demostrado ya su calidad operacional en cierto número de situaciones reales de socorro resueltas con éxito.

1.2 Objetivo del Informe

El objetivo de este Informe es presentar de manera refundida los resultados preliminares obtenidos en diversos Informes y documentos de mediciones de ingeniería y de D y E, en los que se describen las características de funcionamiento del sistema de 406 MHz y las pruebas ambientales realizadas por todos los participantes en el COSPAS/SARSAT.

Se presentan también los resultados generales de las pruebas del sistema de 121,5 MHz para dar al usuario una idea de las posibilidades operacionales del sistema COSPAS/SARSAT y una base para comparar la eficiencia del sistema de 406 MHz.

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

** COSPAS: Kosmicheskaya Sistema Poiska Avariynyj Sudov (Sistema espacial para la búsqueda de embarcaciones en peligro).
SARSAT: Search and Rescue Satellite-Aided Tracking System (Sistema de búsqueda y salvamento con seguimiento por satélite).

1.3 Alcance del Informe

Al investigar los diversos informes de resultados de pruebas presentados por los países participantes, se comprobó que había variaciones en los métodos y formatos al realizar las pruebas y al registrar los resultados. Por consiguiente, se consideró necesario utilizar sólo los resultados basados en características de funcionamiento de definiciones similares y de los que se conocían los tamaños de las muestras de los datos recogidos.

Los países cuyos datos se utilizan en este Informe son:

- los participantes en el COSPAS/SARSAT: Estados Unidos de América, Canadá, Francia y la URSS y
- los investigadores del COSPAS/SARSAT: Bulgaria, Noruega y Reino Unido.

Los Informes utilizados se indican en las Referencias bibliográficas. Los resultados de pruebas comunicados corresponden al periodo comprendido entre el 1 de febrero de 1983 y el 31 de agosto de 1985.

Hay en proyecto más pruebas tanto con RLS en flotación como de evaluación de las características de funcionamiento extremo a extremo. En las pruebas con RLS en flotación se investigarán también la probabilidad de localización en distintas condiciones, incluso con mar gruesa; en las pruebas extremo a extremo seguirán investigándose las características de funcionamiento del sistema utilizando una constelación de cuatro satélites de reducida susceptibilidad a la interferencia. Los resultados de estas pruebas se comunicarán cuando estén completos, lo que se cree ocurrirá en 1986. **Los resultados de algunas de esas pruebas se comunican en los Anexos II y III, y la comparación de esos datos con parámetros semejantes medidos durante las fases D y E se ofrecen al final del Anexo IV.**

2. Características de funcionamiento medidas en el sistema de 406 MHz

Este punto se centra en las características de funcionamiento a medida del sistema COSPAS/SARSAT, que utiliza las balizas experimentales de 406 MHz.

2.1 Introducción

El objeto de las mediciones de ingeniería y de las pruebas ambientales era determinar la aptitud del sistema COSPAS/SARSAT para detectar, identificar y localizar balizas experimentales de 406 MHz que operen en medios marítimos y terrestres, lo que se hizo sobre todo evaluando los siguientes parámetros con datos de una sola pasada:

- Probabilidad de detección de balizas
- Error de localización de balizas
- Resolución de ambigüedad
- Probabilidad de localización de balizas
- Capacidad
- Alcance de recalada en 121,5 MHz y en 406 MHz
- Tiempo de notificación.

En el periodo considerado, el sistema COSPAS/SARSAT experimentó:

- la continuación del desarrollo del sistema de tierra,
- la adición de los satélites C3 y S2 al segmento espacial,
- la adopción de nuevos procedimientos de explotación, y
- la mejora del equipo a bordo de satélites.

Por estas razones, los resultados de la prueba reflejan un sistema en evolución, y ofrecen una base para la evaluación preliminar de los parámetros citados, con continuas mejoras previstas.

Las pruebas eran de dos categorías: pruebas de ingeniería y pruebas ambientales.

Las pruebas de ingeniería se definen como pruebas técnicas muy controladas establecidas para evaluar el grado en que se satisfacen los objetivos de diseño del sistema. Las pruebas ambientales son pruebas de explotación moderadamente controladas destinadas a evaluar la influencia de los factores ambientales (como son el estado del mar, el terreno y el tiempo) en un modo más operacional.

Las pruebas de ingeniería se realizaron en condiciones muy buenas con un ambiente estable y conocido. Se conocía la posición verdadera de cada baliza con buena exactitud próxima a unos 0,50 km, la potencia de salida estaba controlada y se calcularon con exactitud los ángulos de elevación desde las balizas al vehículo espacial.

Las pruebas ambientales, en cambio, se realizaron en una amplia gama de condiciones que no se registraron ni controlaron con precisión. Por ejemplo, se estimaron las posiciones verdaderas de las balizas, registrándose con frecuencia errores superiores a 0,5 km, no se efectuaron normalmente mediciones de la potencia de salida, y no se registraron normalmente los ángulos de elevación; sin embargo, con un tamaño suficiente de la muestra, puede esperarse que estos datos caractericen al sistema operacional.

2.2 Descripción de las pruebas

Las pruebas se realizaron en condiciones y lugares seleccionados por las naciones participantes. Generalmente, las balizas se activaban con tiempo suficiente para entrar en calor antes de tomarse los datos y asegurar así que las balizas funcionasen según las especificaciones. Se eligieron los ángulos de elevación desde las balizas a los satélites de manera que pudiesen calcularse los puntos de origen de los mensajes. Para obtener una representación de lo que podría ocurrir durante la activación de una baliza en circunstancias reales, se seleccionaron condiciones ambientales variadas. Los ambientes de tierra adentro consistían en terreno llano y montañoso, tiempo húmedo y seco, altitudes elevadas y bajas sobre el nivel medio del mar, temperaturas ambientales variadas, etc. Las pruebas marítimas se realizaron generalmente con mar en calma y las RLS en las cubiertas de los barcos y/o en flotación. Las balizas empleadas eran ELT y RLS que operaban en 406 MHz de desarrollo reciente, cuyo diseño cumplía la norma internacional para balizas experimentales exigida en la especificación COSPAS/SARSAT para las ELT/RLS en 406 MHz [Canadá y otros, 1982].

Para saber a qué país de origen corresponden los diversos resultados de pruebas recogidos en este Informe, debe utilizarse la siguiente lista:

<i>Serie</i>	<i>País</i>
A	Bulgaria
B	Canadá
C	Francia
D	Noruega
E	URSS
F	Estados Unidos de América
G	Reino Unido

2.2.1 Probabilidad de detección de balizas

La probabilidad de detección de balizas se define como la probabilidad de detección mediante un terminal de usuario local (LUT — local user terminal) (véase la nota) de un mensaje de baliza como mínimo con una sección con protección de código correcto para el primer satélite seguido.

Nota. — Un terminal de usuario local (LUT) es la estación terrena receptora COSPAS/SARSAT.

2.2.1.1 Descripción de las pruebas

2.2.1.1.1 Pruebas en tierra

Los resultados de las pruebas de ingeniería de la serie C se obtuvieron en junio de 1985 por el LUT Toulouse durante las pruebas de funcionamiento comparativas de Sarsat-1 y Sarsat-2. En estas pruebas se utilizaron una baliza de orbitografía local y una baliza de referencia, instaladas en el techo de un edificio.

Los resultados de las pruebas ambientales de la serie E se obtuvieron durante pruebas efectuadas en enero-febrero de 1985 [CSSC, 1985a]. Se instaló una baliza de prueba (prototipo industrial) en el techo del LUT de Moscú. La baliza fue alimentada mediante baterías internas. Durante el periodo de prueba de 30 días la temperatura varió entre 0 °C y -24 °C.

Los resultados de las pruebas de ingeniería de la serie F se obtuvieron en agosto de 1985 durante pruebas simultáneas de dos balizas de prueba en tierra y en cubierta, así como una serie de RLS en flotación. Las balizas de prueba en tierra se instalaron en la parte superior de los edificios, uno de los cuales está situado en el Atlantic Marine Center, cerca de Norfolk, Virginia, y el otro en Goddard Space Flight Center de la NASA en Greenbelt, Maryland. Todas estas balizas, así como las instaladas en la cubierta de un barco y las RLS en flotación transmitían a plena potencia.

2.2.1.1.2 Pruebas en cubierta

Los resultados de las pruebas de ingeniería de la serie F se obtuvieron en agosto de 1985 como se indica en el punto anterior. Se utilizó una baliza de prueba con la antena situada en el puente del barco, que se encontraba a cierta distancia de la costa de Norfolk, Virginia.

2.2.1.1.3 Pruebas en flotación

Los resultados de las pruebas ambientales de la serie C se obtuvieron en abril y junio de 1985 durante las pruebas de tres RLS amarradas y dos en flotación libre, respectivamente [CSSC, 1985b]. Estas pruebas se efectuaron en la zona costera del Océano Atlántico en el sudoeste de Francia (cerca de Burdeos) con condiciones de mar baja. En estas pruebas, sólo se examinaron las pasadas de satélite con ángulos de elevación superiores a 5°; también sólo se utilizó el modo local (regional).

Las pruebas de ingeniería de la serie F para RLS en flotación se efectuaron en agosto de 1985 a cierta distancia de la costa de Norfolk, Virginia, donde las olas alcanzaban alturas de hasta 1,5 m. La información comunicada por las seis RLS se recogió simultáneamente en las pruebas de ingeniería en tierra y en cubierta.

2.2.1.2 Resultados de las pruebas

La probabilidad de localización de balizas medida se indica en el cuadro I. Los resultados de las pruebas de ingeniería muestran que el valor global de este parámetro es 0,999, habiéndose obtenido resultados un tanto inferiores (0,98) en las pruebas ambientales; así, pues, la probabilidad acumulativa de localización de balizas es de 0,99. Se han logrado estos resultados utilizando mensajes cortos con un código de protección BCH. Si se hubiera utilizado el mensaje largo, los resultados obtenidos hubieran sido más modestos debido a la ausencia de un código de corrección para los últimos 32 bits de información.

2.2.1.2.1 Pruebas en tierra

En las pruebas de ingeniería de la serie C, la probabilidad de localización de balizas medida para 66 pasadas del Sarsat-1 y 67 pasadas del Sarsat-2 fue de 1,0. Análogamente, en las pruebas de ingeniería de la serie F, las mediciones dieron 1,0 para 246 localizaciones posibles.

En las pruebas ambientales de la serie E, la probabilidad de localización de balizas medida para 262 pasadas del Cospas-2 y 253 pasadas del Cospas-3 fue de 0,98.

2.2.1.2.2 Pruebas en cubierta

Las pruebas de ingeniería en cubierta de la serie F arrojaron una probabilidad de localización de balizas de 0,99 para 130 posibles localizaciones y muestran, esencialmente, los mismos resultados que los obtenidos en las pruebas de la serie F con balizas instaladas en tierra y con RLS en flotación.

2.2.1.2.3 Pruebas en flotación

En las pruebas de ingeniería de la serie F, la probabilidad de localización de balizas medida fue de 1,0 para 260 localizaciones posibles.

En las pruebas ambientales de la serie E, la probabilidad de localización de balizas medida para numerosas pasadas de los satélites Cospas-2 y 3 Sarsat-1 y 2 fue de 0,98.

CUADRO I — Probabilidad de detección de balizas

Baliza	Serie	Pruebas de ingeniería		Pruebas ambientales		Acumulativo	
		Probabilidad	N.º de detecciones posibles	Probabilidad	N.º de detecciones posibles	Probabilidad	N.º de detecciones posibles
En tierra	C	1,0	266	—	—	1,0	266
	E	—	—	0,98	515	0,98	515
	F	1,0	246	—	—	1,0	246
Subtotal		1,0	512	0,98	515	0,99	1027
En cubierta	F	0,99	130	—	—	0,99	130
En flotación	C	—	—	0,98	377	0,98	377
	F	1,0	260	—	—	1,0	260
Subtotal		1,0	260	0,98	377	0,99	637
Total		0,999	902	0,98	892	0,99	1794

2.2.2 Error de localización

El error de localización se define como la diferencia entre la posición calculada por el sistema utilizando frecuencias Doppler medida y la posición real de la radiobaliza comunicada por el personal de explotación.

Debe tenerse presente que la medición del error de localización con pruebas de ingeniería es previsible que sea más precisa que con pruebas ambientales, ya que las posiciones reales de las balizas pueden determinarse con más exactitud. Las posiciones reales de los ELT se determinan a menudo más exactamente que las posiciones reales de las RLS. Por tanto, la fiabilidad de las posiciones reales de las radiobalizas obtenida en pruebas ambientales con ELT en tierra es generalmente superior que en las pruebas con RLS realizadas en el mar.

2.2.2.1 Descripción de las pruebas

2.2.2.1.1 Pruebas en tierra

Los resultados de la serie B se obtuvieron con una sola prueba en la que instalaron dos balizas experimentales en el tejado de un edificio, alimentadas por una fuente externa de energía [Canadá, 1985a].

Las pruebas de ingeniería de la serie C proporcionaron un gran número de mediciones y se obtuvieron en una zona con considerable interferencia en 406 MHz [URSS y otros, 1984b; Castetbert, 1984a; Francia, 1984a].

Las pruebas ambientales de la serie C se llevaron a cabo en aeropuertos situados en todas partes del mundo [CSSC, 1985c].

Los resultados de las pruebas de ingeniería de la serie D se obtuvieron con una sola baliza que transmitía a través del satélite S1 [Hovmork, 1984a].

Las pruebas ambientales de la serie D consistieron en instalar balizas de 406 MHz en 16 puntos diferentes situados en tierra y en el agua, incluidos lugares de antiguos accidentes sufridos por aeronaves y barcos [Hovmork, 1984b].

Los resultados de las pruebas de ingeniería de la serie E se obtuvieron en dos pruebas separadas [URSS y otros, 1984c]. En una prueba se utilizaron cinco balizas activadas simultáneamente con baterías de litio internas; en la segunda prueba se utilizó una sola radiobaliza alimentada por una fuente externa de energía.

Las pruebas de ingeniería de la serie F se realizaron con variados niveles de potencia para obtener datos umbral acordes con la exactitud de localización [Westinghouse, 1985].

Las pruebas ambientales de la serie F se realizaron durante un periodo de un año [NASA, 1984a; NASA, 1985a].

Se organizaron pruebas de la serie G utilizando tres LUT para la comparación de los datos [Reino Unido, 1985].

