INFORME 501-5*

SISTEMA DIGITAL DE LLAMADA SELECTIVA ADECUADO PARA LAS FUTURAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SERVICIO MÓVIL MARÍTIMO

(Cuestión 9/8)

(1970-1974-1978-1982-1986-1990)

1. Resumen de los trabajos efectuados

1.1 *Características operacionales y técnicas*

Desde el periodo de estudios de 1966-69, se ha estado estudiando un sistema digital de llamada selectiva que satisfaga las futuras condiciones de operación del servicio móvil marítimo.

La elección del sistema se basa en estudios teóricos y pruebas prácticas, llevados a cabo por las Administraciones de Estados Unidos de América, URSS, Japón y Países Bajos [CCIR, 1974-78].

En 1975, se constituyó el GIT 8/3 para activar el estudio del sistema digital de llamada selectiva.

La Recomendación 493-1 reunió la mayor parte de la labor efectuada por el GIT 8/3 durante el periodo de estudios de 1974-78. Trata detalladamente de las características de explotación y de las características técnicas.

Durante la Reunión Final de la Comisión de Estudio 8, celebrada en Ginebra, en enero de 1978, se examinó detalladamente y se adoptó con ligeras enmiendas la Recomendación 493-1, que había sido modificada durante la segunda reunión del GIT 8/3, Estocolmo, 1977.

Al elaborar la Recomendación 541-1, el Grupo Interino de Trabajo 8/8 aportó nuevas modificaciones a la Recomendación 493-1 (véase el § 1.2) que fueron adoptadas por la Comisión de Estudio 8 en su Reunión final (1981) e incorporadas en la Recomendación 493-2.

En la Reunión Intermedia de la Comisión de Estudio 8 (1984) se acordaron revisiones de la Recomendación 493-2 basadas en propuestas del Grupo Interino de Trabajo 8/10 (constituido principalmente para coordinar los ensayos del sistema digital de llamada selectiva (DSC – «Digital Selective Calling» – véase el § 1.3.1) que mejorarán nuevamente las características del sistema DSC, en especial, respecto a la decodificación en presencia de errores.

En la Reunión Final de la Comisión de Estudio 8, Ginebra, noviembre de 1985, se modificó de nuevo la Recomendación 493-2, en particular lo referente a la detección de la secuencia de puesta en fase así como para definir tres clases de equipo DSC, y se la esclareció basándose en nuevas propuestas del Grupo Interino de Trabajo 8/10, adoptándose como proyecto de Recomendación 493-2 (MOD F) y aprobándose como Recomendación 493-3 por la XVI Asamblea Plenaria.

1.2 *Procedimientos operacionales*

En la Recomendación 541 (Procedimientos de explotación), preparada durante la segunda reunión del GIT 8/3 y examinada durante la Reunión Final de la Comisión de Estudio 8 (1978), figuraban instrucciones iniciales sobre procedimientos de explotación. Se reconoció que esos procedimientos sólo revestían un aspecto general, y que no podían indicarse procedimientos detallados mientras no se hubiera adquirido experiencia práctica en la explotación real del sistema digital de llamada selectiva.

---

* Se invita al director del CCIR a que señale este Informe y, en particular, su § 2.3 a la atención de la Organización Marítima Internacional (OMI).

De resultas de la Resolución 24-4 del CCIR se estableció en 1979 el Grupo Interino de Trabajo (GIT) 8/8 a fin de acelerar el desarrollo de procedimientos operacionales, especialmente en relación con las características de un futuro sistema global de socorro y seguridad marítimos, que está previsto examinar en la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para los servicios móviles, que se celebrará en 1983.

Subsiguientemente, el GIT 8/8 enmendó la Recomendación 541 para incluir en ella procedimientos de explotación detallados para socorro y seguridad y otros servicios, y examinó también el número de canales necesarios para el sistema digital de llamada selectiva. La Recomendación 541-1 resultante fue adoptada por la Reunión Final de la Comisión de Estudio 8 (1981).

El GIT 8/8 acordó también que la tolerancia en radiofrecuencia para los transmisores y los receptores utilizados en sistemas digitales de llamada selectiva debía ser 10 Hz. (Como el equipo existente tiene una tolerancia de 40 Hz para las estaciones de barco y de 15 Hz para las estaciones costeras, puede utilizarse en la aplicación inicial del sistema de llamada selectiva digital.)

Durante un periodo inicial de implantación, gran número de estaciones transmisoras de barco podrían tener tolerancias de frecuencia superiores (es decir, 100 Hz), de conformidad con los apéndices 7 y 17 al Reglamento de Radiocomunicaciones.

A fin de que los transmisores de a bordo con las tolerancias de frecuencia anteriormente indicadas puedan utilizar sistemas digitales de llamada selectiva, Suecia propuso en una contribución al GIT 8/8 un receptor con tres decodificadores conectados en paralelo con una desviación intencionada de frecuencia apropiada y seguidos de una red lógica para seleccionar la información correcta. Podría tratarse de una solución intermedia para facilitar la rápida introducción del sistema digital de llamada selectiva. Una prueba de laboratorio efectuada en la República Federal de Alemania confirmó la viabilidad de la propuesta sueca. Sería necesaria una desviación intencionada de frecuencia de ± 80 Hz para una tolerancia de frecuencia de 100 Hz del transmisor del barco. Podría adoptarse esta solución con un grado aceptable de complejidad suplementaria de la estación costera.

Francia presentó también un documento relativo a la tolerancia de 10 Hz recomendada para los sistemas digitales de llamada selectiva. En ese documento se trata del costo adicional que entrañaría semejante requisito, y se expresa cierta preocupación sobre el mantenimiento y las tolerancias a largo plazo de los equipos en semejantes condiciones.

En la Reunión Final de la Comisión de Estudio 8, Ginebra, noviembre de 1985, se modificó la Recomendación 541-1 de resultas de los trabajos del Grupo Interino de Trabajo 8/10, adoptándose como proyecto de Recomendación 541-1 (MOD F) y aprobándose como Recomendación 541-2 por la XVI Asamblea Plenaria.

1.3 *Pruebas*

1.3.1 *Pruebas coordinadas*

A fin de coordinar las pruebas del sistema DSC descrito en la Recomendación 493-2 y ensayar los procedimientos de la Recomendación 541-1, en la Reunión Final de la Comisión de Estudio 8 (1982) se creó el Grupo Interino de Trabajo 8/10.

1.3.1.1 *Pruebas en ondas decamétricas*

El Grupo Interino de Trabajo 8/10 organizó pruebas coordinadas en ondas decamétricas, en las que participaron nueve estaciones que transmitieron, durante 16 días en octubre y noviembre de 1983, un total de aproximadamente 13 000 llamadas de socorro DSC a 17 estaciones receptoras. La ubicación de las estaciones participantes se muestra en la fig. 1.

El análisis de los resultados de las pruebas estaba destinado principalmente a poner a prueba la eficacia del sistema DSC para avisos de urgencia.

Para este análisis se definieron tres tipos de tentativas de llamadas:

- *Tentativa de llamada en una sola frecuencia:* Secuencia transmitida por una estación durante un breve periodo y consistente en cinco transmisiones de un mensaje en la misma frecuencia.
- *Tentativa de llamada en múltiples frecuencias:* Secuencia transmitida por una estación durante un breve periodo y consistente en una transmisión de un mensaje en cada una de 4 ó 5 frecuencias diferentes.
- *Tentativa de llamada compuesta:* Secuencia transmitida por una estación durante un breve periodo y consistente en cinco transmisiones de un mensaje en cada una de 4 ó 5 frecuencias diferentes.

