

INFORME 918-1*

**DISPONIBILIDAD DE CIRCUITOS DE RADIOCOMUNICACIONES EN EL
SERVICIO MÓVIL MARÍTIMO POR SATÉLITE**

(Cuestión 85/8)

(1982-1990)

1. Introducción

Se impone la necesidad de definir la disponibilidad de circuitos de radiocomunicaciones en el servicio móvil marítimo por satélite al objeto de facilitar orientaciones a los planificadores de sistemas y a los fabricantes de equipo y proporcionar al mismo tiempo a los usuarios un modelo apropiado de servicio. Al intentar deducir unos principios comunes al criterio de disponibilidad, se han encontrado diferencias entre el servicio móvil marítimo por satélite y el servicio fijo por satélite. Sin embargo, se estima que el concepto de disponibilidad para el servicio móvil marítimo por satélite ha de ser, en la medida de lo posible, compatible con los conceptos similares adoptados para el servicio fijo por satélite (Informe 706) y para los sistemas de relevadores radioeléctricos (Informe 445).

El enfoque adoptado en este Informe consiste en tener en cuenta sólo aquellos factores que pueden incluirse mediante una adecuada planificación del sistema, diseño de los equipos y procedimientos de mantenimiento. Los ejemplos de disponibilidad del sistema INMARSAT para comunicaciones de socorro y generales se basan en datos históricos procedentes de la explotación de dicho sistema.

2. Definiciones y principios generales**2.1 Definición de la disponibilidad de los circuitos**

La disponibilidad de los circuitos de radiocomunicaciones en el servicio móvil marítimo por satélite, dependerá de los objetivos de disponibilidad establecidos para cada parte componente del circuito. En el presente Informe se examinan los objetivos de disponibilidad del sector espacial, del equipo de estación terrena costera y de las funciones auxiliares, así como de los trayectos radioeléctricos entre el satélite y las estaciones terrenas. De esta forma se determina la disponibilidad total del circuito de radiocomunicaciones.

En el servicio móvil marítimo por satélite, puede deducirse la disponibilidad de un circuito (*A*) a partir de la duración y de la frecuencia de ocurrencia de interrupciones en las partes componentes del circuito, pudiendo definirse como sigue:

$$A = \frac{(\text{tiempo de funcionamiento previsto}) - (\text{tiempo de interrupción})}{(\text{tiempo de funcionamiento previsto})} \times 100 \quad (\%)$$

en donde el tiempo de funcionamiento previsto es el tiempo durante el cual se supone que un circuito determinado realiza la función para la que se ha pensado y el tiempo de interrupción es el tiempo acumulativo de las interrupciones del circuito dentro del tiempo de funcionamiento previsto.

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

Cuando se aplica el concepto de disponibilidad individualmente a las partes componentes del circuito y en especial al equipo de las Estaciones Terrenas Costeras (ETC) y a las estaciones Terrenas de Barco (ETB), puede establecerse la definición de disponibilidad de dichas partes (A') en función del tiempo medio entre fallos (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR):

$$A' = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} \times 100 \quad (\%)$$

Al estudiar la disponibilidad de circuitos telefónicos puede hacerse uso del circuito ficticio de referencia (Recomendación 546).

En el tiempo durante el cual se dice que un circuito de radiocomunicaciones no está disponible han de incluirse los retardos en el establecimiento de la comunicación como consecuencia de fallos en el sistema de señalización por satélite.* Si bien los fallos en el canal de señalización costera-barco, el canal de acceso aleatorio barco-costera o el canal de señalización costera-costera, como consecuencia de condiciones desfavorables de propagación en los trayectos radioeléctricos, pueden traducirse en una llamada perdida.

Debe señalarse que, a fin de asegurar un funcionamiento permanente y fiable del sistema INMARSAT, se han tomado las siguientes medidas especiales:

- a) en cada región oceánica se dispone de planes de frecuencia de contingencia y de frecuencias de reserva, tanto para circuitos de señalización como de comunicaciones, a fin de proteger el sistema de posibles interferencias, como por ejemplo, señales producidas por el mal funcionamiento de la estación terrena de barco, estación terrena costera, satélite u otra fuente exterior al sistema;
- b) se utilizan dos canales de petición comunes;
- c) en cada región oceánica se dispone de un satélite operacional y un satélite de reserva. En el caso de fallo o degradación del servicio, el tráfico puede transferirse al satélite de reserva;
- d) el centro de control de operaciones de INMARSAT controla permanentemente la calidad del sistema e inicia las acciones pertinentes para preservar la integridad del sistema; y
- e) las estaciones terrenas costeras disponen de redundancia en los equipos para minimizar el riesgo de cortes. En algunos casos, se llega incluso a proveer acceso desde antenas y equipos RF de reserva.