Se organizó una prueba de ingeniería conjunta de las series G y C [Department of Transport, 1984; URSS y otros, 1984b] para permitir la comparación entre los dos LUT.

2.2.2.1.2 Pruebas en cubierta (todas ambientales)

Las pruebas de la serie A se realizaron con RLS instaladas en barcos y RLS en flotación [URSS y otros, 1984d].

Las pruebas de la serie B fueron bastante extensas y se realizaron tierra adentro y en océano abierto [Canadá 1985b].

Las pruebas de la serie C se realizaron con embarcaciones estacionarias y en movimiento [URSS y otros, 1984b; CSSC, 1985d].

En las pruebas de la serie E intervinieron varios barcos diferentes [URSS y otros, 1984e].

En las pruebas de la serie F [NASA, 1984b y NASA, 1985b] pudo haber al principio algunos problemas de procedimiento, que se corrigieron en fases posteriores de las mismas. Se desconoce su efecto sobre los resultados.

2.2.2.1.3 Pruebas en flotación (todas ambientales)

En las pruebas de la serie B [Canadá, 1985b] se utilizaron sólo RLS amarradas.

Las pruebas de la serie C se realizaron tanto en tierra adentro como con diferentes estados del mar [CSSC, 1985d y URSS y otros, 1984b].

Las pruebas de la serie F se realizaron con RLS amarradas y en flotación [NASA, 1984c; NASA, 1985b].

Se llevaron a cabo pruebas de la serie G utilizando datos recogidos con tres LUT diferentes [Reino Unido, 1985].

2.2.2.2 Resultados de las pruebas

Los resultados de las pruebas de error de localización se presentan en el cuadro II y se exponen a continuación. El anexo I contiene gráficos que ilustran los datos.

CUADRO IIa – Error de localización medido durante las pruebas de ingeniería de balizas terrestres *

Serie	Error medio (km)	N.º de localizaciones	Error 50-ésimo % mediana (km)	N.º de localizaciones	Error 90-ésimo % (km)	N.º de localizaciones	Error 95-ésimo % (km)	N.º de localizaciones
B	2,2	675	1-2	675	2-4	675	2-4	675
C	3,6	3733	0-1	3682	1-2	3682	5-10	3682
D	1,6	23	0-1	23	5-6	23	6-7	23
E	1,8	66	1-2	66	3-4	66	5-6	66
F	3,2	89	2,0	89	6,3	89	7,7	89
G	3,5	136	0-2	136	5-10	136	5-10	136
Subtotal	3,4	4722	0-1	4671	2-3	4671	5-10	4671

* El error de localización se mide entre la posición verdadera y la solución del lado correcto.

CUADRO IIb – Error de localización medido durante las pruebas ambientales de balizas terrestres *

Serie	Error medio (km)	N.º de localizaciones	Error 50-ésimo % mediana (km)	N.º de puntos de datos	Error 90-ésimo % (km)	N.º de localizaciones	Error 95-ésimo % (km)	N.º de localizaciones
C	2,5	961	0-1	961	1-5	961	5-10	961
D	3,1	149 ⁽¹⁾	1-2	149 ⁽¹⁾	7-8	149 ⁽¹⁾	10-15	149 ⁽¹⁾
F	5,8	260	—	—	—	—	—	—
Subtotal	3,2	1370	0-1	1110	1-5	1110	5-10	1110

* El error de localización se mide entre la posición verdadera y la solución del lado correcto.

⁽¹⁾ Incluye datos obtenidos con RLS en flotación.

CUADRO IIc – Error de localización medido durante las pruebas ambientales de balizas en cubierta *

Serie	Error medio (km)	N.º de localizaciones	Error 50-ésimo % mediana (km)	N.º de localizaciones	Error 90-ésimo % (km)	N.º de localizaciones	Error 95-ésimo % (km)	N.º de localizaciones
A	7,6	38 ⁽¹⁾	1-2	38 ⁽¹⁾	10-20	38 ⁽¹⁾	30-50	38 ⁽¹⁾
B	4,5	92 ⁽²⁾	2-3	92 ⁽²⁾	9-10	92 ⁽²⁾	16-17	92 ⁽²⁾
C	3,5	327	1-2	146	4-9	146	4-9	146
E	3,5	82 ⁽¹⁾	1-2	82 ⁽¹⁾	4-7	82 ⁽¹⁾	7-11	82 ⁽¹⁾
F	8,5	130	—	—	—	—	—	—
Subtotal	4,8	669	1-2	358	5-10	358	10-20	358

* El error de localización se mide entre la posición verdadera y la solución del lado correcto.

⁽¹⁾ Incluye datos obtenidos con RLS en flotación.

⁽²⁾ Los datos excluyen el modo mundial cuando se dispuso de datos regionales y mundiales.

CUADRO II d – Error de localización medido durante las pruebas ambientales de balizas en flotación *

Serie	Error medio (km)	N.º de localizaciones	Error 50-ésimo % mediana (km)	N.º de localizaciones	Error 90-ésimo % (km)	N.º de localizaciones	Error 95-ésimo % (km)	N.º de localizaciones
B	3,8	258 ⁽¹⁾	1-2	189	7-8	189 ⁽¹⁾	14-15	189 ⁽¹⁾
C	3,0	395	1-2	284	4-5	284	5-10	284
F	8,5	256	—	—	—	—	—	—
G	4,1	90	1-2	90	5-10	90	15-20	90
Subtotal	4,7	999	1-2	563	5-10	563	5-10	563

* El error de localización se mide entre la posición verdadera y la solución del lado correcto.

⁽¹⁾ Los datos excluyen el modo mundial cuando se dispuso de datos regionales y mundiales.

CUADRO II e – Resumen de errores de localización

Tipo de prueba	Error medio (km)	N.º de localizaciones	Error 50-ésimo % mediana (km)	N.º de localizaciones	Error 90-ésimo % (km)	N.º de localizaciones	Error 95-ésimo % (km)	N.º de localizaciones
Pruebas de ingeniería	3,4	4722	0-1	4671	2-3	4671	5-10	4671
Pruebas ambientales	4,0	3038	1-2	2031	5-10	2031	5-10	2031
Total	3,7	7760	0-1	6702	3-4	6702	5-10	6702

2.2.2.2.1 Resultados en tierra

El error de localización medio medido durante las pruebas de ingeniería fue de 3,4 km para 4722 ubicaciones; los errores 50^{ésimo}%, 90^{ésimo}% y 95^{ésimo}% fueron de 0-1 km, 2-3 km y 5-10 km, respectivamente, para 4671 ubicaciones.

El error medio de localización de las pruebas ambientales fue de 3,2 km para 1370 ubicaciones; los errores 50^{ésimo}%, 90^{ésimo}% y 95^{ésimo}% fueron de 0-1 km, 1-5 km y 5-10 km, respectivamente, para 1110 ubicaciones. Las pruebas ambientales revelaron una exactitud similar a la de los resultados de las pruebas de ingeniería.

2.2.2.2.2 Resultados en cubierta

El error de localización medio en las pruebas ambientales fue de 4,8 km para 669 ubicaciones; los errores 50^{ésimo}%, 90^{ésimo}% y 95^{ésimo}% fueron de 1-2 km, 5-10 km y 10-20 km, respectivamente, para 358 ubicaciones. Aunque es posible que se haya producido degradación con los resultados en tierra, es más probable que el conocimiento menos exacto de las posiciones de los barcos en el momento de las pasadas del satélite sea la causa de la pequeña diferencia entre los resultados en cubierta y en tierra.

2.2.2.2.3 Resultados en flotación

El error medio de localización en las pruebas en flotación fue de 4,7 km para 999 ubicaciones; el error para el 50^{ésimo}% fue de 1-2 km, el error para el 90^{ésimo}% fue de 5-10 km y el error para el 95^{ésimo}% fue de 10-20 km, para 563 ubicaciones. Se esperaba degradación con los resultados en tierra; sin embargo la falta de conocimiento de la posición verdadera de las balizas en el periodo de las pasadas de satélite influyó también en el resultado.

2.2.2.2.4 Otros datos

No se incluyeron en la evaluación del error medio de localización varios grupos de series de pruebas en cubierta y en flotación debido a que las condiciones de las pruebas no eran operacionalmente válidas (por ejemplo, barco en movimiento o pérdida de RLS en flotación) y son inapropiadas para combinarlas con las demás pruebas.

2.2.3 Resolución de ambigüedad

Para cada señal real, la localización de posición estimada por efecto Doppler genera dos soluciones que son imágenes especulares con relación a la subtraza del satélite. La resolución de ambigüedad se define como la aptitud del sistema para seleccionar la localización de posición «verdadera» y no la «especular» como parte del proceso de determinación de posición. La rotación de la Tierra introduce un efecto no simétrico que proporciona una indicación de la localización de posición verdadera. El sistema utiliza el efecto no simétrico para asignar a cada solución una probabilidad de que sea la solución verdadera. Por tanto, la medida característica de resolución de ambigüedad es el porcentaje de mensajes de localización de balizas que permite al sistema asignar correctamente la mayor probabilidad de la solución verdadera.

2.2.3.1 Descripción de las pruebas

La resolución de ambigüedad se registró generalmente durante las mismas pruebas que el error de localización. Con excepción de las pruebas en las que no se comunicó resolución de ambigüedad o de las enumeradas a continuación, todas las pruebas se describen en el § 2.2.2.1.

Las pruebas ambientales en flotación de la serie C [CSSC,1985e] se efectuaron en condiciones de marea baja.

2.2.3.2 Resultados de las pruebas

Los resultados de las pruebas se anotan en el cuadro III y se exponen a continuación.

CUADRO III – Resolución de ambigüedad

Baliza	Serie	Pruebas de ingeniería		Pruebas ambientales		Acumulativo	
		Probabilidad	N.º de localizaciones	Probabilidad	N.º de localizaciones	Probabilidad	N.º de localizaciones
En tierra	B	0,97	675	—	—	0,97	675
	C	0,98	831	—	—	0,98	831
	D	0,87	23	0,84	149 ⁽¹⁾	0,84	172
	E	0,82	66	—	—	0,82	66
	F	0,94	410 ⁽²⁾	0,92	260	0,94	670
Subtotal		0,96	2005	0,89	409	0,95	2414
En cubierta	B	—	—	0,87	92	0,87	92
	C	—	—	0,98	372	0,98	372
	E	—	—	0,95	82 ⁽¹⁾	0,95	82
	F	—	—	0,93	130	0,93	130
Subtotal				0,95	676	0,95	676
Flotación	B	—	—	0,91	243 ⁽³⁾	0,91	243
	C	—	—	0,91	234	0,91	234
	D	—	—	0,89	45	0,89	45
	F	—	—	0,81	256	0,81	256
	G	—	—	0,92	90	0,92	90
Subtotal		—	—	0,88	868	0,88	868
Total		0,96	2005	0,91	1953	0,93	3958

⁽¹⁾ Incluye datos obtenidos con RLS en flotación.

⁽²⁾ Las pruebas se realizaron variando la salida de la baliza de 22 dB a 37 dBm. Se desconoce el número real de pruebas realizadas con la p.i.r.e. nominal de la baliza (37 dBm).

⁽³⁾ Cuando se dispuso de datos del modo regional y mundial se utilizó el modo regional. Los datos en cubierta y los datos en flotación de la serie B habrían sido 0,97 para 92 localizaciones y 0,99 para 214 localizaciones, respectivamente, si se hubiese utilizado el modo mundial.

2.2.3.2.1 *Pruebas en tierra*

La probabilidad 0,96 de resolución de ambigüedad correcta obtenida en las pruebas de ingeniería fue muy buena. Además, los resultados de las pruebas de la serie F indicaron que no había correlación entre la resolución de ambigüedad y la dirección de pasada del vehículo espacial o del satélite (ascendente o descendente).

Como se esperaba, el resultado de resolución de ambigüedad con pruebas ambientales (0,89) es un resultado degradado con relación a los resultados con pruebas de ingeniería. Algunas de las razones son las siguientes: el ángulo de elevación para una de las series de pruebas era o inferior a 10° o superior a 82° , lo que hacía sumamente difícil la detección por efecto Doppler; además, el tiempo de la mayor aproximación para otra de las series de pruebas era del orden de 4 min, valor crítico si la señal está parcialmente obstruida. Se necesitan más pruebas para entender perfectamente la degradación de la característica de funcionamiento.

2.2.3.2.2 *Pruebas en cubierta*

La probabilidad 0,95 de resolución de ambigüedad correcta obtenida durante las pruebas ambientales a bordo parece superior a la que podría esperarse frente a otros resultados de pruebas ambientales.

2.2.3.2.3 *Pruebas en flotación*

La probabilidad de resolución de ambigüedad correcta obtenida durante las pruebas con RLS en flotación fue de 0,88. El resultado parece comparable con el resultado de pruebas ambientales en tierra.

2.2.4 *Probabilidad de localización de balizas*

La probabilidad de localización de balizas se define como la probabilidad de detectar y decodificar al menos cuatro ráfagas de mensaje individuales durante una sola pasada de satélite de manera que el terminal local de usuario (LUT) pueda generar la estimación de un conjunto de curvas por efecto Doppler. La probabilidad de localización así definida no es el resultado final, sino que da lugar a dos posiciones ambiguas.

2.2.4.1 *Descripción de las pruebas*

La mayoría de los resultados de probabilidad de localización de balizas se obtuvieron generalmente durante las mismas pruebas que las de error de localización y resolución de ambigüedad; esos resultados se describen en el § 2.2.2.1. Las pruebas técnicas de la serie F se han descrito en el § 2.2.1.1, (Probabilidad de detección de balizas). Las demás pruebas se mencionan a continuación.

Las pruebas de ingeniería en tierra de la serie B [King, 1984] fueron muy amplias e incluyeron ángulos de elevación inferiores a 10° .

Las pruebas ambientales en flotación de la serie C [CSSC, 1985e] se realizaron utilizando RLS amarradas y flotando libremente.

2.2.4.2 *Resultados de las pruebas*

El cuadro IV resume las probabilidades medidas de localización de balizas determinadas por pruebas de ingeniería y pruebas ambientales. Los datos de ese cuadro se refieren a las dos localizaciones posibles por ambigüedad. Con las pruebas de ingeniería de la serie F realizadas en agosto de 1985 se obtuvieron mejores resultados. Durante las mismas, se eliminaron todos los problemas creados por balizas averiadas y procedimientos operacionales.