Para cada tentativa de llamada se tomó en cuenta la probabilidad de que al menos una llamada se reciba sin errores al menos en una de las estaciones receptoras. Se calculó también la probabilidad adicional de recibir la llamada con errores, pero no en la autoidentificación y en las coordenadas. Se calculó un porcentaje general para cada tipo de tentativa de llamada (por ejemplo, en frecuencia única de 4 MHz, en frecuencia única de 6 MHz, en múltiples frecuencias o compuesta) de todas las estaciones transmisoras.

En el cuadro I se muestran los resultados de este análisis, aplicable a la utilización de la DSC para alerta, empleando llamadas de socorro.

La comparación de los resultados de cada una de las estaciones receptoras con las predicciones de propagación del CCIR indicaba que, cuando la intensidad de campo predicha era $\geqslant 0$ dB(μV/m), se recibían aproximadamente el 60% de las llamadas. Este porcentaje da una idea del aprovechamiento de la DSC para llamadas comerciales, o para llamadas transmitidas a una sola estación.

Todas las llamadas se transmitieron utilizando una serie de puntos de 2 s. Once de las estaciones receptoras utilizaron receptores de exploración disponibles comercialmente y las seis restantes utilizaron receptores separados para cada frecuencia. Los receptores de exploración se ajustaron de manera tal que observaran las cinco frecuencias de ondas decamétricas dentro de un periodo de 2 s; al detectarse la serie de puntos el equipo DSC detenía la exploración del receptor.

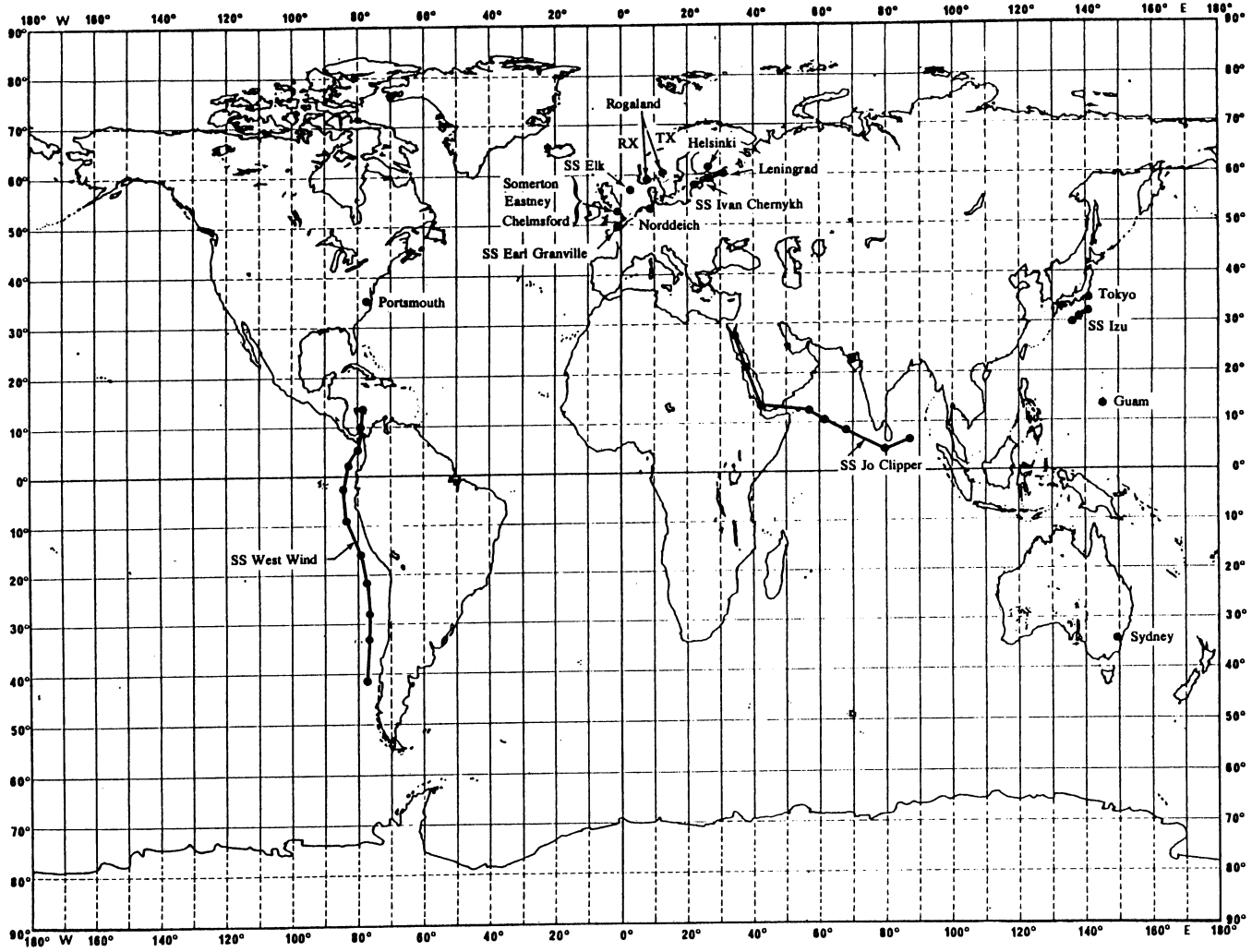

FIGURA 1 – *Ubicación de las estaciones participantes en las pruebas coordinadas en ondas decamétricas*

CUADRO I – *Probabilidades de éxito de la llamada selectiva digital (DSC) durante las pruebas coordinadas en ondas decamétricas*

Estación transmisora	Fechas (1983)	Tentativas de llamada						
		Frecuencia única (MHz)					Multi-frecuencia	Compuesta
		4	6	8	13	17		
Rogaland	17/10	46/46	45+1/46	41+4/46	43+3/46	40+3/46	230/230	46/46
Portsmouth	18/10	0/0	9+3/24	11+1/24	20+1/24	21/24	94+9/120	24/24
Sydney	20/10	32/46	27+1/40	6/46	38/40	37/40	217+1/230	45/46
Tokyo	21/10	16/16	15+1/16	16/16	16/16	15+1/16	80/80	16/16
Guam	22/10	0/0	46/46	44/46	46/46	42+1/46	230/230	46/46
Portsmouth	24/10	0/0	21+1/31	27+1/31	31/31	23+2/30	155/155	31/31
Somerton	26/10	43/43	43/43	43/43	43/43	40+2/42	221/221	42/42
Tokyo	27/10	16/16	16/16	16/16	16/16	14/16	80/80	16/16
Guam	29/10	0/0	38/42	31/42	39/42	34+1/42	200/210	40/42
Somerton	31/10	45/45	45/45	46/46	46/46	46/46	228/228	43/43
Izu	1/11	16/16	15/16	15/16	16/16	15+1/16	80/80	16/16
Izu	4/11	16/16	16/16	16/16	16/16	16/16	80/80	16/16
Rogaland	5/11	46/46	46/46	45+1/46	42+3/46	38+7/46	230/230	46/46
Norddeich	7/11	46/46	46/46	43+1/44	41+2/44	38+3/44	229/229	46/46
Somerton	9/11	42/42	42/42	42/42	42/42	42/42	210/210	42/42
Ivan Chernykh	9/11	1/1	3/3	2/2	4/4	2+1/3	14/14	0/0
Totales		365/379	473+7/518	444+8/522	499+9/518	464+22/515	2578+10/2627	515/518
Porcentaje de llamadas recibidas sin errores		96,31	91,31	85,06	96,33	90,10	98,13	99,42
Porcentaje adicional de llamadas recibidas con errores, pero sin ningún error en la ID o las coordenadas		0	+1,35	+1,53	+1,74	+4,27	+0,38	0

Datos de base: Tentativas de llamada satisfactorias/tentativas de llamada transmitidas. El signo + indica el número adicional de llamadas recibidas con errores, pero sin ningún error en la ID o las coordenadas.