Al estudiar la disponibilidad no se incluyen las llamadas perdidas por congestión en la red terrenal o en la red de satélites, ya que guardan relación más con los requisitos del grado de servicio que con la disponibilidad.

* Nota - Los canales de señalización deben diseñarse con una fiabilidad muy alta, de forma que los efectos de los cortes de señalización sean insignificantes comparados con otras posibles causas de interrupciones en los circuitos de radiocomunicaciones.

2.2 Definiciones de interrupción

En las secciones que siguen se exponen definiciones de interrupción para telefonía y telegrafía. En razón del distinto carácter de estos servicios pueden exigirse para cada uno de ellos distintos criterios de disponibilidad, y esto debe ser objeto de nuevos estudios. También se examinan más adelante las interrupciones en los canales de datos.

2.2.1 Telefonía

La siguiente definición de la interrupción para circuitos telefónicos del servicio móvil marítimo por satélite está en armonía con la propuesta para el servicio fijo por satélite (Informe 706).

En el servicio móvil marítimo por satélite se puede considerar interrumpido un circuito telefónico cuando se presenta en un canal, durante más de 10 s consecutivos, una de las condiciones siguientes:

- la señal deseada que entra en el circuito no se recibe en el otro extremo;
- en la transmisión analógica, la potencia equivalente de ruido en el canal telefónico, no ponderada subjetivamente, es superior a 10^6 pW0p.
- en la transmisión digital, la proporción de bits erróneos (BER) de un canal es peor que 10^{-2} (para el 99% del tiempo).

En la Recomendación G 821 del CCITT puede encontrarse más información suplementaria sobre la disponibilidad de circuitos telefónicos.

2.2.2 Telegrafía

En [CCIR, 1974-78] se sugirió también la siguiente definición de interrupción para los circuitos telegráficos:

En el servicio móvil marítimo por satélite se considera interrumpido un circuito telex si se detectan N errores de caracteres en un intervalo de tiempo inferior a $1,5N$ s, estando N comprendido entre 10 y 20.

Se considera que en esta definición se establece un tiempo y una precisión de medidas suficientes y se tienen en cuenta las proporciones de error de caracteres del orden de un error en 10 caracteres, pero que pueden ser necesarios nuevos estudios.

En la práctica, los operadores de estación terrena consideran que un desvanecimiento de 5 a 6 dB por encima del nivel CAF en el trayecto radioeléctrico constituye una interrupción. La aparición persistente de estas interrupciones hará que el operador de la estación terrena costera desplace el tráfico a una portadora de reserva.

2.2.3 Datos

La definición de interrupción dependerá de la velocidad binaria adoptada para el servicio, de la proporción de bits erróneos requerida y de la distribución de los errores. La disponibilidad de los canales de datos requiere ulterior estudio.

2.2.4 Cortes en elementos del sistema

Se dan a continuación definiciones de cortes en elementos del sistema que pueden producir la interrupción de un servicio:

i) Corte en el segmento espacial

Interrupción de más de diez segundos consecutivos directamente atribuibles al satélite operacional.



ii) Corte en la estación de coordinación de la red

Interrupción de las funciones esenciales de coordinación de la red, tales como pérdida de la capacidad de procesamiento de la llamada, superior a diez segundos consecutivos, y que afecte a la o las estaciones terrenas que comparten la ubicación.

iii) Corte en la red

Interrupción de los servicios superior a diez segundos consecutivos que afecta a todas las estaciones terrenas costeras de una región oceánica producida por fenómenos de propagación adversos o por señales interferentes en cualquiera de los canales CAF, canales de petición, frecuencias MDT de estaciones terrenas costeras o en la frecuencia MDT común.

iv) Corte en la estación terrena costera

Pérdida completa de todos los canales telefónicos, o de todos los canales télex, o de ambos tipos superior a diez segundos consecutivos, o pérdida correspondiente de capacidad de procesamiento de llamadas superior a un minuto, directamente atribuible a la estación terrena costera.