2.2.4.2.1 *Pruebas en tierra*

Se determinó una probabilidad de localización de balizas medida durante las pruebas de ingeniería y las pruebas ambientales de 0,86 y 0,90, respectivamente.

2.2.4.2.2 *Pruebas en cubierta*

Las mediciones de ingeniería de balizas en cubierta, realizadas durante las pruebas de la serie F en agosto de 1985, dieron lugar a una probabilidad de localización de balizas del 0,98.

El resultado de las pruebas ambientales de probabilidad de localización de balizas en cubierta es comparable a los datos de pruebas ambientales en tierra, y se determinó esta probabilidad en 0,87.

CUADRO IV – Probabilidad de localización de la baliza *

Localización de la baliza	Serie	Pruebas de ingeniería		Pruebas ambientales		Acumulativo	
		Probabilidad	N.º de localizaciones posibles	Probabilidad	N.º de localizaciones posibles	Probabilidad	N.º de localizaciones posibles
En tierra	B	0,82	822 ⁽¹⁾	—	—	0,82	822
	C	0,84	61	0,94	362	0,92	423
	D	—	—	0,91	164 ⁽²⁾	0,91	164
	E	0,90	73	—	—	0,90	73
	F	0,95	350	0,86	302	0,91	652
Subtotal		0,86	1306 ⁽¹⁾	0,90	828	0,88	2134
En cubierta	B	—	—	1,0	25	1,0	25
	C	—	—	0,87	634	0,87	634
	E	—	—	0,80	51	0,80	51
	F	0,98	130	—	—	0,98	130
Subtotal		0,98	130	0,87	710	0,89	840
En flotación	B	—	—	0,84	403 ⁽³⁾	0,84	403
	C	—	—	0,88	377	0,88	377
	D	—	—	0,94	34	0,94	34
	E	—	—	0,76	54	0,76	54
	F	0,99	260	0,77	331 ⁽⁴⁾	0,87	591
	G	—	—	1,0	9	1,0	9
Subtotal		0,99	260	0,83	1208	0,86	1468
Total		0,89	1696	0,86	2746	0,87	4442

* Se obtuvieron estos datos sin resolución de ambigüedad.

⁽¹⁾ Si sólo se consideran los datos obtenidos con un ángulo de elevación superior a 10°, la probabilidad resulta de 0,93/617 para la serie B y de 0,93/1101 en subtotal.

⁽²⁾ Incluye datos obtenidos con RLS en flotación.

⁽³⁾ Cuando se dispuso de datos del modo regional y mundial, se eligió el modo regional. Los datos en flotación de la serie B habrían sido 0,84/476 si se hubiese utilizado el modo mundial.

⁽⁴⁾ Estos datos incluyen errores de procedimiento al determinar los ángulos de elevación y de algunas balizas defectuosas.

2.2.4.2.3 Pruebas en flotación

Las mediciones de ingeniería de las RLS en flotación, efectuadas durante las pruebas de la serie F en agosto de 1985, dieron como resultado una probabilidad de localización de balizas del 0,99, valor semejante al obtenido con las pruebas de esa serie en tierra y en cubierta.

Se esperaba cierta degradación de la probabilidad ambiental de localización de balizas con los datos de pruebas de ingeniería. Ha sido determinada la causa de esa degradación, de hasta 0,83, por lo menos para las pruebas de la serie F, habiéndose comprobado que era producida por el uso de algunas balizas intermitentes y el cómputo menos riguroso de los datos.

2.2.4.3 Probabilidad de localización de balizas en función de la potencia de salida de las mismas

La disminución de la probabilidad de localización de balizas es una medición cuantitativa de la capacidad que tiene el sistema de tramitar señales de baliza con niveles reducidos de la señal. En la prueba que se describe a continuación, se midió el valor de la p.i.r.e. de la baliza para el cual la probabilidad de localización de la baliza disminuye en un 10% con respecto a la probabilidad de localización de la baliza a su potencia nominal.

2.2.4.3.1 Descripción de las pruebas

Durante el periodo de pruebas de septiembre-noviembre de 1983 [King, 1985], se efectuaron pruebas de ingeniería de las series A y B en tierra, para medir la probabilidad de localización de balizas en función de su potencia de salida. El LUT de Ottawa procedió al seguimiento de un total de 482 pasos de los satélites C2 y S1. Se efectuaron las pruebas haciendo funcionar dos balizas a 406 MHz ubicadas en colaboración con el LUT de Ottawa. Una de las balizas se utilizó como referencia, haciéndola funcionar siempre con su potencia nominal de salida de 37 dBm (5 W), mientras que la otra tenía atenuadores fijos seleccionados incorporados en el cable de la antena. Cada baliza transmitía con una antena simple en cuarto de onda, independiente pero similar (con tierra plana), montada en el tejado de un edificio de un piso. Las balizas transmitían a intervalos de 50 s, con alternancias de 25 s para evitar las transmisiones simultáneas.

2.2.4.3.2 Resultados de las pruebas

El cuadro V contiene los datos obtenidos durante la mencionada serie B de pruebas. Los resultados de las pruebas indican que para las pasadas de satélite cuyo ángulo de elevación máximo era superior a 10° (por ejemplo, pasadas referidas para funcionamiento óptimo del sistema) una reducción de la potencia de la baliza de 13 dB dio lugar a una reducción del 9% de la probabilidad de localización de la baliza. Sin embargo, al tener en cuenta todas las pasadas (es decir, incluidas las pasadas con ángulo de elevación inferior a 10°), la reducción de la potencia equivalente medida era de 6 dB.

CUADRO V — Probabilidad de localización de balizas en función de su potencia de salida

Ángulo de elevación máximo de paso	Nivel de atenuación de la p.i.r.e. nominal (dB)	N.º total de localizaciones		Probabilidad de localización relativa ⁽¹⁾ (nominal/atenuada)
		Baliza de potencia nominal	Baliza de potencia atenuada	
> 10°	0	51	51	1,00
	3	55	54	0,98
	6	96	91	0,95
	9	100	94	0,94
	13	44	40	0,91
> 0°	0	57	57	1,00
	3	70	63	0,90
	6	116	104	0,90
	9	122	101	0,83
	13	54	41	0,76

⁽¹⁾ Para esta prueba no se conocen datos reales de la probabilidad de localización de balizas.

2.2.5 Capacidad

La capacidad se define como la aptitud del sistema para procesar simultáneamente datos de balizas situadas en un campo de visión común del vehículo espacial durante una sola pasada. El sistema de 406 MHz está diseñado para procesar 90 balizas simultáneamente situadas en el campo de visión del satélite. La verificación de esta capacidad se intentó utilizando el Cospas-2, el Sarsat-2 y una instalación de prueba especial situada en Francia. En 1984 y 1985 estas pruebas demostraron que en presencia de interferencia, el procesador de a bordo de 406 MHz podía procesar simultáneamente transmisiones simuladas de más de 90 balizas [Castetbert, 1984b y CSSC, 1985f].

2.2.6 Alcance de recalada

El alcance de recalada se mide en términos de distancia (con relación a la altura) desde un dispositivo de recalada a bordo de una aeronave a una baliza de 406 MHz que utiliza la señal de recalada de 121,5 MHz de baja potencia de esta última. La fig. 1a muestra los resultados de las pruebas en términos de alcance de recalada en función de la altura de la aeronave sobre el terreno donde se halla la baliza.

Se efectuaron algunas pruebas utilizando un dispositivo de recalada de aeronave a 121,5 MHz, modificado para responder directamente a la señal de ráfaga a 406 MHz. Los datos de funcionamiento correspondientes a estas pruebas en vuelo se muestran en la fig. 1b.

Las figs. 1a y 1b muestran que si se utilizan aeronaves para búsqueda y salvamento es suficiente un alcance de 10 km para localizar el 95% de la RLS por satélite en 406 MHz (véase el cuadro IIe).

El Informe 1036 contiene los resultados de recalada marítima.

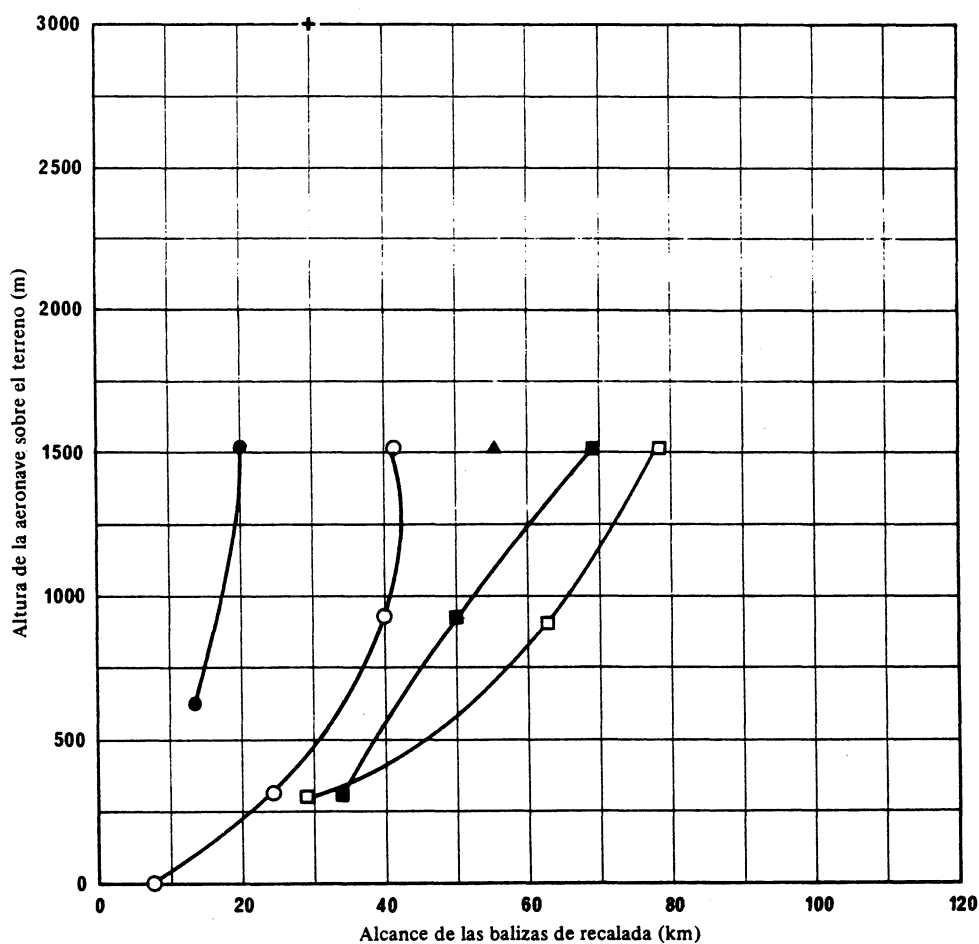


FIGURA 1a – Resultado de las pruebas de recalada utilizando un transmisor de 121,5 MHz y 20 mW*

* Se trataba de un transmisor de recalada de 121,5 MHz y 20 mW situado en una RLS de 406 MHz

Datos de pruebas marítimas

- Dispositivo de recalada de los guardacostas de los Estados Unidos de América
- ▲ SAR Reino Unido/Francia
- + URSS/Mar Negro

Datos de pruebas terrestres

- Dispositivo de recalada del USAF A
- Dispositivo de recalada del USAF B1
- Dispositivo de recalada del USAF B2

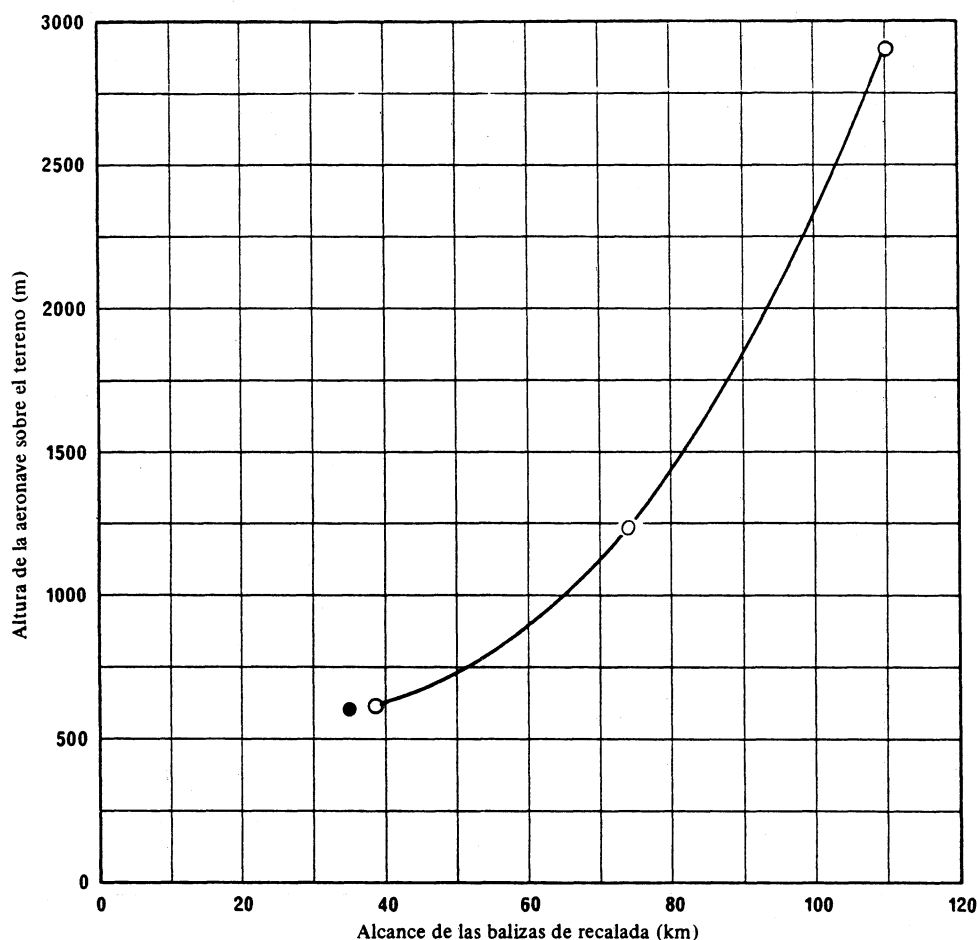


FIGURA 1b – Resultado de las pruebas de recalada utilizando la señal de ráfagas de 406 MHz y 5 W del sistema COSPAS/SARSAT

Dispositivo de recalada canadiense. Se ha modificado el radiogoniómetro 301 E:

- Datos de pruebas terrestres
- Datos de pruebas marítimas

2.2.7 Tiempo de notificación

Para los fines de este Informe, el tiempo de notificación se define como el periodo de tiempo comprendido entre la activación de una radiobaliza y el momento en que el centro de control de la misión (MCC) encargado de retransmitir el mensaje al centro de coordinación de salvamento (RCC) recibe un mensaje de alerta válido. En el modo regional (en tiempo real), el tiempo de notificación incluye el periodo de tiempo comprendido entre la activación de la baliza y el momento de establecimiento de un campo de visión común entre la baliza y la aeronave, y el LUT y el vehículo espacial; todo el tiempo de procesamiento por el LUT; y todos los tiempos de tratamiento de las comunicaciones para la recepción del mensaje por el MCC.