Nota 1. – Las estaciones de los Estados Unidos de América (Portsmouth y Guam) no transmiten en 4 MHz.

Nota 2. – En los casos en que el análisis de los registros de los receptores ha hecho dudar del funcionamiento del transmisor, se ha supuesto que el transmisor ha funcionado correctamente y las bajas tasas resultantes de éxito de la recepción se han incluido en el cuadro anterior. Por lo tanto, este cuadro representa un análisis del «caso más desfavorable» de los resultados de las pruebas. Es probable que estos resultados subestimen la calidad de funcionamiento de las estaciones receptoras participantes.

Nota 3. – Los registros combinados de todas las estaciones receptoras indican que hubo un problema en las transmisiones programadas de Sydney el 8-11-1983. No se comunicaron en ese día anomalías de propagación, pero ninguna estación recibió llamadas en 4, 6, 8 ó 13 MHz. Sólo Japón recibió unas pocas llamadas en 17 MHz durante las primeras horas de la mañana (UTC). Por lo tanto, el Grupo Interino de Trabajo descartó los datos del 8-11-1983.

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

Estos resultados reclaman los comentarios siguientes:

Varias estaciones receptoras experimentaron grave interferencia, debido en parte a que las frecuencias utilizadas se hallaban en sub-bandas de estaciones costeras. En diversos casos, no fue posible la propagación radioeléctrica entre las estaciones participantes. (La previsión de las condiciones de propagación había sido facilitada por la Secretaría del CCIR sobre la base de la última versión del Informe 252.)

Los factores siguientes mejorarán la fiabilidad de la llamada selectiva digital:

- el uso de frecuencias exclusivas de socorro de conformidad con las decisiones de la CAMR MOB-87 mejorará la situación desde el punto de vista de las interferencias, ya que estas frecuencias se hallan en las sub-bandas de estaciones de barco;
- mayor número de estaciones costeras receptoras distribuidas de modo más uniforme por todo el mundo;
- participación de barcos equipados para el——— sistema mundial de socorro y seguridad marítimos;
- mejores receptores: por ejemplo, anchura de banda adecuada en todos los casos (es decir, 300 Hz):
  - optimización de las características del retardo de grupo;
  - rapidez de ataque y liberación del CAG, por ejemplo 10 ms;
- mejores módems: por ejemplo, resistencia a la pérdida de sincronización:
  - método para la detección de configuraciones óptimas;
  - detección independiente de marca y espacio;
  - empleo del demodulador de comparación;
  - ninguna limitación en el demodulador.

1.3.1.2 *Pruebas en ondas hectométricas*

Durante el periodo comprendido entre el 18 de marzo y el 4 de abril de 1985, se efectuaron pruebas en ondas hectométricas en las que participaron seis barcos y siete estaciones costeras. Estas pruebas se efectuaron en las zonas del mar del Norte y del mar Báltico. El apéndice I ofrece los detalles de las estaciones y el horario de transmisión.

Los resultados se analizaron para las condiciones de propagación del «Día» (principalmente onda de superficie), «Noche» (principalmente onda ionosférica), y «Alba/crepúsculo» (onda de superficie y onda ionosférica). Las horas *aproximadas* en que se daban estas condiciones fueron:

Día	0600-1600 UTC
Noche	1800-0500 UTC
Alba/crepúsculo	0500-0600 y 1600-1800 UTC

Las horas *reales* variaban de un día a otro de las pruebas, basándose en las condiciones de propagación medidas.

Los resultados de las pruebas contienen 6130 registros de llamadas transmitidas y 70 313 registros de llamadas recibidas. Los cuadros II a VII son una presentación concisa de los resultados obtenidos y el apéndice II ofrece el detalle de dichos resultados en forma de cuadro.

El Grupo Interino de Trabajo reconoció que las condiciones de propagación y los niveles de ruido atmosférico experimentados durante estas pruebas pueden no ser aplicables a zonas marítimas de otras partes de la Tierra. No obstante, el Grupo Interino de Trabajo opinaba que los resultados obtenidos fueron buenos y daban una indicación del rendimiento previsible del sistema.

El cuadro II muestra un resumen de datos similares a los que se obtienen en una situación en que un navío *transmite tentativas de llamada de socorro*, compuesta cada una de cinco llamadas consecutivas. Estas llamadas se transmiten a 7 estaciones costeras y a 5 estaciones de barco. Las cifras porcentuales de éxito *indican las probabilidades de que al menos una llamada* (en una tentativa de cinco) *se reciba sin errores al menos en una de las estaciones receptoras.* Las columnas de distancia incluyen únicamente estaciones receptoras (de barco y costeras) más allá de la distancia indicada. Los resultados muestran que incluso cuando la estación receptora más próxima está a 300 millas marinas de la estación de barco transmisora, se excede la fiabilidad del 95% requerida por la OMI, a pesar del número limitado de estaciones participantes.

El cuadro III contiene información sobre el porcentaje de éxitos de las *tentativas de llamada de socorro* (compuesta cada una de cinco llamadas consecutivas) *en el sentido barco-costera* para diversas distancias entre el barco y las estaciones costeras receptoras. Estas cifras indican las probabilidades de alertar a una estación costera en particular.

El cuadro IV contiene información sobre el porcentaje de éxitos de las *tentativas de llamada de socorro* (compuesta cada una de cinco llamadas consecutivas) *en el sentido costera-barco*, simulando alertas de socorro de los barcos por una estación costera (por ejemplo, retransmisión costera-barco de alerta/socorro).

CUADRO II – *Porcentaje de éxitos de grupos de 5 llamadas sin errores desde una estación de barco a al menos una de las estaciones receptoras, para diversas horas del día y distancias*

	Distancia (millas marinas)					
	> 7	> 100	> 150	> 200	> 250	> 300
Día	99,3	96,6	96,6	96,6	96,6	96,6
Noche	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6
Alba/ crepúsculo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

CUADRO III – *Porcentaje de éxitos de grupos de 5 llamadas sin errores por trayectos individuales en el sentido barco-costera, para diversas horas del día y distancias*

	Distancia (millas marinas)					
	0-100	101-150	151-200	201-250	251-300	> 300
Día	100,0	100,0	98,9	100,0	80,6	55,6
Noche	81,5	82,7	90,8	97,4	94,7	82,9
Alba/ crepúsculo	100,0	96,6	100,0	92,0	86,2	70,2

CUADRO IV – *Porcentaje de éxitos de grupos de 5 llamadas sin errores por trayectos individuales en el sentido costera-barco para diversas horas del día y distancias*

	Distancia (millas marinas)					
	0-110	101-150	151-200	201-250	251-300	> 300
Día	83,1	95,9	100,0	73,3	85,2	41,8
Noche	94,0	94,7	97,6	89,5	95,3	74,7
Alba/ crepúsculo	83,3	93,6	100,0	89,7	85,4	62,3

El cuadro V contiene información sobre el porcentaje de éxitos de las *llamadas simples en el sentido costera-barco*, simulando el acuse de recibo de llamadas de socorro y llamadas comerciales, en dicho sentido.

El cuadro VI contiene *la misma información que el cuadro IV pero en el sentido barco-costera*, simulando llamadas comerciales en dicho sentido.

El cuadro VII contiene *la misma información que los cuadros IV y V pero en el sentido barco-barco*, simulando llamadas comerciales entre estaciones de barco.