2.3 *Tiempo de funcionamiento previsto*

Los criterios de disponibilidad propuestos para el servicio fijo por satélite se aplican a la disponibilidad de circuitos permanentes (telefonía y televisión) en los que el tiempo de funcionamiento previsto es igual al tiempo transcurrido. En el servicio móvil marítimo por satélite los canales de telegrafía/señalización costera-barco funcionarán con carácter permanente, en el sentido de que las portadoras estarán constantemente activadas, pero en los canales telefónicos (costera-barco y barco-costera) y los canales de telegrafía/señalización transmitidos por barcos sólo estarán activados mientras dure la comunicación.

La disponibilidad de equipo en las estaciones terrenas costeras y en las estaciones terrenas de barco no es afectada de forma significativa por el carácter de asignación por demanda inherente al servicio marítimo (frente a la disponibilidad de, esencialmente, el mismo equipo en el caso de portadoras activadas permanentemente). Por tanto, para todos los equipos, el tiempo de funcionamiento previsto se iguala al tiempo transcurrido.

2.4 *Factores que influyen en la disponibilidad*

La disponibilidad total de circuitos en el servicio móvil marítimo por satélite dependerá de los criterios de disponibilidad adoptados para:

- *El sector espacial*, incluido el equipo de satélite, los efectos de las maniobras de satélites y la existencia de satélites de reserva.
- *El equipo de la estación terrena costera*, incluidos los efectos de los fenómenos naturales en la calidad de funcionamiento del equipo (por ejemplo la interferencia del sol y los desastres naturales) y el efecto de los errores humanos.
- *El equipo de estación terrena de barco*, incluidos los efectos de los fenómenos naturales en la calidad de funcionamiento del equipo (por ejemplo la interferencia del sol y las condiciones ambientales), y los efectos de los errores humanos.
- *Las funciones auxiliares*, como las que pueden realizar las estaciones terrenas costeras de control (por ejemplo, control de frecuencia, control de la potencia y asignación de canal).
- *Enlaces RF costera-satélite y barco-satélite*, en especial el efecto de la atenuación y del exceso de ruido debido a las precipitaciones, los efectos del desvanecimiento por trayectos múltiples y los efectos de interferencia que pudieran presentarse en los servicios terrenales y espaciales.

No obstante, al determinar objetivos de disponibilidad realistas, no es factible tener en cuenta todas estas eventualidades.

2.5 Influencia de los fenómenos naturales o extremos

A efectos de este Informe, las interrupciones se clasifican como sigue:

- Interrupciones previstas: interrupciones para corregir fallos no catastróficos, cuya ocurrencia en algún momento puede estar planeada, y que pueden tolerarse durante periodos de tiempo relativamente cortos (por ejemplo averías del equipo, desvanecimientos de propagación), o bien interrupciones establecidas de antemano que se sabe que ocurren en momentos específicos (por ejemplo, ciertos tipos de mantenimiento preventivo del equipo, interferencia de origen solar en las estaciones terrenas costeras).
- Interrupciones imprevistas: ——— interrupciones cuya ocurrencia o duración no puede predecirse y que podrían originar suspensiones prolongadas (por ejemplo, desastres naturales, como terremotos, vientos fuertes o condiciones del mar excepcionalmente violentas y efectos de bloqueo natural como el efecto de pantalla de las montañas).

En las estaciones terrenas costeras y en las estaciones terrenas de barco, se considera que deben excluirse del estudio de disponibilidad las interrupciones debidas a circunstancias imprevistas y tenerse en cuenta únicamente las interrupciones previstas. Además en cuanto al equipo de la estación terrena de barco, no se consideran las siguientes interrupciones previstas:

2.5.1 *Interrupciones debidas a la interferencia del Sol*

En las estaciones fijas terrenas pueden predecirse cortes debidos al ruido excesivo en el trayecto descendente cuando el Sol pasa por el haz de la antena; aunque la duración de los cortes dependerá de la ubicación de cada estación, se producirán degradaciones de unos 30 min durante 3 o 4 días dos veces al año. Por consiguiente, pueden reducirse al mínimo los efectos negativos en el servicio transfiriendo el tráfico a rutas alternativas. En las estaciones móviles, como estaciones terrenas de barco, la ocurrencia de interferencia del Sol dependerá de la ruta del barco que varía según los barcos, por lo que es un fenómeno que algunos barcos pueden experimentar varias veces en el transcurso de un año. La duración de la interferencia sería mayor que para las estaciones costeras debido a la anchura relativamente grande del haz de la antena del barco, pese a que la degradación de la temperatura de ruido del receptor sería menos grave.