En el modo mundial (almacenado), el tiempo de notificación incluye el periodo de tiempo desde la activación de la baliza hasta el momento del contacto de visibilidad directa con el vehículo espacial; el periodo de tiempo entre la recepción del mensaje de alerta por la aeronave (incluido almacenamiento y procesamiento) y su volcado a la estación de tierra; y todos los tiempos de tratamiento/procesamiento de comunicaciones del LUT desde la activación de la baliza hasta la recepción del mensaje de alerta por el MCC.

Se obtuvieron los resultados limitados del cuadro VI mediante las pruebas de la serie B, C y E [Canadá, 1985b; URSS y otros, 1984f; Francia, 1984b; CSSC, 1985e]. Los tiempos de notificación dependen del número de satélites, de la latitud de las localizaciones de siniestros, de la distribución mundial de los LUT y de la variación de las posiciones del satélite con el tiempo. Todas las pruebas anteriormente descritas se efectuaron con balizas y LUT en latitudes medias del hemisferio Norte de

unos 45° N, y los resultados indicados son valores medios para los modos regional y mundial. Tal vez se efectúen en el futuro simulaciones adicionales por computador y pruebas para verificarlas, con objeto de determinar el tiempo de notificación en función de latitudes adicionales, modos mundial y regional y geometrías variables de baliza, LUT y aeronave. Se informará detalladamente de los resultados de esta labor adicional, que no se promediará.

CUADRO VI — *Tiempo medio de notificación **

Posición de la baliza	Serie	Tiempo (min)	N.º de localizaciones
En tierra	B	77	2
	C	114	51
	E	90	44
Subtotal		102	97
En cubierta	C	87	279
En flotación	C	98	89
Total		92	465

* Se utilizaron de uno a tres satélites con balizas y LUT situados en una latitud aproximada de 45° N.

3. Interferencia en 406 MHz

La fig. 2 muestra las zonas en las que los satélites COSPAS/SARSAT son afectados por señales interferentes en 406 MHz [URSS y otros, 1984b]. La situación de interferencia se planteó en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para los servicios móviles (CAMR MOB-83), y se incluyó en las Actas Finales una Resolución para proteger la banda de frecuencias 406,0-406,1 MHz (Resolución N.º 205). En esta Resolución, la CAMR MOB-83 pedía a la IFRB que organizase un programa de comprobación técnica en esta banda de frecuencias y pedía a las administraciones que adoptasen todas las medidas necesarias para eliminar las transmisiones no autorizadas.

Además, utilizando tanto el Cospas-1 como el repetidor SAR (SARR), los participantes en el SARSAT desarrollaron programas de análisis específicos para localizar señales interferentes. Algunas señales interferentes han caracterizado bien las componentes espectrales en las que puede identificarse la variación de frecuencia debida al desplazamiento Doppler. Es posible, por tanto, determinar la posición de la fuente interferente utilizando una técnica de posicionamiento similar a la utilizada con los ELT y RLS. Se presentó a la Comisión de Estudio 1 (GIT 1/5) una descripción de este método (véase el Informe 979).

Hasta ahora se han localizado varias fuentes de transmisión no autorizadas que se han eliminado de la banda de frecuencias SAR. Se está tratando de localizar otras fuentes por contactos bilaterales. Se comprobó que la mayor parte de los transmisores interferentes se utilizaban para enlaces de datos a baja velocidad. Esta utilización de la banda de 406 MHz estaba autorizada antes de la CAMR-79. Los niveles de las señales recibidas por los satélites procedentes de estas transmisiones no autorizadas son comparables con los niveles de las señales procedentes de RLS de 406 MHz. Se cree que las medidas adoptadas por la IFRB y las medidas bilaterales permitirán en un futuro próximo eliminar la mayor parte de las fuentes de señales interferentes.

4. Características de funcionamiento medidas en 121,5 MHz

Aunque el objeto de este Informe es presentar los resultados de las pruebas de la fase D y E en 406 MHz, es importante mencionar los resultados de las pruebas en 121,5 MHz, simultáneas y relacionadas con los anteriores. La importancia capital de estos resultados se debe a que 121,5 MHz es actualmente la frecuencia más comúnmente utilizada en todo el mundo para el apoyo de las operaciones de búsqueda y salvamento, y se utiliza mundialmente en balizas de socorro de las comunidades generales aeronáutica y marítima. Aunque no se cree que las posibilidades de las balizas de 121,5 MHz sean tan buenas como las de las nuevas balizas de 406 MHz experimentales que se hallan en evolución, los resultados de la fase D y E ya han revelado que la utilización de satélites en órbita terrena baja, en unión de un sistema de balizas de socorro mejora sustancialmente las posibilidades del SAR. Desde agosto de 1985, el sistema de 121,5 MHz ha proporcionado localizaciones de posición y notificaciones de alerta que han contribuido al salvamento de 474 víctimas (238 aéreas, 217 marítimas y 19 terrestres) que se han visto envueltas en casos reales de peligro. En algunos de estos casos, el sistema COSPAS/SARSAT de 121,5 MHz fue la única fuente de notificación; en más casos, el sistema COSPAS/SARSAT fue la primera fuente de notificación.

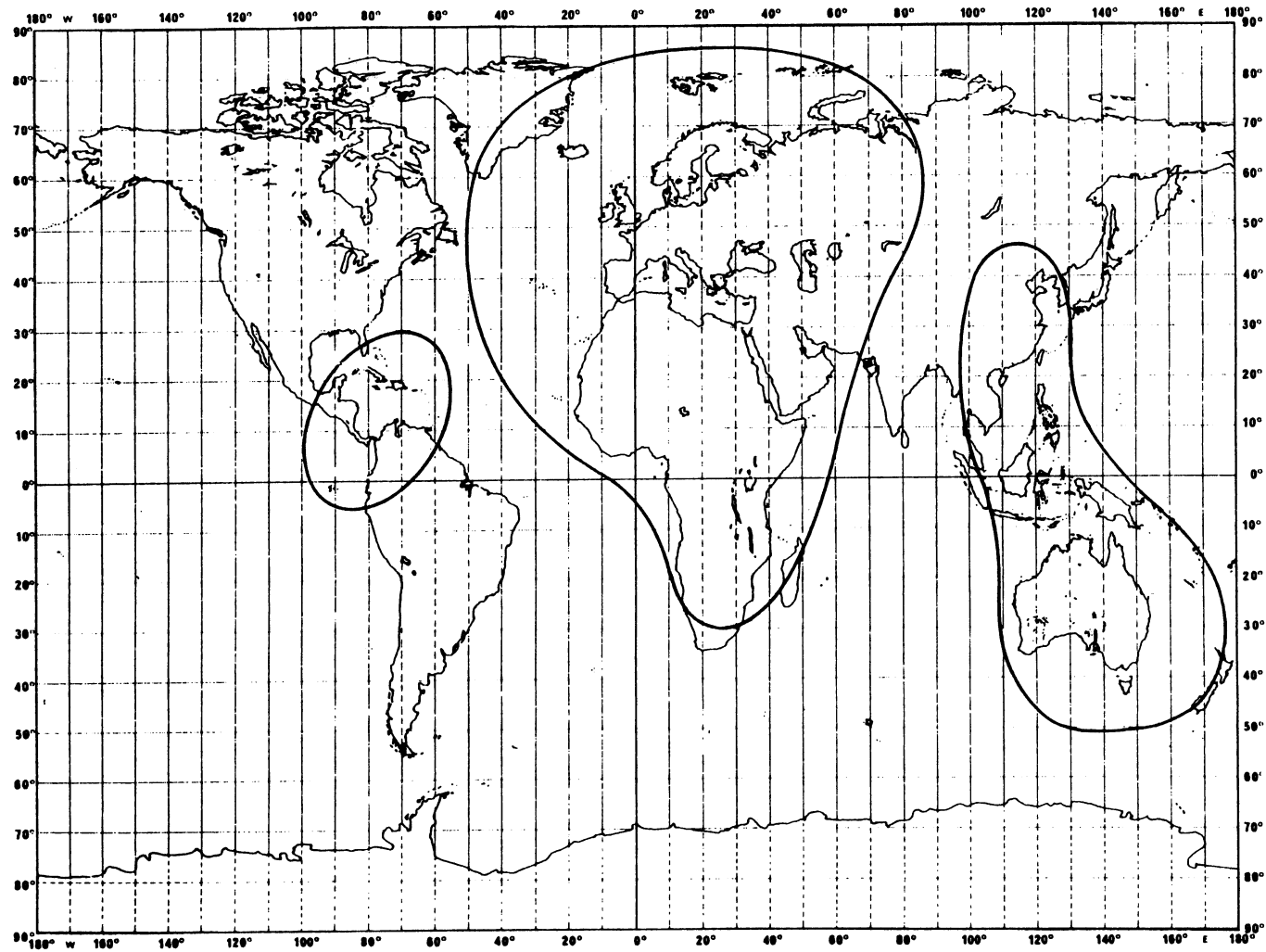


FIGURA 2 – Zonas afectadas por la interferencia

Los participantes en el proyecto COSPAS/SARSAT aceptan generalmente el hecho previsto de que el sistema de 406 MHz proporcionará a la comunidad SAR un apoyo bastante superior al del actual sistema de 121,5 MHz. Para ofrecer al usuario un conocimiento de las características de funcionamiento del sistema de 121,5 MHz, se presentan en el cuadro VII los resultados generales de las pruebas ambientales realizadas en esta frecuencia por los participantes en el SARSAT durante el periodo de febrero de 1983 a febrero de 1984. Se muestran los resultados obtenidos en pruebas en tierra y en el mar. Las pruebas en tierra las realizaron los países participantes en casi todas las condiciones ambientales posibles. (Estas condiciones variaban del desierto a la montaña, o a la selva espesa; de -40° a $+55^{\circ}\text{C}$; de tiempo despejado a tormentas, o a ventiscas; y diversas combinaciones de todos los demás extremos.) Debe señalarse que estas pruebas utilizaban configuraciones de ELT, conocidas y adecuadas, es decir, señal coherente (véase la nota), intensidad de campo nominal de la señal, buena fuente de potencia, buena antena y geometría compatible. Las pruebas marítimas ambientales se realizaron en buena parte de la misma manera que las pruebas terrestres. La variable capital en las pruebas marítimas era el estado del mar. También existía el problema característico de no saber la propia localización exacta mientras se está en el mar. Estas dos condiciones pueden explicar las razones por las que los resultados de las pruebas marítimas no pueden compararse bien con los de las pruebas terrestres.

Nota. — En este contexto, la definición dada de una señal coherente es la de un espectro que contiene una componente de frecuencia constante claramente identificable; una señal incoherente no tiene componente de portadora predominante en su espectro.

CUADRO VII — Características de funcionamiento medidas del sistema de 121,5 MHz

Características de funcionamiento	Valor medido
Error medio de localización ⁽¹⁾	
Pruebas en el mar (km)	23,4
Pruebas en tierra (km)	17,2
Probabilidad de localización	
Pruebas en el mar (%)	76
Pruebas en tierra (%)	91
Resolución de ambigüedad	
Pruebas en el mar (%)	72
Pruebas en tierra (%)	73
Número de órbitas	
Pruebas en el mar	174
Pruebas en tierra	139
Número de localizaciones	
Pruebas en el mar	189
Pruebas en tierra	166

⁽¹⁾ El error de localización se mide entre la posición verdadera y la solución del lado correcto, es decir, sin tener en cuenta la ambigüedad.

Comparando los resultados de las pruebas en 121,5 MHz presentados en el cuadro VII con los resultados de las pruebas en 406 MHz presentados en los cuadros II a IV, puede apreciarse que las características de funcionamiento del sistema de 406 MHz son mejores que las del sistema de 121,5 MHz en cuanto a error de localización y a resolución de ambigüedad, si bien no se aprecia una mejora significativa de las características de funcionamiento en cuanto a probabilidad de localización con las balizas de 121,5 MHz de señal coherente utilizadas en la prueba.

Las contribuciones ya realizadas por el sistema de 121,5 MHz al apoyar las operaciones SAR son significativas, aun si se utilizan balizas de socorro de condiciones de explotación desconocidas, muchas de las cuales no tienen características de frecuencia ni coherentes ni estables. Cabe esperar un apoyo mucho mejor de las operaciones SAR utilizando el sistema de 406 MHz, por sus mejores características de funcionamiento y su mejor información e identificación de mensajes adicionales.

Una importante mejora esperada del sistema de 406 MHz con respecto al sistema de 121,5 MHz es la reducción de falsas alarmas. Este tema se estudia a continuación en el § 5.

5. Aspectos problemáticos en 121,5 MHz

5.1 Resolución de falsas alarmas

Las falsas alarmas de socorro han existido desde que empezaron a utilizarse las balizas de localización de siniestros. Las falsas alarmas se definen aquí como la transmisión de una señal por una baliza de localización de siniestros cuando no existe una situación de socorro.