CUADRO V – *Porcentaje de éxitos para llamadas DSC simples sin errores por trayectos individuales en el sentido costera-barco para diversas horas del día y distancias*

	Distancia (millas marinas)					
	0-100	101-150	151-200	201-250	251-300	> 300
Día	80,1	86,5	95,0	56,1	81,5	32,7
Noche	88,9	74,7	80,9	69,5	82,8	57,9
Alba/ crepúsculo	77,9	77,9	86,7	76,4	88,6	50,9

CUADRO VI – *Porcentaje de éxitos para llamadas DSC simples sin errores por trayectos individuales en el sentido barco-costera para diversas horas del día y distancias*

	Distancia (millas marinas)					
	0-100	101-150	151-200	201-250	251-300	> 300
Día	95,4	95,6	94,4	87,9	71,1	40,8
Noche	71,6	67,0	74,5	84,6	80,5	59,9
Alba/ crepúsculo	88,0	80,7	95,2	83,2	82,1	57,3

CUADRO VII – *Porcentaje de éxitos para llamadas DSC simples sin errores por trayectos individuales en el sentido barco-barco para diversas horas del día y distancias*

	Distancia (millas marinas)					
	0-100	101-150	151-200	201-250	251-300	> 300
Día	68,9	88,9	78,6	84,1	58,2	23,7
Noche	71,6	83,3	73,7	51,0	45,2	63,2
Alba/ crepúsculo	74,7	98,2	87,6	59,6	93,7	46,0

1.3.1.3 *Pruebas en ondas métricas*

Las pruebas prácticas y de laboratorio de llamada selectiva digital en ondas métricas efectuadas en los países nórdicos a mediados de 1985 dieron unos resultados que indicaban que prácticamente el 100% de las llamadas se recibían sin errores a distancias superiores a aquéllas a las que las comunicaciones vocales se reciben de manera satisfactoria. A continuación se dan más detalles a propósito de estas pruebas.

Se utilizaron tres estaciones costeras y una de barco, dotadas con equipo de reciente realización. Las características de las estaciones eran las siguientes:

	Ubicación	*Altura de la antena (m)*
Estación costera de Halden:	59°10'31" N 11°25'57" E	352
Estación costera de Vejby:	56°05'40" N 12°07'09" E	94
Estación costera de Karleby:	54°52'33" N 11°11'54" E	125
Barco Prinsesse Ragnhild:	Navegando de Oslo a Kiel	25

La ruta de navegación y las ubicaciones de las estaciones costeras se muestran en la fig. 2. Durante las pruebas, se registraron seis pasos a través del límite de la comunicación. En cuatro pasos, se midió también la intensidad de campo.

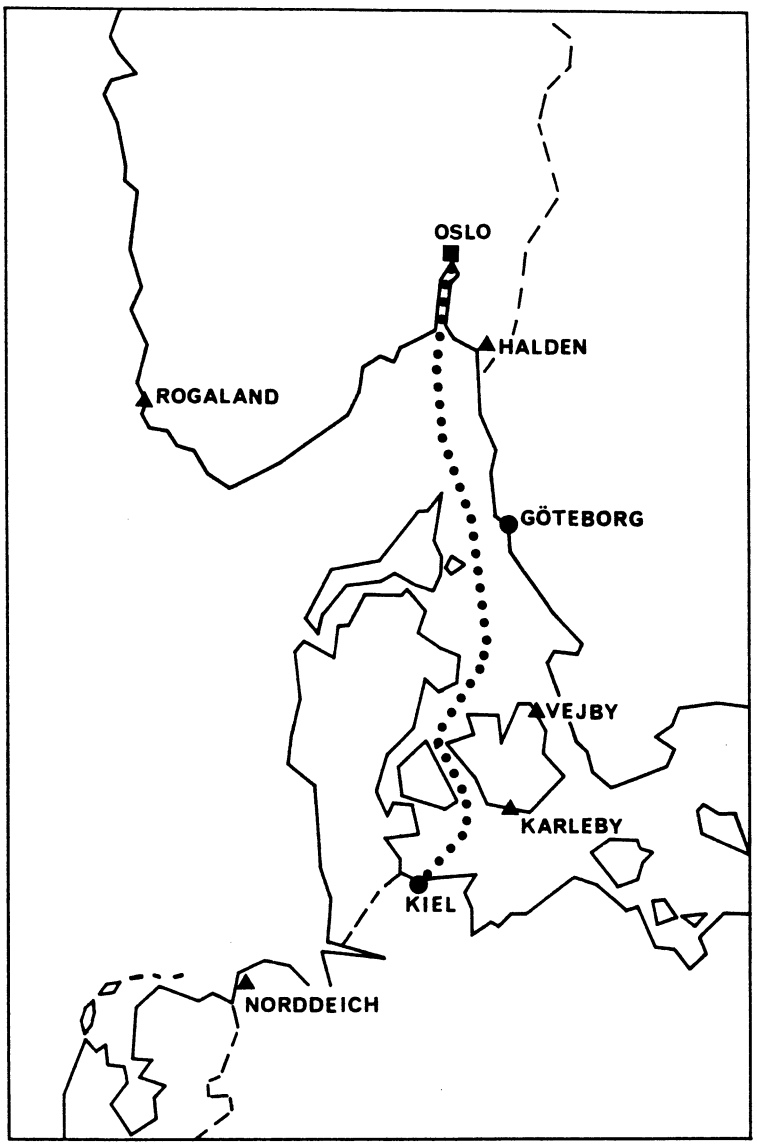

FIGURA 2 – *Ruta de navegación*

Uno de los procedimientos de medición establecía que, en un momento convenido, se transmitieran cuatro llamadas DSC simples desde una estación costera al barco por el canal 70. A continuación debía transmitirse una señal vocal por otro canal. La calidad de la voz era evaluada subjetivamente por el operador. En el 10% de los casos la señal era apenas inteligible; en el 50% era inteligible aunque ruidosa y en el 100% la señal era perfectamente inteligible con muy poco ruido.

Según otro procedimiento, las llamadas DSC transmitidas por la estación costera a la estación de barco incluían la «petición de acuse de recibo» y el barco respondía con una llamada DSC a la estación costera.

En las figs. 3, 4 y 5 se muestran los datos relativos a éxito y calidad vocal de las llamadas DSC recibidas en función de la distancia, para los tres trayectos de las estaciones costeras, e indican que se obtuvo recepción DSC 100% libre de errores a distancias superiores a las de comunicación vocal.

Comparando los resultados con la distancia de comunicación vocal d calculada en base a la fórmula de la OMI: $d = 2{,}5(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$ en donde h_1 y h_2 son las alturas en metros de las antenas del barco y de la estación costera, respectivamente, y d viene expresada en millas marinas, se obtuvieron los siguientes valores:

	Calculado (millas marinas)	*Medido* (millas marinas)
Halden	59,4	60
Vejby	36,7	47
Karleby	40,5	43

Los resultados mostraron además que en todos los casos en que el barco estaba en alta mar y recibía una llamada, el acuse de recibo se recibía en la estación costera.

De las pruebas de los países nórdicos se concluyó por tanto, que las DSC abarcaban de manera fiable las distancias calculadas de comunicación vocal.