2.5.2 *Interrupciones debidas a condiciones meteorológicas rigurosas*

El equipo normal de las estaciones terrenas de barco está diseñado para soportar condiciones ambientales rigurosas, como variaciones de temperatura, humedad, precipitaciones, viento y movimientos del barco; las condiciones típicas se exponen en el documento "Technical Requirements for INMARSAT Standard-A ship earth stations" [INMARSAT, 1988, issue 3]. Aunque el equipo de cubierta se protege adicionalmente con un radomo, algunas veces la mayoría de los barcos encuentran condiciones climatológicas en las que el equipo no puede funcionar, por ejemplo, imposibilidad de mantener la puntería de antena debido a condiciones de mar gruesa. Se considera, por tanto, que dichas interrupciones no deben incluirse en la evaluación de la disponibilidad del terminal de barco aunque debe procurarse que los fabricantes de equipo y los planificadores de sistema no pierdan interés en el estudio de procedimientos para mantener en funcionamiento el terminal de barco en condiciones extremas.

2.5.3 *Interrupciones debidas al bloqueo de la antena*

Pese a que debe alentarse a los propietarios y fabricantes de barcos a instalar estaciones terrenas de barco en lugares en que sea mínima la probabilidad de bloqueo de antena, no en todos los casos puede haber un lugar disponible. Se propone, por consiguiente, que se excluyan estas interrupciones de los criterios de disponibilidad.

2.6 *Medición de la disponibilidad del circuito*

Habida cuenta de las excepciones expuestas en el punto 2.5 anterior, debe utilizarse la siguiente fórmula para medir la disponibilidad del circuito de radiocomunicaciones en el servicio móvil marítimo por satélite:

$$A = \frac{T_s - (T_{sar} + T_1 + T_2 + T_{cos} + T_{bar} + T_{aux})}{T_s} \times 100 \quad (\%)$$

en donde:

T_v : tiempo de funcionamiento previsto;

T_{sat} : tiempo acumulado de interrupciones del circuito debidas a fallos del satélite;

T_1 : tiempo acumulado de interrupciones del circuito atribuibles a factores en el trayecto radioeléctrico costera-barco

(es decir: $T_1 = T_{cos\ sat} + T_{sat\ bar}$,

en donde $T_{cos\ sat}$ se refiere al enlace costera-satélite, y

$T_{sat\ bar}$ se refiere al enlace satélite-barco);

T_2 : tiempo acumulado de interrupciones del circuito atribuibles a factores en el trayecto radioeléctrico barco-costera

(por ejemplo: $T_2 = T_{bar\ sat} + T_{sat\ cos}$,

en donde $T_{bar\ sat}$ se refiere al enlace barco-satélite, y

$T_{sat\ cos}$ se refiere al enlace satélite-costera);

T_{cos} : tiempo acumulado de interrupciones del circuito causadas por fallos del equipo de la estación costera y del sistema de comunicaciones conexas;

T_{bar} : tiempo acumulado de interrupciones del circuito causadas por fallos del equipo terminal del barco y del sistema de comunicaciones conexas;

T_{aux} : tiempo acumulado de interrupciones del circuito causadas por fallos de funciones auxiliares en estaciones terrenas de control separadas.

En el caso de que se produzcan simultáneamente dos o más interrupciones sólo se tendrá en cuenta la interrupción de mayor duración.

3. Evaluación de los objetivos de disponibilidad

3.1 Sector espacial

La disponibilidad real del segmento espacial INMARSAT para el servicio móvil marítimo por satélite puede evaluarse a partir de la experiencia obtenida con las prestaciones de satélites operacionales y de reserva. En 1988, la disponibilidad del segmento espacial INMARSAT en las tres regiones oceánicas (Atlántico, Pacífico e Indico) fue del 100%. En el periodo operacional de 1982 a 1988, la disponibilidad global en las tres regiones fue del 99,995%, siendo del 99,990% en el Atlántico, del 99,995% en el Indico y del 99,998% en el Pacífico. El nivel de disponibilidad se mantuvo elevado debido sobre todo a las medidas descritas en el § 2.1 y a las rápidas acciones correctivas del Centro de Control de Operaciones.