(Se admiten transmisiones de prueba breves según procedimientos especificados, las cuales no causan falsas alarmas.) Con la aparición de la detección por satélite de balizas operacionales de 121,5 MHz, comenzaron a detectarse muchas falsas alarmas anteriormente no detectadas, pues el sistema COSPAS/SARSAT demostró aptitud para detectar señales de balizas de socorro incluso muy débiles. Las fuerzas del SAR han adoptado siempre los procedimientos para mantener su eficacia pese a los problemas de las falsas alarmas, tanto antes como después de existir apoyo por satélite. La extraordinaria aptitud demostrada por los satélites COSPAS/SARSAT para detectar señales de balizas incluso muy débiles tiene la desgraciada consecuencia de que se capturan, además de las señales de socorro, todas las falsas alarmas. Pese a la actual situación de intensidad de falsas alarmas a 121,5 MHz, las fuerzas del SAR siguen atendiendo los casos de socorro aun a sabiendas de que más del 90% son falsas alarmas. Es evidente que los futuros sistemas operacionales requieren mejoras para minimizar la proporción de falsas alarmas.

Uno de los pasos más positivos para eliminar las falsas alarmas puede ser la instalación de balizas de 406 MHz que tengan identificación única, especificaciones para la compatibilidad por satélite y la eliminación de las deficiencias de las balizas de 121,5 MHz. El código de identificación único de la baliza de 406 MHz eliminará búsquedas innecesarias en muchas falsas alarmas admitiendo comprobaciones de la comunicación basadas en datos derivados del código ID. La mejora de la compatibilidad por satélite de la baliza de 406 MHz eliminará las falsas alertas que se generan en el sistema de tierra debido a peculiaridades del ruido y de la modulación que causan problemas en el actual sistema de 121,5 MHz. Las especificaciones en 406 MHz y la especificación voluntaria en 121,5 MHz del sensor de accidentes del ELT proporcionará un sistema más fiable que el que actualmente proporcionan las balizas de 121,5 MHz y reducirá también las falsas alarmas. En Estados Unidos de América están introduciéndose modificaciones en las especificaciones de las balizas de 121,5 MHz y hay en curso programas de formación de pilotos y marinos para reducir el problema de las falsas alarmas con las actuales balizas.

6. Conclusiones preliminares

El sistema COSPAS/SARSAT es un excelente ejemplo de cooperación internacional para establecer compatibilidad técnica y operacional entre dos sistemas espaciales completamente independientes. El proyecto, que es una síntesis de las actividades del proyecto soviético COSPAS y del proyecto SARSAT de Canadá, Francia y Estados Unidos de América, proyecto conjunto dados sus objetivos técnicos y humanitarios comunes, ha sido un éxito pese a su corta existencia. Aunque continúa la evaluación detallada de la calidad de funcionamiento del sistema de satélite de búsqueda y salvamento COSPAS/SARSAT, están alcanzándose algunas de las metas previstas del sistema:

- salvamento de vidas humanas,
- mejora de la respuesta a llamadas de socorro por estaciones del servicio marítimo, aeronáutico y móvil terrestre,
- utilización más eficaz de los recursos SAR.

En resumen, la fase de demostración y evaluación COSPAS/SARSAT revela lo siguiente:

- El sistema COSPAS/SARSAT está contribuyendo a una más rápida detección y localización de personas en peligro, aliviando así los sufrimientos de la humanidad y mejorando la protección de la propiedad.
- Los sistemas SARSAT y COSPAS han demostrado que satisfacen todos los requisitos de interoperabilidad.
- La experimentación y el uso operacional en 121,5 MHz han sido un éxito. Desde el 31 de agosto de 1985 el sistema ha proporcionado datos de alerta y localización en 194 casos de socorro en todo el mundo, que afectaron a 474 supervivientes.
- La experimentación en 406 MHz ha puesto de manifiesto las ventajas de utilizar balizas proyectadas para la detección por satélite. Entre estas ventajas se hallan la cobertura mundial (en el modo mundial), la identificación de balizas, y una mejor probabilidad y exactitud de localización de las actuales características de balizas en 121,5 MHz.

7. Resumen y perspectivas

Los datos sobre pruebas ambientales y de ingeniería presentados en este Informe demuestran que el sistema COSPAS/SARSAT ha cumplido con éxito todos sus objetivos. Ha sido explotado en 121,5 MHz desde 1982 y, en julio de 1985 se iniciaron operaciones adicionales en 406 MHz. Se realizó con éxito el experimento, aun cuando durante gran parte de la fase experimental y de evaluación, el número de satélites en órbita fuera inferior a los cuatro especificados. Además, otras partes del sistema, como las técnicas de procesamiento de la señal y los algoritmos, siguieron perfeccionándose.

La configuración del satélite en órbita es actualmente la prevista. Se están agregando más LUT, incluido el primero en América del Sur. Se ha preparado un plan para un sistema de centros regionales de distribución de datos, para la distribución mundial de datos de socorro, que se aplicará en los próximos años.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CANADÁ, FRANCIA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA [septiembre de 1982] Specification for SARSAT experimental 406-MHz ELT and EPIRB electronics. SARSAT Doc. D-7.
- CANADÁ [febrero de 1985a] Report of the Canadian Coast Guard 406 MHz EPIRB experiments, COSPAS/SARSAT D and E phase 1984. CCG/TE Report DGTE-106 (TP 6481E), 34 y 35. Canadian Coast Guard, Ottawa, Canadá.
- CANADÁ [febrero de 1985b] Report of the Canadian Coast Guard 406 MHz EPIRB experiments, COSPAS/SARSAT D and E phase 1984. CCG/TE Report DGTE-106 (TP 6481E). Canadian Coast Guard, Ottawa, Canadá.
- CASTETBERT, H. [22 de agosto de 1984b] COSPAS-SARSAT programme: multiple access to the satellite, test report of the capacity testing performed with the COSPAS-2 satellite. CNES Doc. DRT/DI/LC number 0205. CNES, Toulouse Francia.
- CASTETBERT, H. [20 de septiembre de 1984a] COSPAS-SARSAT programme: system evaluation on COSPAS-3 satellite. CNES Doc. DRT/DI/LC number 0227, 3, diapositivas 1, 2 y 5. CNES, Toulouse, Francia.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [julio de 1985a] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, Estados Unidos de América. Ap. 11, 3.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [julio de 1985b] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, Estados Unidos de América. Ap. 22, 12 y 31.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [julio de 1985c] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, Estados Unidos de América. Ap. 22, 3.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [julio de 1985d] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, Estados Unidos de América. Ap. 22, 11.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [julio de 1985e] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, Estados Unidos de América. Ap. 22, diapositivas 15, 19, 23, 27.
- CSSC (COSPAS-SARSAT STEERING COMMITTEE) [julio de 1985f] Minutes of the First Meeting, Seattle, Washington, Estados Unidos de América. Ap. 13.
- DEPARTMENT OF TRANSPORT/MARINE DEPARTMENT [1984] Status report on UK COSPAS-SARSAT participation. DOT Paper XTX4/12.3.1/84, 3. Dept. of Transport, Londres, Reino Unido.
- FRANCIA [septiembre de 1984a] Demonstration and evaluation results. Briefing at the Seventh COSPAS-SARSAT Coordinating Group Meeting, 1-5 de octubre de 1984, Leningrado, URSS. Diapositivas 10 y 11.
- FRANCIA [septiembre de 1984b] Demonstration and evaluation results. Briefing at the Seventh COSPAS-SARSAT Coordinating Group Meeting, 1-5 de octubre de 1984, Leningrado, URSS. Diapositivas 4 y 10-12.
- HOVMORK, G. [octubre de 1984a] COSPAS-SARSAT system evaluation in Norway. IAF Paper IAA-84-282, 6. International Astronautical Federation Congress. Lausanne, Suiza.
- HOVMORK, G. [octubre de 1984b] COSPAS-SARSAT system evaluation in Norway. IAF Paper IAA-84-282, 7 y 8. International Astronautical Federation Congress. Lausanne, Suiza.
- KING, J. V. [marzo de 1984a] COSPAS-SARSAT system performance test results. DOC/CRC/DSS Doc. SAR 84/1, 44-45. Dept. of Communications, Ottawa, Canadá.
- KING, J. V. [19 de agosto de 1985] 406 MHz link margin analysis of the COSPAS-2 and SARSAT-1 satellite system DOC/CRC Doc. SAR 85/9. Dept. of Communications, Ottawa, Canadá.
- NASA/Goddard Space Flight Center [23 de enero de 1984a] COSPAS-SARSAT demonstration and evaluation report, 1 de febrero de 1983 al 31 de julio de 1983, 4-2 a 4-8. NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, Estados Unidos de América.
- NASA/Goddard Space Flight Center [23 de enero de 1984b] COSPAS-SARSAT demonstration and evaluation report, 1 de febrero de 1983 al 31 de julio de 1983, 4-11 a 4-16. NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, Estados Unidos de América.
- NASA/Goddard Space Flight Center [23 de enero de 1984c] COSPAS-SARSAT demonstration and evaluation report, 1 de febrero de 1983 al 31 de julio de 1983, 4-8 a 4-11. NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, Estados Unidos de América.
- NASA/Goddard Space Flight Center [19 de julio de 1985a] COSPAS-SARSAT demonstration and evaluation report, 1 de febrero de 1983 al 31 de julio de 1984, 4-7 a 4-8. NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, Estados Unidos de América.
- NASA/Goddard Space Flight Center [19 de julio de 1985b] COSPAS-SARSAT demonstration and evaluation report, 1 de febrero de 1983 al 31 de julio de 1984, 4-1 a 4-6. NASA/Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, Estados Unidos de América.
- REINO UNIDO [julio de 1985] UK maritime trial, tethered beacon. Results submitted at the First COSPAS-SARSAT Steering Committee (CSSC) Meeting, Seattle, Washington, Estados Unidos de América.
- URSS, CANADÁ, FRANCIA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA [agosto de 1984a] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report.
- URSS, CANADÁ, FRANCIA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA [agosto de 1984b] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report, 4-6 a 4-11, 5-27 a 5-31 y 5-34 a 5-36.
- URSS, CANADÁ, FRANCIA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA [agosto de 1984c] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report, 5-16 a 5-22.

- URSS, CANADÁ, FRANCIA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA [agosto de 1984d] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report, 5-36 a 5-38.
- URSS, CANADÁ, FRANCIA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA [agosto de 1984e] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report, 5-21 a 5-24.
- URSS, CANADÁ, FRANCIA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA [agosto de 1984f] Joint Canada, France, United States, USSR demonstration project. COSPAS-SARSAT Project Report, 5-19 y 5-28 a 5-30.
- WESTINGHOUSE [28 de junio de 1985] COSPAS-SARSAT field test results. Proyecto de Informe, cuadros B.1, B.2, B.8, B.9 y B.10. Westinghouse, Greenbelt, MD, Estados Unidos de América.

BIBLIOGRAFÍA

- LUSSIER, A. E. [julio de 1985] 406 beacon homing trials. Presented to the SARSAT Joint Working Group Meeting. Victoria, BC, Canadá.

ANEXO I

SISTEMA COSPAS/SARSAT
HISTOGRAMA DE ERRORES DE LOCALIZACIÓN

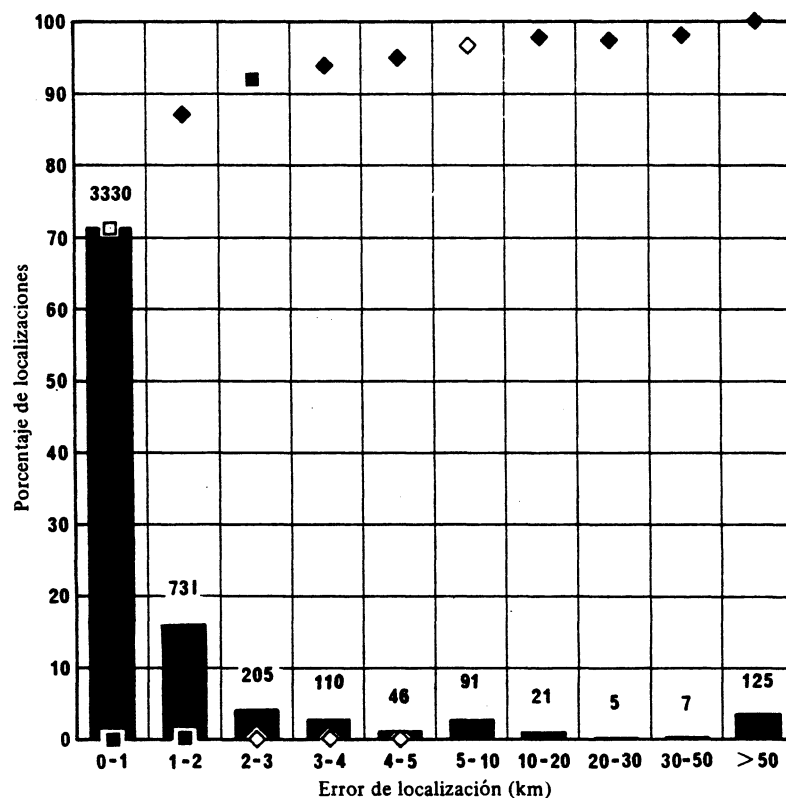


FIGURA 3 – Error de localización medido durante pruebas de ingeniería de balizas en tierra en función del porcentaje de localizaciones

Número total de localizaciones relativas a las distribuciones: 4671

- Porcentaje del grupo
- Marca 50%
- Marca 90%
- ◇ Marca 95%
- ◆ Porcentaje acumulativo

El número de localizaciones por grupo figura encima de cada columna.

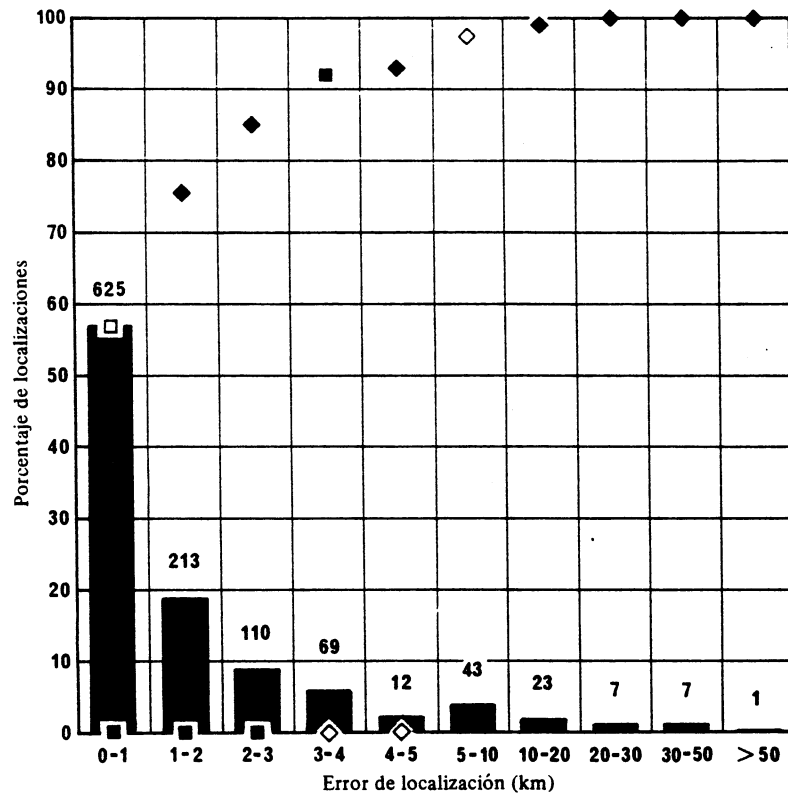


FIGURA 4 – Error de localización medido durante pruebas ambientales de balizas en tierra en función del porcentaje de localizaciones

Número total de localizaciones relativas a las distribuciones: 1110

- Porcentaje del grupo
- Marca 50%
- Marca 90%
- ◇ Marca 95%
- ◆ Porcentaje acumulativo

El número de localizaciones por grupo figura encima de cada columna.