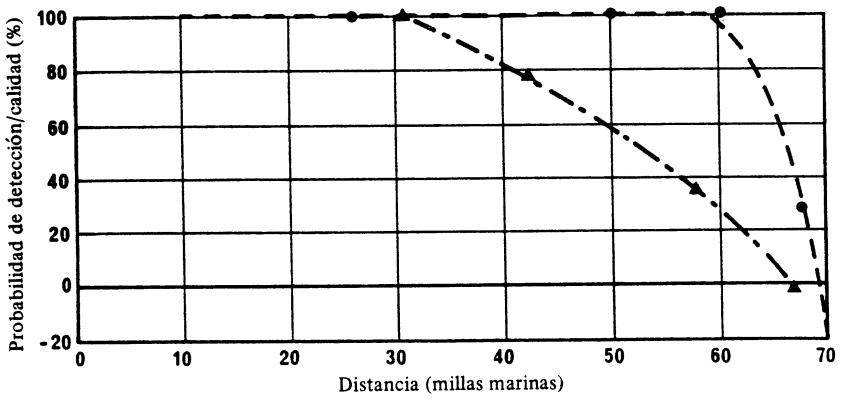

FIGURA 3 – *Mediciones desde Halden a «Prinsesse Ragnhild»*

Probabilidad de detección de la DSC (%)

Calidad de la palabra (%)

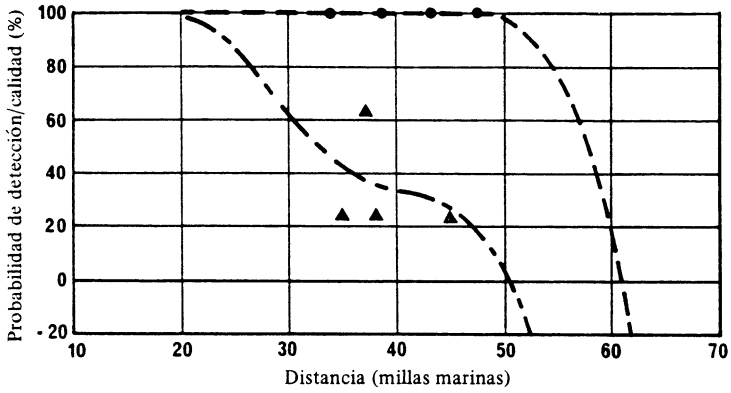

FIGURA 4 – *Mediciones desde Vejby a «Prinsesse Ragnhild»*

● Probabilidad de detección de la DSC (%)
▲ Calidad de la palabra (%)

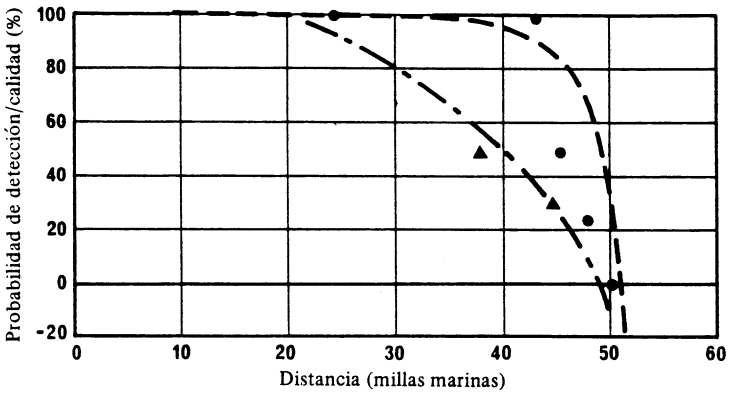

FIGURA 5 – *Mediciones desde Karleby a «Prinsesse Ragnhild»*

● Probabilidad de detección de la DSC (%)
▲ Calidad de la palabra (%)

Se efectuaron mediciones de laboratorio utilizando el mismo receptor de ondas métricas empleado para las pruebas prácticas y un simulador de desvanecimiento para estudiar la posible influencia del desvanecimiento verdadero de Rayleigh como el que puede observarse en puertos y en el interior de archipiélagos. En la fig. 6 se indican resultados representativos. Los resultados no cambiaron mucho variando la velocidad del barco entre 6 y 22 nudos.

La fig. 6 se destina principalmente a mostrar el efecto del desvanecimiento de Rayleigh sobre la probabilidad de detección de llamada DSC, por lo cual las relaciones señal/ruido indicadas se midieron con la máxima excursión de frecuencia compatible con una distorsión aceptable. En la práctica, la relación en dB excursión de frecuencia máxima/excursión de frecuencia media producida por la voz normal es la misma que la relación en dB potencia en la cresta de la envolvente/potencia media para emisiones J3E. En el cuadro I de la Recomendación 326 se indica un valor de esta relación para emisiones J3E de 10 dB.

La relación señal/ruido media para la transmisión vocal será por tanto 10 dB inferior a la indicada en la fig. 6, es decir, se obtendrá una probabilidad de recepción de llamadas DSC del 95% con una relación señal/ruido de 8 dB.

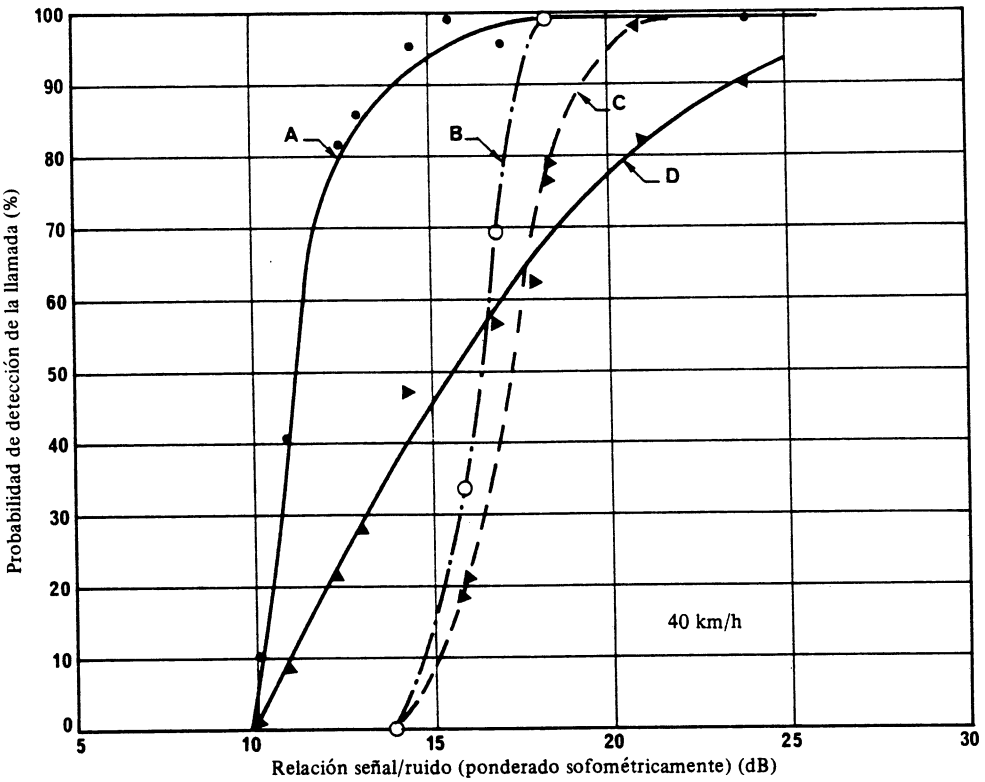

FIGURA 6 – *Mediciones en laboratorio con equipo de llamada selectiva digital en ondas métricas; probabilidad de detección de la llamada en función de la relación señal/ruido*

Curvas A: Tentativa de llamada de socorro con desvanecimiento de Rayleigh
B: Tentativa de llamada de socorro sin desvanecimiento
C: Una sola llamada sin desvanecimiento
D: Una sola llamada con desvanecimiento de Rayleigh

Si se excluyesen los efectos de ponderación del filtro sofométrico empleado en las mediciones, se conseguiría una probabilidad de recepción de llamadas DSC del 95% con una relación señal/ruido de 4 dB. La Recomendación 339 indica que una calidad vocal «apenas utilizable» requiere una relación señal/ruido de 6 dB.

Se hace observar que, en caso de desvanecimiento, no disminuye tanto la probabilidad de detectar la tentativa de llamada de socorro como la relación señal/ruido para la transmisión de la palabra. Ello se debe a que la frecuencia con que se produce el desvanecimiento hace que haya grandes probabilidades de que una de las cinco llamadas de una tentativa de llamada de socorro tenga lugar cuando la señal es intensa.

1.3.2 *Pruebas individuales realizadas por las administraciones*

En la Reunión Intermedia de la Comisión de Estudio 8 (1984) se presentaron dos Informes en los que se describen pruebas individuales realizadas en ondas decamétricas por diversas administraciones.