3.2 Equipo de la estación terrena

Los criterios de disponibilidad de las estaciones terrenas costeras, pueden deducirse de la experiencia adquirida con las estaciones terrenas del servicio fijo por satélite y pueden, por consiguiente, definirse fácilmente. Sin embargo, los criterios de disponibilidad relativos a las estaciones terrenas de barco no pueden deducirse con tanta exactitud por las siguientes razones:

- la calidad de funcionamiento de las estaciones terrenas de barco de INMARSAT no está bajo control directo de las administraciones y no puede controlarse permanentemente durante largos periodos de tiempo;
- comparadas con las estaciones terrenas costeras de INMARSAT las condiciones ambientales para la explotación de las estaciones terrenas de barco son mucho más rigurosas, estando limitadas las facilidades de que se dispone en los barcos en el mar para reparación y mantenimiento; además, tanto las condiciones ambientales como las facilidades de mantenimiento variarán según los barcos.

Debe tenerse en cuenta las funciones respectivas de los operadores de la estación terrena costera y de los usuarios de la estación terrena de barco; una interrupción en la estación terrena costera, provocará la pérdida del servicio para un número considerable de barcos, en tanto que una interrupción de una estación terrena de barco, por lo general, solo afectará a ese barco. Por ello, en teoría, los objetivos de disponibilidad de las estaciones costeras ha de ser superior a la de las estaciones terrenas de barco.

Las funciones auxiliares que facilitan las estaciones de control afectarán a todas las estaciones terrenas costeras y a los barcos de la zona de cobertura y por ello una interrupción puede llevar a la completa desorganización del sistema. Por consiguiente, los objetivos de disponibilidad de esas funciones habrán de ser elevados.

3.2.1 Estaciones terrenas costeras

Actualmente hay veinte estaciones terrenas costeras en el sistema INMARSAT, cuya disponibilidad para la provisión de circuitos vía satélite osciló, en 1988, entre el 98,43% y el 100%.

3.2.2 *Estaciones terrenas de barco*

Las averías en el equipo terminal del barco pueden presentarse en cualquier momento y sería arriesgado presumir que en los barcos se dispondrá de suficientes componentes de repuesto y conocimientos de mantenimiento para hacer frente a todas las eventualidades en el mar. Los criterios de disponibilidad deben por tanto tener en cuenta la prolongación de las interrupciones debida al fondeo de un barco en un puerto para efectuar reparaciones, y una estimación de la media de la duración de la interrupción incluido el tiempo para llegar a puerto daría una cifra de unos tres días (conviene tener en cuenta que esta cifra depende en gran medida de la organización del mantenimiento). Esta cifra puede considerarse equivalente al MTTR de la fórmula de A' del punto 2.1.

Las consideraciones anteriores se aplican a una estación terrena de barco de norma A que cumpla los requisitos expuestos en el documento "Technical Requirements for INMARSAT Standard-A ship earth stations" [INMARSAT, 1988, Issue 3]. No se dispone aún de datos para la calidad de funcionamiento de otras normas de INMARSAT.

Algunos estudios realizados por compañías navieras indican que en pruebas realizadas durante 12 meses, los valores reales del MTBF para modelos viejos de estaciones terrenas de barco estaban comprendidos entre 4.000 y 9.000 horas. Pruebas realizadas con un grupo de estaciones terrenas de barco más modernas arrojan valores de MTBF comprendidos entre 11.000 y 13.000 horas.

Un objetivo razonable de MTBF de las estaciones terrenas de barco sería de 10.000 horas, que es compatible con los diseños actuales y futuros de los equipos. El objetivo de disponibilidad correspondiente se mantendría a un nivel superior al 99%.

3.2.3 Estaciones de coordinación de la red

El servicio móvil marítimo por satélite exige la provisión de funciones auxiliares con fines de coordinación de red, tales como control de potencia, control de frecuencia y funciones de asignación de canales. Estas funciones se proporcionan en las estaciones de coordinación de la red en todas las regiones oceánicas. Para toda función esencial, cuya pérdida afecte negativamente al funcionamiento de toda la red, debe establecerse un objetivo de disponibilidad muy alto, por ejemplo, un 99,999%. Ese objetivo puede conseguirse con dos estaciones como mínimo por zona de cobertura, capaces de realizar las funciones auxiliares críticas, y que tengan por separado una disponibilidad del orden del 99,95%.