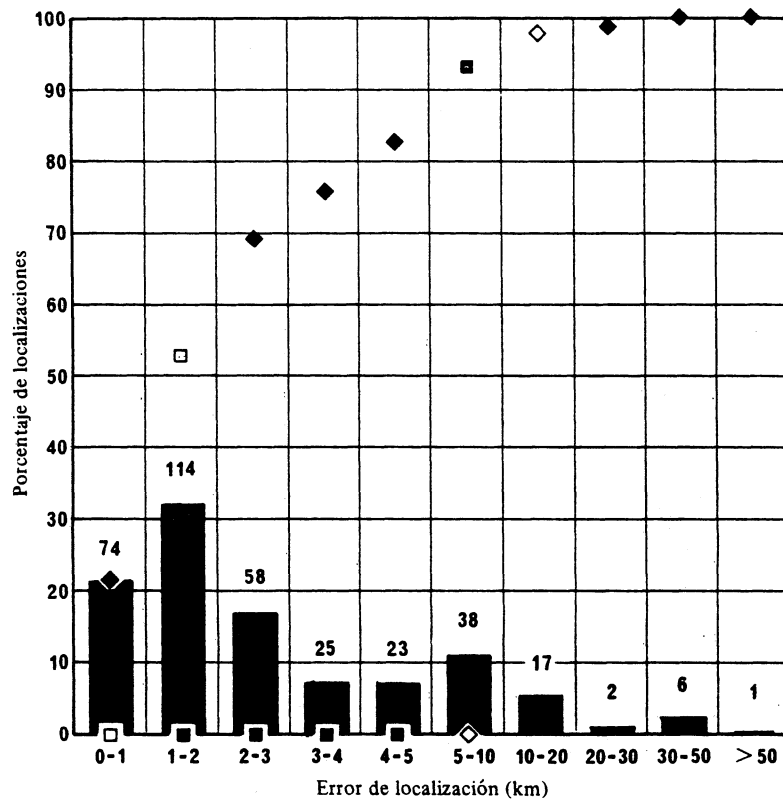


FIGURA 5 – Error de localización medido durante pruebas ambientales de balizas en cubierta en función del porcentaje de localizaciones

Número total de localizaciones relativas a las distribuciones: 358

- Porcentaje del grupo
- Marca 50%
- Marca 90%
- ◇ Marca 95%
- ◆ Porcentaje acumulativo

El número de localizaciones por grupo figura encima de cada columna.

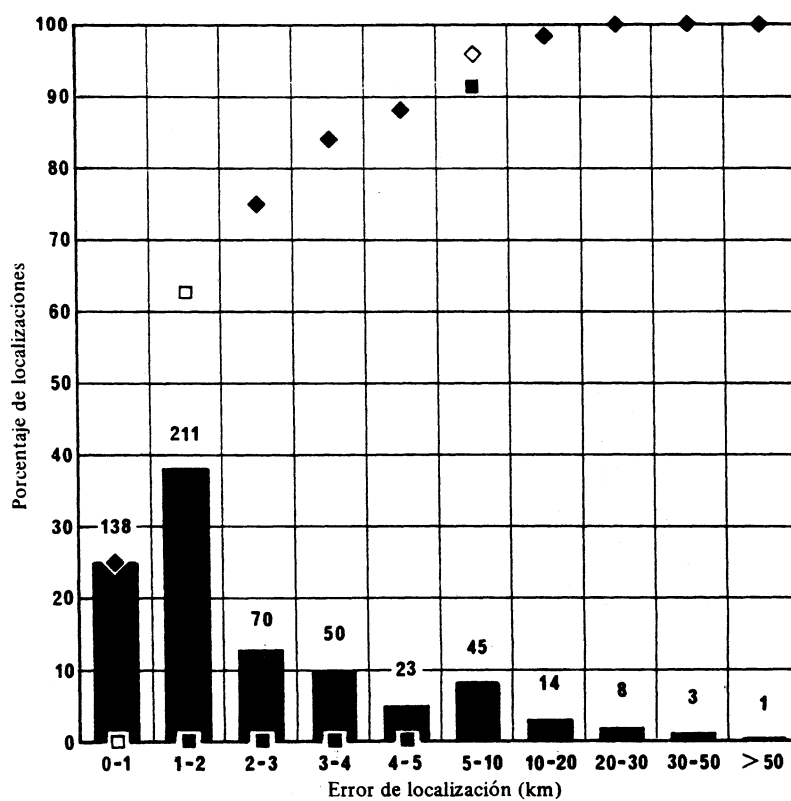


FIGURA 6 – Error de localización medido durante pruebas ambientales de balizas en flotación en función del porcentaje de localizaciones

Número total de localizaciones relativas a las distribuciones: 563

- Porcentaje del grupo
- Marca 50%
- Marca 90%
- ◇ Marca 95%
- ◆ Porcentaje acumulativo

El número de localizaciones por grupo figura encima de cada columna.

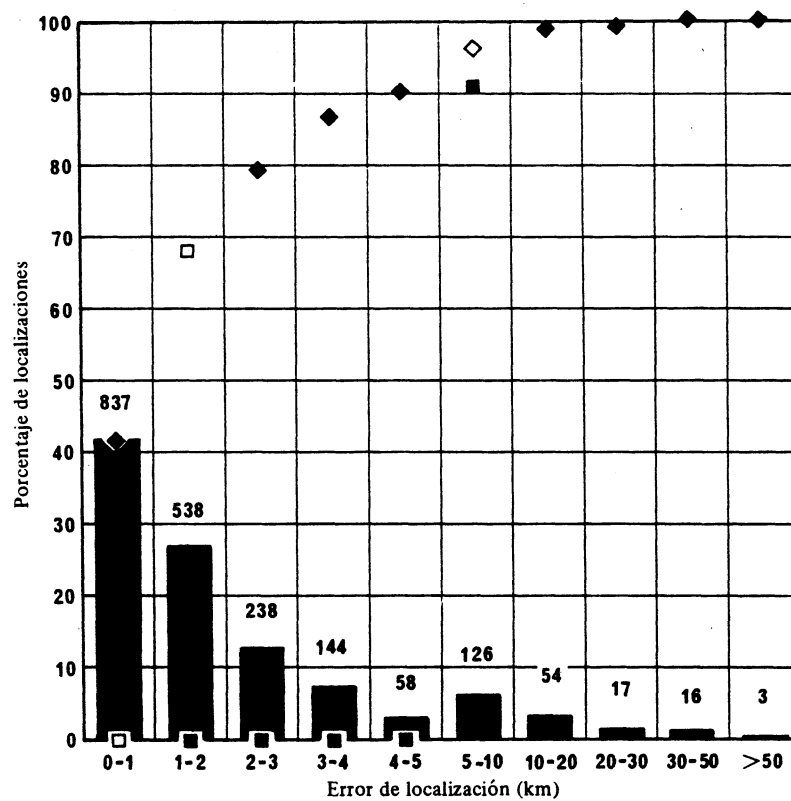


FIGURA 7 – Error de localización medido durante pruebas ambientales de todas las balizas en función del porcentaje de localizaciones

Número total de localizaciones relativas a las distribuciones: 2031

- Porcentaje del grupo
- Marca 50%
- Marca 90%
- ◇ Marca 95%
- ◆ Porcentaje acumulativo

El número de localizaciones por grupo figura encima de cada columna.

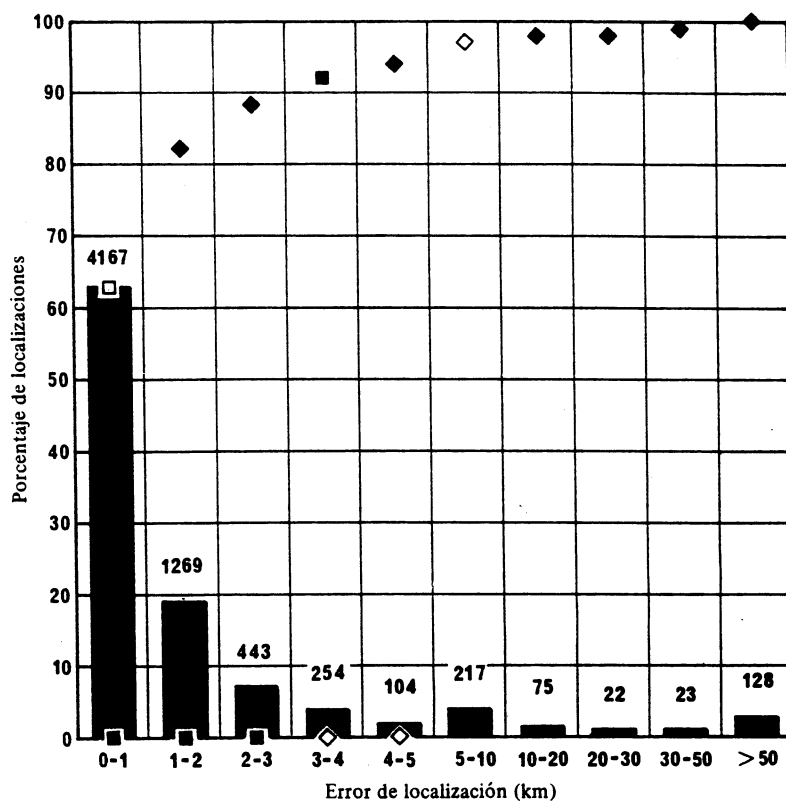


FIGURA 8 – Error de localización medido durante todas las pruebas de balizas en función del porcentaje de localizaciones

Número total de localizaciones relativas a las distribuciones: 6702

- Porcentaje del grupo
- Marca 50%
- Marca 90%
- ◇ Marca 95%
- ◆ Porcentaje acumulativo

El número de localizaciones por grupo figura encima de cada columna.

ANEXO II

Resultados de una prueba realizada con mar gruesa por Francia1. Introducción

Dado que se tiene poca información sobre el comportamiento del sistema con mar gruesa, la Administración francesa decidió efectuar una prueba frente a las costas de Bretaña durante una tormenta fuerte. En el presente anexo se exponen los resultados de esa prueba.

2. Descripción de la prueba

La prueba comenzó el 29 de enero de 1988, cuando un gran remolcador botó dos RLS por satélite en la posición inicial de 48.43°N, 6.15°E, y finalizó el 1 de febrero de 1988, cuando las balizas derivaron hasta la costa.

La primera posición se obtuvo el 29 de enero a las 18:10 UTC, y la última el 1 de febrero a las 14:18 UTC.

Se utilizaron dos tipos diferentes de RLS por satélite de flotación libre. Ambas eran unidades comerciales, del tipo aprobado por COSPAS-SARSAT, y se las dejó a la deriva. Sus características hidrodinámicas y su tamaño eran muy diferentes: una era una esfera de 30 cm, y la otra, un cilindro de 30 x 10 cm.

El terminal de usuario local (LUT) de Toulouse obtuvo la mayoría de las posiciones pues las RLS se encontraban en su zona de cobertura. También se utilizó parcialmente la red mundial COSPAS-SARSAT, y otras LUT suministraron algunas posiciones.

La finalidad de la prueba era estudiar la influencia de la mar gruesa en el funcionamiento del sistema. El programa de la prueba y los resultados presentados tienen en cuenta el hecho de que dicha influencia afecta solamente al enlace RLS-satélite.

En el Cuadro VIII se indican las condiciones del mar y del viento durante la prueba.

CUADRO VIIICondiciones del mar y del viento en la prueba de Bretaña

Fecha	29 de enero	30 de enero	31 de enero	1 de febrero
Altura de las olas (m)	4 a 5	8 a 10	5 a 6	8 a 10
Fuerza del viento (escala de Beaufort)	8	10	9	9 a 10

3. Resultados de la prueba

El Cuadro IX ofrece una síntesis de los resultados obtenidos en cuanto a la detección, la localización, las probabilidades de resolución de ambigüedades y el tiempo de espera. Los resultados del tiempo de espera se obtuvieron no sólo mediante el uso del tiempo de activación de la baliza, sino también mediante el uso de la serie de intervalos entre dos localizaciones consecutivas obtenidas durante el periodo total de transmisión de la baliza. El examen de esos datos indica que el funcionamiento del sistema no cambió debido a las condiciones de mar gruesa.

Con el fin de disponer de una comparación entre la posición exacta del barco calculada mediante las ayudas de navegación y la localización de las RLS de satélite calculada por el sistema COSPAS-SARSAT, dos balizas de satélite fueron activadas a bordo del barco durante el paso del satélite, y se tiraron luego al mar. Después de esto, la comparación entre la localización del barco y las balizas no fue posible debido a las condiciones de mar gruesa (fuerza 10 en la escala de Beaufort), dado que las RLS de satélite derivaron libremente durante la prueba.

Resultó imposible determinar exactamente los errores de posición, ya que las RLS por satélite se derivaban libremente durante la prueba. Por otra parte, un examen detenido del gráfico de localizaciones muestra que, para cada baliza, la distancia entre dos posiciones adyacentes (medidas por término medio a intervalos de más de una hora) rara vez sobrepasaba los 5 km (esta distancia es igual a la suma de los dos errores de posición más la deriva de la RLS por satélite). Una evaluación cualitativa de esa observación muestra que el error de posición aparentemente no es afectado por el estado del mar.