1.3.2.1 *Pruebas realizadas por Japón*

El Japón [CCIR, 1982-86a] da cuenta de tres pruebas realizadas en noviembre de 1982 y enero de 1983 entre una estación costera en Japón y dos estaciones de barco. En la primera prueba participó un barco que navegaba entre Japón y Hawai. Se utilizó un receptor con exploración que se detenía en la primera frecuencia en la que se detectaba una llamada. La estación de barco trabajaba con una anchura de

banda en FI de 6 kHz y la estación costera con una anchura de 1 kHz. En las pruebas segunda y tercera participaron sendos barcos a distancias de 750 km y 950 km de Japón, respectivamente. Los resultados se analizaron en términos de la frecuencia óptima y se utilizó en todos los casos una anchura de banda en FI de 1 kHz.

En el cuadro VIII se presentan los resultados de estas tres pruebas. En este cuadro se han omitido las llamadas que no se recibieron sin errores debido a señales interferentes y ruido en la estación receptora.

CUADRO VIII

Prueba N.º	Estación receptora	Porcentaje de llamadas recibidas sin errores
1	Barco	56,8% de 280 llamadas
	Costera	73,8% de 240 llamadas
2	Barco	98,8% de 160 llamadas
	Costera	99,2% de 120 llamadas
3	Barco	99,4% de 320 llamadas
	Costera	97,1% de 240 llamadas

1.3.2.2 *Pruebas realizadas por la URSS*

La URSS [CCIR, 1982-86b] describe dos series de pruebas. La primera corresponde a pruebas DSC por ondas decamétricas en el mar con modelos simulados de equipos conformes con la Recomendación 493. Las pruebas se llevaron a cabo entre dos estaciones costeras y dos estaciones de barco, con malas condiciones de propagación radioeléctrica en muchos casos. Se determinó que la probabilidad de una recepción de DSC exenta de errores dependía considerablemente de la calidad del canal, pero no se recibió ninguna secuencia de llamada con errores no detectados.

La segunda serie correspondió a pruebas destinadas a determinar la mejora en la transmisión de secuencias múltiples, resultante del empleo de técnicas de procesamiento. Las pruebas se llevaron a cabo con largos trayectos de propagación y secuencias de llamada equivalentes a la DSC que se transmitieron con un equipo de impresión directa de banda estrecha en el modo B. A continuación se compararon las probabilidades de recepción de un mensaje exento de errores con diversas proporciones de errores en los caracteres en el caso de una sola secuencia y en el de tres secuencias. En este último caso, se consideró exenta de errores la recepción de un carácter si por lo menos una de las tres secuencias recibidas contenía dicho carácter exento de errores. El siguiente cuadro IX muestra los resultados de ambas series de pruebas.

CUADRO IX

Prueba N.º	Proporción de errores en los caracteres	Número de secuencias transmitidas	Probabilidades de recepción exenta de errores	
			Con una sola transmisión	Con tres transmisiones
1	< 0,03	46	0,54	0,98
	0,03-0,2	37	0,11	0,60
	> 0,2	4	0	0
2	< 0,03	31	0,55	1,00
	0,03-0,2	12	0,17	0,75
	> 0,2	1	0	0

1.3.3 *Nuevas pruebas sobre la DSC comercial en ondas decamétricas*

Basándose en una propuesta del Grupo Interino de Trabajo 8/10, la Reunión Final de la Comisión de Estudio 8, Ginebra, noviembre de 1985, adoptó unas directrices para cualquier prueba futura de la DSC comercial en ondas decamétricas (véase el anexo I). Este anexo ofrece unas pautas generales para cualquier administración que desee efectuar nuevas pruebas de explotación para evaluar la eficacia de los procedimientos operacionales que figuran en el anexo II de la Recomendación 541.

1.4 *Métodos de decodificación*

En [CCIR, 1982-86c] la URSS hace un análisis teórico de tres posibles métodos de decodificación por medio de repeticiones de una secuencia de DSC basada en el § 8.1 del anexo I a la Recomendación 493. También contiene un análisis de diversos algoritmos de decodificación basados en una distribución binomial de errores.

Del análisis se extrajeron las siguientes conclusiones:

- los parámetros indicados en el § 8.1 del anexo I a la Recomendación 493 pueden lograrse mediante la repetición de la secuencia de llamada, tanto con la proporción de bits erróneos dada como para unas condiciones más desfavorables del canal;
- para obtener los parámetros especificados, deben utilizarse los algoritmos de almacenamiento de caracteres o bits con tres repeticiones como mínimo;
- repetir la transmisión más de cinco veces no mejora la calidad de funcionamiento para condiciones del canal correspondientes a una probabilidad de errores de hasta 10^{-1};
- los índices de probabilidad de error requeridos se obtienen en una amplia gama de condiciones del canal con el algoritmo de decodificación, de almacenamiento de bits;
- la introducción de la repetición mejora las condiciones de recepción con exploración de frecuencia;
- en las futuras pruebas de la DSC concebidas para evaluar el efecto del método de decodificación, sería aconsejable transmitir los mensajes varias veces y evaluar los diversos algoritmos de decodificación.

1.5 *Canales de llamada*

En el Informe 908 se hacía una primera asignación del número requerido de canales de llamada para la futura atribución de canales exclusivamente de DSC, basándose en los trabajos del Grupo Interino de Trabajo 8/8. No obstante, estas estimaciones eran muy preliminares debido a la falta de datos.

En la Reunión Intermedia de la Comisión de Estudio 8, se modificó el Informe 908, incluyendo unas estimaciones más realistas para ondas decamétricas y hectométricas, basándose en los trabajos del Grupo Interino de Trabajo 8/10, y utilizando estadísticas de tráfico obtenidas de 31 países. En la Reunión Final de la Comisión de Estudio 8, Ginebra, noviembre de 1985, se volvió a modificar el Informe 908 (el § 8) para incluir estimaciones de canales en ondas métricas, y se adoptó como Informe 908 (MOD F), el cual fue aprobado por la XVI Asamblea Plenaria como Informe 908-1.

Aunque el Informe 908 se refería primordialmente a los requisitos para las llamadas comerciales (es decir, distintas de las de socorro y seguridad), el § 8 de dicho Informe determina que un solo canal en ondas métricas es preferible para las llamadas de socorro y seguridad y las llamadas comerciales.

1.6 *Separación dúplex de 3 kHz para canales DSC en la banda 435-526,5 kHz*

La Conferencia Administrativa Regional para la planificación de los servicios móvil marítimo y de radionavegación aeronáutica en ondas hectométricas (Región 1), Ginebra, 1985, invitaba al CCIR en su Recomendación N.° 6.

«A que estudie los problemas técnicos que pueda originar la separación de 3 kHz en los canales dúplex reservados para la llamada selectiva digital en la banda 435-526,5 kHz.»

Basándose en una contribución del Reino Unido al Grupo Interino de Trabajo 8/10, la Reunión Final de la Comisión de Estudio 8, Ginebra, noviembre de 1985, adoptó el Informe 1028 en el que se llega a la conclusión de que no se presentarán problemas técnicos si se efectúa una modificación de índole menor en la Recomendación 541-1 (MOD I). La esencia de dicha modificación se ha incorporado a la Recomendación 541-2.

2. Futuros trabajos

2.1 *Procedimientos de explotación*

Los procedimientos de explotación descritos en la Recomendación 541-1 no abarcan el caso de la llamada de barco a barco. Será preciso establecer los procedimientos correspondientes a ese caso, puesto que se prevé que el servicio móvil marítimo empleará dichas comunicaciones con DSC a efectos tanto comerciales como de socorro y seguridad. No obstante, hasta que se desarrollen procedimientos específicos, se considera que pueden ser aplicables al funcionamiento barco-barco los procedimientos de explotación que se detallan en el § 2 del anexo II de la Recomendación 541-2.