En el Cuadro X se indica con más precisión la separación entre las dos RLS durante el desarrollo de la prueba. La localización N° 1 se efectuó en la cubierta del remolcador. Las localizaciones 2* a 10 permiten evaluar relativamente la precisión de localización, y las localizaciones 8 a 10 reflejan el gradual aumento de la separación entre las dos RLS como resultado de sus derivas diferentes.

CUADRO X

Separación entre las RLS por satélite en la prueba de Bretaña

Nº de localización	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tiempo (UTC)	15:45	18:10	18:25	20:05	21:34	21:46	23:20	1:05	1:29	3:15
Separación (km)	0.7	2.16	2.86	0.41	0.83	5.9	3.2	4.81	5.4	6.9

* La localización N° 2 se efectuó 10 a 20 minutos después de la botadura de las RLS. El error absoluto, incluida la deriva, fue de 1,3 km para las RLS N° 1, y de 3,4 km para la N° 2.

CUADRO IX

Funcionamiento del sistema con mar gruesa en la prueba de Bretaña
29 de enero - 1 de febrero de 1988*

Angulo de elevación máximo hacia el satélite (°)	> 0°									> 0°								
Altura de las olas (m)	4-6			8-10			E = 4-10			4-6			8-10			E = 4-10		
Paliza	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Parámetros de funcionamiento																		
. Nº de pasadas del satélite	27	27	54	36	36	72	63	63	126	39	39	78	50	50	100	89	89	178
. Nº de balizas detectadas	26	26	52	36	33	69	62	59	121	31	33	64	41	41	82	72	74	146
. Probabilidad de detección de la baliza (%)	96.3	96.3	96.3	100	91.7	95.8	98.4	91.6	96	79.5	84.6	82	82	82	82	80.9	83	82
. Nº de balizas localizadas	25	24	49	35	33	68	60	57	117	26	30	56	40	37	77	66	67	133
. Probabilidad de localización de la baliza (%)**	92.6	88.9	90.7	97.2	91.6	94.4	95.2	90.5	92.8	66.6	76.9	71.8	80	74	77	74.1	75.3	74.7
. Nº de soluciones de localiza- ción de balizas correctas	25	23	40	34	33	67	59	56	115	26	29	55	38	37	75	65	65	130
. Probabilidad de resolución de la ambigüedad en la primera pasada	100	95.8	97.9	97.1	100	98.5	98.3	98.2	98.3	100	96.6	98.2	95	100	97.4	98.5	95	97.7
. Tiempo de espera (min): mínima																10	10	
. Tiempo de espera (min): mediana 50%																51	45	
. Tiempo de espera (min): 90%																92	82	
. Tiempo de espera (min): máximo																240	225	

* La duración de la prueba fue de 68 horas.

** La localización de las balizas se define en el § 2.2.4 del Informe 919.

ANEXO III

Resultados de pruebas terrestres y marítimas realizadas en Japón1. Introducción

La aceptación del sistema COSPAS-SARSAT como parte fundamental del Sistema Mundial de Socorro y Seguridad Marítimos (SMSSM) y la activa participación de Japón en la Organización Marítima Internacional (OMI) contribuyeron a que el Gobierno japonés se interesara en el sistema COSPAS-SARSAT. A principios de 1988, y con la aprobación del Consejo del COSPAS-SARSAT (CCS), Japón llevó a cabo una evaluación independiente de la capacidad de detección de mensajes y localización del sistema COSPAS-SARSAT en 406 MHz [Green, 1989].

La evaluación japonesa del sistema COSPAS-SARSAT se efectuó mediante una prueba operacional del sistema, en la que la Administración de este país activó las RLS por satélite en 406 MHz, recibió y procesó los correspondientes mensajes de localización y evaluó los resultados. La prueba se concibió y efectuó en Japón, con la plena cooperación del CCS.

El experimento se realizó en cinco fases: una fase de determinación de interferencias, dos fases terrestres en las que se activaron RLS por satélite en tierra, y dos fases marítimas en las que se botaron RLS por satélite en alta mar. La prueba se llevó a cabo entre mediados de diciembre de 1987 y principios de julio de 1988.

1.1 Finalidad de la prueba

El objeto principal de la prueba japonesa fue evaluar cuantitativamente la capacidad del sistema COSPAS-SARSAT para captar y procesar las transmisiones en 406 MHz procedentes de RLS por satélite de fabricación serie ubicadas en tierra en Japón y en las aguas jurisdiccionales japonesas.

Con tal fin, las RLS por satélite en 406 MHz se distribuyeron como se muestra en la Figura 9, se recogieron los datos pertinentes de la red COSPAS-SARSAT operacional y se efectuaron los análisis correspondientes.

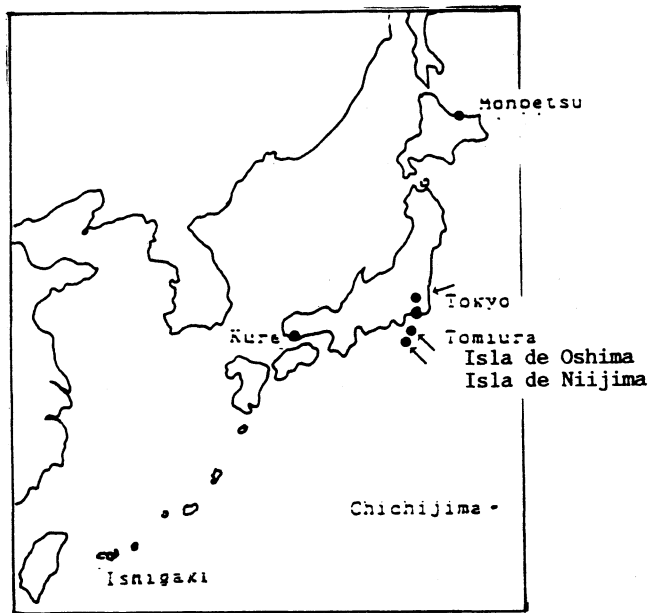


FIGURA 9

Ubicación de las RLS por satélite en la prueba japonesa

1.2 Estructura de la prueba

En la Figura 10 se muestra la estructura de la prueba japonesa dividida en sus cinco fases. Cabe señalar que en ninguno de los emplazamientos había obstrucciones significativas por encima del ángulo de elevación de 5°.

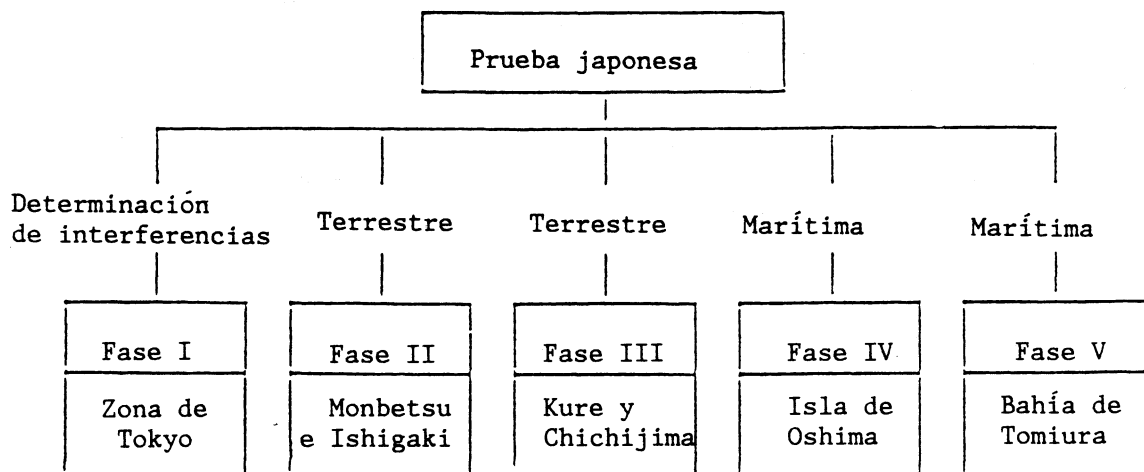


FIGURA 10

Estructura de la prueba japonesa

La Fase I de la prueba, realizada entre mediados de diciembre de 1987 y mediados de enero de 1988, tenía por objeto buscar los posibles interferencias en 406 MHz en la zona de Tokyo y confirmar la fiabilidad del interfaz operacional entre la red terrestre de COSPAS-SARSAT y el centro de búsqueda y salvamento japonés (Japanese Search and Rescue Point of Contact, JSPOC). En esta fase se activaron en tierra cuatro RLS por satélite simultáneamente, en la ciudad de Higashimurayama en las afueras de Tokyo, como se muestra en el mapa de la Figura 9.

La Fase II de la prueba se llevó a cabo a principios de febrero de 1988, para evaluar la respuesta del sistema COSPAS-SARSAT a las RLS por satélite de 406 MHz ubicadas en tierra. En esta fase se activaron simultáneamente cuatro RLS por satélite en la costa, dos cerca de la costa de Monbetsu y dos en la Isla de Ishigaki, como muestra el mapa de la Figura 9.

En la Fase III, a fines de febrero de 1988, se siguió evaluando la respuesta del sistema COSPAS-SARSAT a las RLS ubicadas en la costa. Durante esa fase se activaron simultáneamente cuatro RLS por satélite en la costa, dos en la ciudad de Kure y dos en la Isla de Chichijima, como se ve en la Figura 9.

En la Fase IV de la prueba, a mediados de marzo de 1988, se evaluó la respuesta del sistema COSPAS-SARSAT a las RLS por satélite en alta mar. En esa fase se activaron simultáneamente cuatro RLS por satélite en el mar, al sur de Tokyo entre las Islas de Oshima y Niijima, como se muestra en el mapa de la Figura 9. Las RLS flotaban libremente, y se botaron en dos configuraciones. Primeramente, cada RLS estaba amarrada a una embarcación de salvamento inflable por un cabo de nailon de aproximadamente 4 mm de diámetro y 10 m de largo, y se ancló la embarcación para evitar excesivas derivas por el viento. Más adelante en esta misma fase, se volvieron a botar las RLS por satélite al Este de la Isla de Niijima, donde quedaron en flotación libre pero amarradas a la popa de un barco patrulla estacionario por un cabo de nailon de 100 m.

En la Fase V, realizada a principios de julio de 1988, se siguió evaluando la respuesta del sistema COSPAS-SARSAT a las RLS por satélite en el mar. En esa fase se activaron simultáneamente tres RLS por satélite en el mar, cerca de Tokyo en la bahía de Tomiura, como se ve en la Figura 9. Flotaban libremente, amarradas mediante cabos a una pequeña boya anclada en el mar.

1.3 Condiciones ambientales

En el Cuadro XI se resumen las condiciones ambientales imperantes en cada uno de los emplazamientos de prueba en el momento de activarse las RLS.

CUADRO XI

Condiciones ambientales

Fase de la prueba	II	II	III	III	IV	V
Ubicación	Monbetsu	Ishigaki	Kure	Chichijima	Niijima (mar)	Tomiura (mar)
Condiciones ambientales						
Temperatura del aire (°C)	-18 a -2	18 a 26	4 a 15	17 a 23	8 a 17	21 a 28
Temperatura del agua (°C)	-	-	-	-	18	22
Velocidad del viento (m/s)	-	-	-	-	5 a 15	0 a 5
Altura de las olas (m)	-	-	-	-	3 a 5	0 a 0,5
Tiempo	Bueno	Bueno, despejado	Lluvia, nuboso	Nuboso, bueno	Tormentoso	Nuboso, bueno

1.4 Red de adquisición de datos

Las posiciones de las RLS por satélite activadas durante la prueba fueron calculadas por el sistema COSPAS-SARSAT y transmitidas al JSPOC de Tokyo.

1.5 RLS por satélite

Las cuatro RLS por satélite en 406 MHz con codificación operacional que se utilizaron en las cinco fases de la prueba eran del tipo aprobado por COSPAS-SARSAT, y sus características físicas se indican en el Cuadro XII.

Todas las balizas eran del tipo de flotación libre, pero también pueden funcionar en tierra con una instalación adecuada. Ninguna fase de la prueba rebasó las 48 horas de duración de las baterías de esas balizas, y se cambiaron todas las baterías entre las fases de la prueba.

CUADRO XII

Características físicas de las RLS por satélite utilizadas en la prueba japonesa

Designación	País de fabricación	Masa (kg)	Altura total (mm)	Centro de gravedad* (mm)
RLS A	Japón	12.410	990	250
RLS B	Japón	6.650	883	203
RLS C	Francia	6.215	310	125
RLS D	Noruega	3.515	570	191

* Medido desde el fondo de la baliza.

2. Evaluación de los datos

En el análisis de los datos de esta prueba se tuvieron en cuenta cuatro características principales del sistema que se definen a continuación:

- 1) Probabilidad de localización de la baliza: porcentaje de pasadas predichas del vehículo espacial sobre las RLS por satélite activadas que resultaron en la generación y transmisión al JSPOC de un mensaje localización de baliza.
- 2) Probabilidad de detección de la baliza: porcentaje de pasadas predichas del vehículo espacial sobre las RLS por satélite activadas que resultaron en la generación y transmisión al JSPOC de un mensaje localización de baliza o detección de baliza.

- 3) Resolución de ambigüedad: capacidad del sistema para seleccionar la posición verdadera (y no la imagen especular) de la baliza entre las dos posiciones calculadas.
- 4) Error de posición: distancia entre la posición real y la calculada de la RLS por satélite.

Cabe señalar que el programa de predicción de las pasadas sólo incluía las pasadas del vehículo espacial sobre las balizas activadas en las que el ángulo máximo baliza-vehículo espacial era igual o superior a 8 grados. Ello eliminó de los resultados del análisis todas las características del sistema en condiciones de pequeño ángulo de elevación. Durante esta prueba no se midió el tiempo de espera.

3. Resultados de la evaluación

Los resultados del análisis de los datos se presentan en esta sección según las características primarias del sistema.

Cabe señalar que un Centro de Control de Misión (CCM) no pudo transmitir datos al JSPOC durante una fase de la prueba debido a conflictos entre las actividades experimentales y operacionales. Por ello, esos datos no se incluyen en los resultados.

3.1 Probabilidad de localización de la baliza

Se calcula la posición de la RLS por satélite y se genera un mensaje de localización de baliza en un LUT (ó CCM) para cada pasada del vehículo espacial sobre la baliza activada cuando se recibe el número mínimo necesario de transmisiones de RLS por satélite (o sea, tres o cuatro transmisiones de RLS según el LUT).