2.3 *Señal de estación de radiobaliza de localización de siniestros*

Las enmiendas de 1988 al Convenio de SOLAS de 1974 permite a los barcos que realizan viajes exclusivamente en la zona marítima A1 a embarcar, en lugar de la RLS por satélite una RLS capaz de transmitir un aviso de socorro utilizando la llamada selectiva digital en la banda de ondas métricas (canal 70 del Apéndice 18 al Reglamento de Radiocomunicaciones).

Las características y ciclo de trabajo de esta RLS deben cumplir las disposiciones pertinentes de la Recomendación 493 y del Informe 749, Apéndice II.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Documentos del CCIR

[1974-78]: 8/205 (Conclusiones de la Reunión Intermedia de la Comisión de Estudio 8, 1976).

[1982-86]: **a.** 8/31 (Japón); **b.** 8/134 (URSS); **c.** 8/133 (URSS).

APÉNDICE I

DETALLES DE LAS ESTACIONES Y HORARIO DE TRANSMISIÓN DURANTE LAS PRUEBAS EN ONDAS HECTOMÉTRICAS

1. **Estaciones participantes** (véase también el mapa adjunto, fig. 7)

País	**Estaciones**	**Ubicación/ruta**	**Transmisión/recepción**
Alemania (República Federal de)	Norddeich Estación costera	53°38′ N, 07°12′ E	TX y RX
Finlandia	Finnmerchant Estación de barco	Helsinki-Hamina-Antwerp-Amsterdam	TX y RX
Países Bajos	Scheveningen Estación costera	52°06′ N, 04°15′ E	TX y RX
Noruega	Rogaland Estación costera	58°48′ N, 05°34′ E	TX y RX
	Prinsesse Ragnhild Estación de barco	Oslo-Kiel	TX y RX
Reino Unido	Humber Estación costera	53°20′ N, 00°17′ E	TX y RX
	Thames Estación costera	51°20′ N, 00°20′ E	TX y RX
	Brae South (plataforma petrolífera) Estación costera	58°41′ N, 01°17′ E	RX solamente
	Elk Estación de barco	Middlesborough-Göteborg	TX y RX
	Norland Estación de barco	Hull-Rotterdam	TX y RX
	BP Harrier Estación de barco	Grangemouth-Great Yarmouth	RX solamente
URSS	Leningrado Estación costera	59°59′ N, 30°21′ E	TX y RX
	Alexander Prokofiev Estación de barco	Leningrad-London	RX solamente

2. **Horario de transmisiones**

Fecha (1985)	**0405-1054 UTC**	**1205-1854 UTC**	**2005-0254 UTC**
18 marzo	Thames	Norddeich	Norland
19	Rogaland	–	Humber
20	Humber	Rogaland	Thames
21	Leningrad	Rogaland	Norland
22	–	Elk	Norddeich
23	Thames	Ragnhild	Norland
24	Leningrad	Norddeich	–
25	Rogaland	–	Ragnhild
26	Finnmerchant	Humber	Leningrad
27	Leningrad	Finnmerchant	Norddeich
28	Thames	Humber	Ragnhild
29	Norddeich	Elk	Leningrad
30	Leningrad	Leningrad	Norland
31	–	Finnmerchant	–
1 abril	Norddeich	Finnmerchant	Elk
2	Elk	Finnmerchant	Norland
3	Leningrad	Elk	Scheveningen
4	Norddeich	Scheveningen	Norland

Todas las estaciones transmisoras tenían un programa de transmisión de 20 llamadas por hora (a 5, 6, 7, 8, 9, 20, 21, 22, 23, 24, 35, 36, 37, 38, 39, 50, 51, 52, 53 y 54 min después de cada hora) durante los periodos de 7 h indicados. En la práctica no se efectuaron todas las transmisiones previstas en todos los casos.

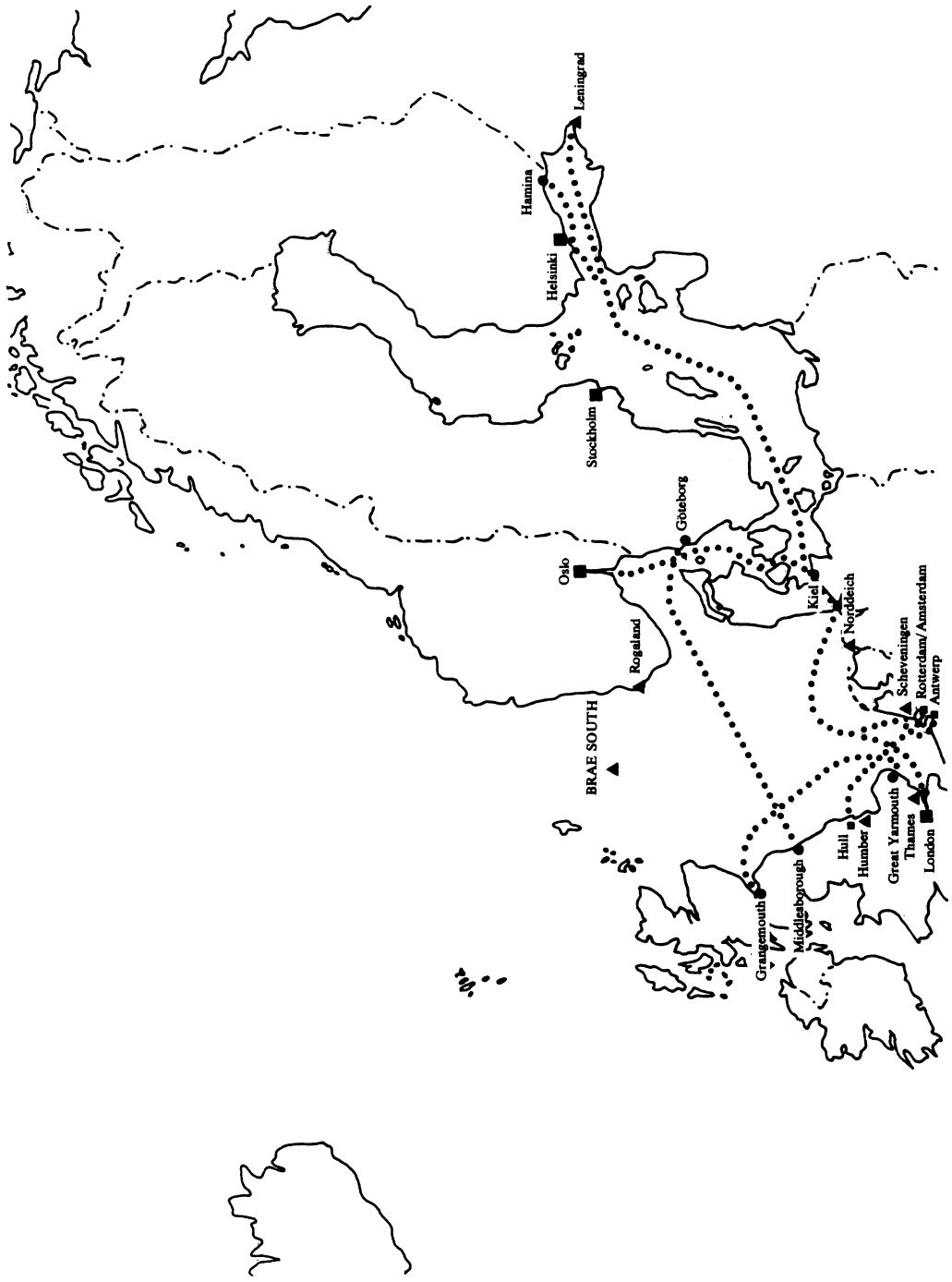

FIGURA 7 – *Estaciones participantes en las pruebas en ondas hectométricas*

ANEXO I

DIRECTRICES PARA LAS PRUEBAS DEL SISTEMA DIGITAL DE LLAMADA SELECTIVA COMERCIAL EN ONDAS DECAMÉTRICAS

1. Objetivos

Deben efectuarse pruebas para evaluar la eficacia de los procedimientos operacionales de la DSC comercial en ondas decamétricas.