Del total de 366 pasadas predichas del vehículo espacial sobre las balizas en todas las ubicaciones comprendidas en esta prueba, 348 pasadas dieron lugar al cálculo de posiciones y a la generación de mensajes de localización de baliza; o sea, el 95,1% de las pasadas consideradas resultaron en mensajes de localización. Si se estudian por separado los datos terrestres y marítimos, se obtienen las siguientes probabilidades de localización de la baliza: 94,6% para las balizas terrestres (244/258) y 96,3% para las marítimas (104/108).

3.2 Probabilidad de detección de la baliza

Se genera en un LUT un mensaje de detección de RLS por satélite para cada pasada del vehículo espacial sobre una RLS por satélite activada cuando se recibe al menos una transmisión de RLS por satélite pero el número de esas transmisiones es inferior al mínimo necesario para determinar la posición de la RLS por satélite.

Del total de 366 pasadas predichas del vehículo espacial sobre las radiobalizas activadas en todos los emplazamientos de esta prueba, 350 pasadas resultaron en la generación de mensajes de detección o localización de RLS por satélite; es decir, el 95,6% de las pasadas consideradas resultaron en mensajes de detección o localización. Si se examinan por separado los datos terrestres y marítimos, se obtienen las siguientes probabilidades de detección: 95,3% para las balizas terrestres (246/258) y 96,3% para las marítimas (104/108).

3.3 Resolución de la ambigüedad

Cada cálculo de posición de RLS por satélite resulta en dos localizaciones, una de las cuales es la verdadera y la otra, una imagen especular. En los algoritmos de localización se utilizan varias técnicas para resolver la ambigüedad y seleccionar la posición verdadera.

De los 718 pares de posiciones de RLS por satélite proporcionados por dos CCM COSPAS-SARSAT, la ambigüedad de localización se resolvió correctamente en 710 casos; es decir, la resolución de ambigüedad fue correcta en el 98,9% de las posiciones calculadas. Examinando por separado los datos terrestres y marítimos se obtienen las siguientes resoluciones de ambigüedad: 99,2% de los pares de posiciones terrestres (487/491) y 98,2% de los pares de posiciones marítimas (223/227).

3.4 Error de localización

Los errores de las posiciones calculadas de RLS por satélite se presentan cualitativamente en los histogramas de las Figuras 11 y 12 y cuantitativamente en el Cuadro XIII.

La distribución compuesta de las posiciones calculadas de RLS por satélite alrededor de las posiciones reales se muestra en el gráfico de dispersión de la Figura 13, que incluye todas las posiciones calculadas que se encuentran dentro de ± 10 km en latitud y ± 10 km en longitud de las posiciones reales.

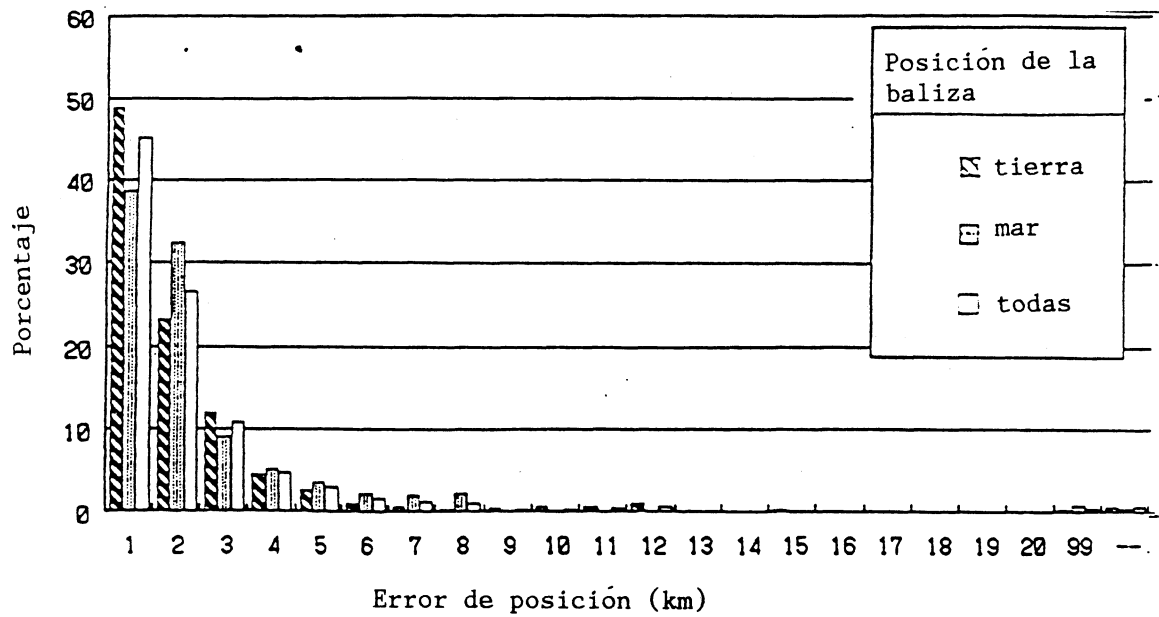


FIGURA 11

Distribución del error de posición

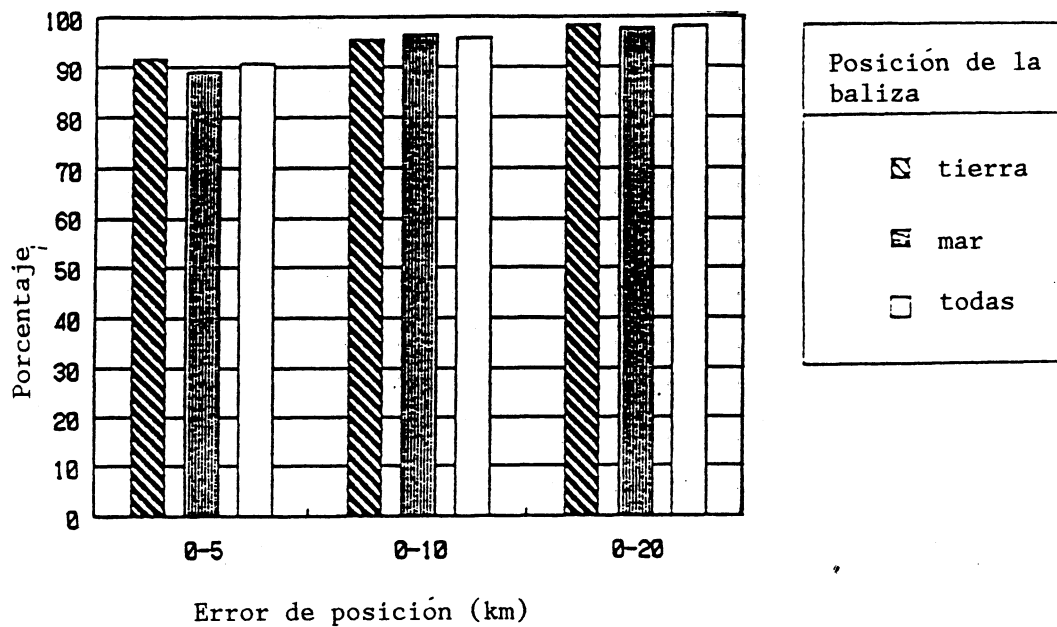


FIGURA 12

Error de posición acumulativo

CUADRO XIII

Distribución de los errores de posición

Error de posición (km)	Localizaciones de RLS por satélite (%)					
	En tierra		En el mar		Todas	
	Acumulativo		Acumulativo		Acumulativo	
0-1	48,9	48,9	38,8	38,8	45,2	45,2
1-2	23,5	72,4	32,5	71,3	26,8	72,0
2-3	12,2	84,6	9,1	80,4	11,0	83,0
3-4	4,7	89,3	5,2	85,6	4,9	87,9
4-5	2,8	92,1	3,8	89,4	3,2	91,1
5-6	1,2	93,3	2,4	91,8	1,7	92,8
6-7	0,8	94,1	2,1	93,9	1,3	94,1
7-8	0,4	94,5	2,4	96,3	1,2	95,3
8-9	0,6	95,1	0,3	96,6	0,5	95,8
9-10	0,8	95,9	0,0	96,6	0,5	96,3
10-11	0,8	96,7	0,3	96,9	0,6	96,9
11-12	1,2	97,9	0,0	96,9	0,8	97,7
12-13	0,2	98,1	0,0	96,9	0,1	97,8
13-14	0,2	98,3	0,0	96,9	0,1	97,9
14-15	0,4	98,7	0,0	96,9	0,3	98,2
15-16	0,0	98,7	0,0	96,9	0,0	98,2
16-17	0,0	98,7	0,3	97,2	0,1	98,3
17-18	0,0	98,7	0,3	97,5	0,1	98,4
18-19	0,0	98,7	0,3	97,8	0,1	98,5
19-20	0,0	98,7	0,0	97,8	0,0	98,5
> 20	1,3	100,0	2,2	100,0	1,5	100,0

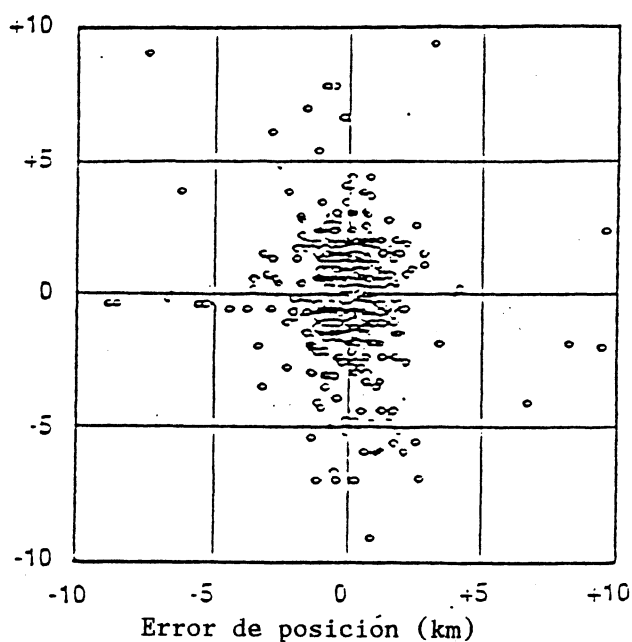


FIGURA 13

Gráfico de dispersión de los errores de posición

Se observa que:

- 1) El 91,1% de todas las posiciones calculadas se encuentran dentro de 5 km de la posición verdadera.
- 2) El 96,3% de todas las posiciones calculadas se encuentran dentro de 10 km de la posición verdadera.
- 3) El 98,5% de todas las posiciones calculadas se encuentran dentro de 20 km de la posición verdadera.
- 4) No parece haber diferencias significativas de error de posición entre las RLS en tierra y en el mar.
- 5) No parece haber un sesgo significativo en la distribución de las posiciones calculadas de RLS por satélite alrededor de las posiciones reales correspondientes.

4. Resumen y conclusiones

En resumen, se instalaron y activaron cuatro RLS por satélite operacionales de un tipo aprobado en 406 MHz en siete sitios del Japón y en las aguas jurisdiccionales japonesas durante un periodo de 7 meses, y se determinó que:

- 1) El 95,1% de las transmisiones de RLS por satélite resultaron en la generación de mensajes de localización de baliza.
- 2) El 95,6% de las transmisiones de RLS por satélite resultaron en la generación de mensajes de localización o detección de baliza.
- 3) El 98,9% de las ambigüedades de localización se resolvieron correctamente.
- 4) El 91,1%, 96,3% y 98,5% de las posiciones calculadas estaban dentro de 5 km, 10 km y 20 km, respectivamente, de las posiciones reales.
- 5) El comportamiento medido del sistema durante esta prueba indicó una mejora considerable en comparación con los datos de las fases D y E en lo que respecta a la probabilidad de localización de baliza y a la resolución de ambigüedad, y resultó más o menos igual en lo que respecta a la probabilidad de detección de baliza y al error de posición. Esos datos comparativos se presentan en el Cuadro XIV.

Por estos resultados, se puede concluir que el sistema COSPAS-SARSAT es eficaz para localizar con precisión RLS por satélite en 406 MHz y para transmitir esas localizaciones a la comunidad SAR.

ANEXO IV

Datos comparativos del comportamiento del sistema

La comparación del comportamiento del sistema de RLS por satélite a 406 MHz obtenido durante las pruebas ambientales de la fase de Demostración y Evaluación (D y E) (Cuadros I, IIb, IIc, IIe, III y IV), las pruebas francesas de condiciones de mar gruesa (Cuadro IX) y las pruebas japonesas de evaluación del sistema COSPAS-SARSAT (Anexo III: § 3.1, 3.2, 3.3 y Cuadro XIII) se resume en el Cuadro XIV. El examen de los datos indica que se logró un mejor comportamiento (alrededor de 10%) durante las pruebas francesa y japonesa, comparadas con la fase D y E para la probabilidad de localización de baliza y la resolución de ambigüedad, y que fue más o menos igual para la probabilidad de detección de baliza y el error de localización.

CUADRO XIVDatos comparativos del comportamiento del sistema

Tipo de prueba	Pruebas ambientales D y E			Pruebas francesas con mar gruesa	Pruebas japonesas		
	En tierra	En el mar (flotante)	Todas las ubicaciones	En el mar (flotante)	En tierra	En el mar (flotante)	Todas las ubicaciones
Ubicación de la baliza							
Parámetros del sistema							
Probabilidad de localización de baliza (%)*	90	83	85.9	92.8	94.6	96.3	95.1
Probabilidad de detección de baliza (%)	98	98	98	96.0	95.3	96.3	95.6
Resolución de ambigüedad (%)	89	88	88.3	98.3	99.2	98.2	98.9
Error de posición (km)							
Percentilo 50	0-1	1-2	1-2	-	1-2	1-2	1-2
Percentilo 90	1-5	5-10	5-10	-	4-5	5-6	4-5
Percentilo 95	5-10	5-10	5-10	-	8-9	7-9	7-9

* La probabilidad de localización de balizas se define en el § 2.2.4 del Informe 919.

REFERENCIAS

GREEN, L.G. y YOSHIDA, K. [abril de 1989] Japan evaluates the COSPAS-SARSAT system. Proc. of the 1989 Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) Annual Assembly Meeting, Seattle, EE.UU."