2. Parámetros para las pruebas

2.1 *Equipo y procedimientos operacionales*

Todos los equipos de las pruebas deben estar en conformidad con la Recomendación 493 tal y como fue aprobada por la XVI Asamblea Plenaria, en 1986 (véase la nota a continuación).

Los procedimientos operacionales deben estar en conformidad con la Recomendación 541 tal y como fue aprobada por la XVI Asamblea Plenaria, en 1986.

El tráfico real o el anuncio/comunicación de prueba debe enviarse en las frecuencias de trabajo acordadas, mediante radiotelefonía o impresión directa en banda estrecha.

Deben utilizarse las potencias de transmisión típicas de estación costera y estación de barco.

Nota. – Cuando las estaciones costeras necesiten utilizar receptores de exploración para las pruebas, debe incluirse una serie de puntos de 200 bits en todas las llamadas.

CUADRO X

Frecuencias asignadas de estación costera (kHz)	Frecuencias asignadas de estación de barco (kHz)
4 357	4 187,5
6 506	6 281,5
8 718,5	8 375,5
13 100	12 562,0
17 232	16 750,5
22 595	22 248,0

2.2 *Transmisión de llamadas*

Durante las pruebas, las transmisiones deben efectuarse, si es posible, en horas diferentes, a elección de las estaciones en cuestión. Debe haber como mínimo una comunicación de tráfico/prueba con éxito por día desde cada estación de barco a cada estación costera participante y desde cada estación costera participante a cada estación de barco. Si es necesario, los países participantes pueden definir un horario preciso de transmisión.

2.3 *Formato de las llamadas*

El formato de la secuencia de las llamadas DSC a utilizar será una llamada selectiva a una estación individual, de conformidad con la Recomendación 493, Dubrovnik, 1986.

2.4 *Libro de registro*

2.4.1 *Hojas de registro de transmisión* (véase el cuadro XI)

Éstas contienen los siguientes detalles:

- fecha y hora de transmisión de las llamadas;
- posición de la estación transmisora (aplicable únicamente a las estaciones de barco);
- acuse de recibo de la llamada por la estación llamada;
- intercambio de tráfico en las frecuencias de trabajo, o si la estación llamada no puede responder.

2.4.2 *Hojas de registro de recepción* (véase el cuadro XII)

Éstas deben incluir los siguientes detalles:

- fecha y hora de recepción de una llamada;
- posición de la estación receptora (aplicable sólo a las estaciones de barco);
- acuse de recibo de la llamada por la estación receptora;
- intercambio de tráfico en las frecuencias de trabajo.

2.4.3 *Hojas de registro de análisis DSC* (véase el cuadro XIII)

Éstas contendrán los siguientes detalles:

- fecha y hora de transmisión de la llamada DSC inicial;
- nombre de la estación llamada;
- número de repeticiones de la llamada;
- intervalo de tiempo entre la transmisión de la llamada DSC y la recepción del acuse de recibo;
- intervalo de tiempo entre la transmisión de la llamada DSC inicial y el comienzo del intercambio en las frecuencias de trabajo.

3. Análisis

El análisis debe efectuarse en la forma indicada en el cuadro XIII. Puede ser adecuado realizar nuevos análisis.

4. Comunicación de resultados

Los resultados debe presentarlos una sola administración a la Comisión de Estudio 8.

CUADRO XI – *Hoja de registro de transmisión en las pruebas sobre DSC comercial*

Estación: _____

Transmisión		Posición de la estación transmisora (estaciones de barco únicamente)	Recepción del acuse de recibo	Comienzo del intercambio de tráfico en las frecuencias de trabajo	Imposibilidad de responder	Observaciones
Fecha	Hora (UTC)		Hora (UTC)	Hora (UTC)		

CUADRO XII – *Hoja de registro de recepción en las pruebas sobre DSC comercial*

Estación: _____

Recepción de la llamada		Posición de la estación receptora (estaciones de barco únicamente)	Transmisión del acuse de recibo	Comienzo del intercambio de tráfico en las frecuencias de trabajo	Observaciones
Fecha	Hora (UTC)		Hora (UTC)	Hora (UTC)	

ARCHIVES U.I.T. GENÈVE

CUADRO XIII – *Análisis DSC*

Estación: _____

Transmisión		Estación	Número de repeticiones de llamada	Intervalo de tiempo entre la transmisión de la llamada DSC inicial y la recepción del acuse de recibo	Intervalo de tiempo entre la transmisión de la llamada DSC inicial y el comienzo del intercambio de tráfico en las frecuencias de trabajo, de haberlo
Fecha	Hora (UTC)				

INFORME 908-1

NECESIDADES DE CANALES EN UN SISTEMA DIGITAL DE LLAMADA SELECTIVA

(Cuestión 9/8)

(1982-1986)

1. Introducción

La escucha manual en los barcos podría finalmente sustituirse por un sistema digital de llamada selectiva (DSC-«Digital Selective Calling») que ofreciese medios de alerta automática para todas las comunicaciones de interés para los barcos, como son la telegrafía Morse, el radiotélex, la radiotelefonía, etc. Se necesitarán dos tipos de canales, a saber, internacionales y nacionales.

– *Canales internacionales.* Se utilizan en el sentido costera-barco sólo cuando una estación costera desea llamar a un barco pero no sabe las frecuencias en que el barco realiza la escucha. Se considera que estas llamadas serán relativamente escasas. Los canales internacionales se hallan a disposición de todas las estaciones costeras.

– *Canales nacionales.* Se utilizan cuando un barco desea establecer contacto con cualquier estación costera o cuando una estación costera desea hacerlo con un barco de su propia nacionalidad o con el que se comunica regularmente. Los canales nacionales están asociados a determinadas estaciones costeras. Aunque las llamadas pueden realizarse en ambos sentidos, los actuales modelos de llamada revelan que el sentido principal es el barco-costera, pero esto podría cambiar con un servicio mejor. La experiencia con el sistema INMARSAT puede dar cierta orientación sobre este tema.

Hasta ahora no se han atribuido canales nacionales del sistema DSC y el número actualmente atribuido de canales internacionales de este tipo puede no ser suficiente para obtener una información que sirva de fundamento a un sistema DSC totalmente desarrollado por lo que habrá que atribuir nuevos canales. Por lo tanto es importante esforzarse en hacer una previsión provisional del desarrollo inicial del sistema digital de llamada selectiva.

En este Informe se examina el número de canales de llamada que pueden necesitarse en definitiva para llamadas que no sean de socorro ni de seguridad. Esta información servirá de ayuda para preparar la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para los servicios móviles de 1987.

2. Empleo de receptores de exploración

El empleo de un receptor de exploración conduce a una probabilidad distinta de cero de que se pierda una llamada destinada a la estación receptora por hallarse el decodificador ocupado con otro canal, lo que normalmente se designa como pérdida de exploración. La pérdida de exploración es función del número de canales explorados por un solo receptor y la carga de los canales del sistema digital de llamada selectiva, pero, como se desprende de la definición, es independiente del número de llamadas destinadas a la estación receptora. En general, no debe alentarse el empleo de receptores de exploración pues la pérdida de exploración aumenta la carga de los canales y tiene por tanto un efecto acumulativo. No obstante, debe reconocerse que el empleo de receptores de exploración puede ser necesario en muchos barcos por razones económicas.