En 1988, la disponibilidad de las estaciones de coordinación de la red que realizan funciones esenciales de coordinación y de procesamiento prioritario de llamadas de socorro del sistema INMARSAT fue de:

-	en la región del Océano Atlántico	99,977%
-	en la región del Océano Pacífico	99,979%
-	en la región del Océano Índico	99,982%

Los altos objetivos de disponibilidad conseguidos son necesarios para evitar la interrupción total del sistema, que podría provocar una pérdida de servicio en un número considerable de barcos.

3.3 Red de satélite

En telefonía,

para que el canal deje de estar disponible, sería necesaria una potencia de ruido de 10^6 pW0p (véase el punto 2.2.1) que, según el Informe 752, requeriría un desvanecimiento en el trayecto radioeléctrico de 5-6 dB.

Consideraciones semejantes se aplicarían a telegrafía.

3.3.1 *Trayecto costera-barco*

3.3.1.1 *Consideraciones generales*

El trayecto radioeléctrico costera-barco, comprende un enlace costera-satélite (que en este caso se supone establecido en la banda de frecuencias de 6 GHz) y un enlace satélite-barco (1,5 GHz). El más crítico de éstos es el enlace en 1,5 GHz con los barcos, en el que probablemente la potencia del satélite sea el factor más limitativo y, por ello, no sea posible un margen elevado de protección contra los desvanecimientos.

3.3.1.2 *Enlace ascendente*

En el enlace ascendente a 6 GHz, con un margen de unos 2 dB podría conseguirse el objetivo de funcionamiento requerido en condiciones de desvanecimiento para el 99,99% del tiempo con un ángulo de elevación de 5° ; el margen real para el desvanecimiento del trayecto ascendente necesario en cada estación terrena costera dependerá de las condiciones climáticas del lugar. Para que el circuito no esté disponible se necesitaría un desvanecimiento de 5-6 dB en el enlace ascendente; el correspondiente porcentaje de tiempo en el que se aplicaría dicho desvanecimiento se estima inferior al 0,005%, incluso en las condiciones de propagación más desfavorables, lo que corresponde a una disponibilidad del 99,995%. Controlando la potencia del trayecto ascendente en las estaciones costeras, podría mejorarse la calidad de funcionamiento y disponibilidad del enlace.

3.3.1.3 *Enlace descendente*

En el enlace satélite-barco en 1,5 GHz, el desvanecimiento se debe fundamentalmente a las reflexiones por trayectos múltiples. En el caso más desfavorable que según se define en este documento se presenta al borde de la zona del servicio del satélite, (es decir, para un ángulo de elevación de la estación terrena de barco de 5° [INMARSAT, 1988]), las estadísticas de desvanecimiento indican que se tendrá un desvanecimiento de 4-5 dB durante el 1% del tiempo, por lo que el porcentaje de tiempo aplicable a un desvanecimiento de 5-6 dB sería algo inferior al 1%.

3.3.1.4 *Caso más desfavorable* (caso de un barco con un ángulo de elevación de 5°).

Habida cuenta de la escasa contribución del enlace costera-satélite en 6 GHz y considerando los efectos de interferencia tanto en el enlace costera-satélite como en el de satélite-barco, sería razonable un objetivo de disponibilidad del 99%.

3.3.1.5 *Caso general* (caso de un barco que navega en regiones en que los efectos de trayectos múltiples son insignificantes). La duración de la interrupción debida al desvanecimiento es despreciable en este caso.

3.3.2 *Trayecto barco-costera*

El trayecto radioeléctrico barco-costera comprende un enlace barco-satélite (1,6 GHz) y un enlace satélite-costera (que se supone en 4 GHz). El desvanecimiento por trayectos múltiples será también en este caso el efecto dominante y según lo expuesto en el punto 3.3.1, la disponibilidad en las condiciones del caso más desfavorable será del orden del 99% pero en el caso general la duración de la interrupción será despreciable.

Para mejorar la disponibilidad para la telegrafía, la estación de coordinación de la red (ECR) (o la estación terrena costera) puede utilizar una segunda MDT a la que se conmuta el tráfico procedente de la MDT-1 cuando se consideran excesivas las interrupciones de los servicios. Esta mejora no sería aplicable a estaciones terrenas de barco que tengan una limitada capacidad de sintonización de MDT. Sin embargo, sólo hay en servicio un pequeño número de estos modelos.

3.4 *Objetivos de disponibilidad de los circuitos*

La disponibilidad de los circuitos de telecomunicación (A) del servicio móvil marítimo por satélite, puede formularse como se indica en el § 2.6 en _____ en función del porcentaje de la duración de la interrupción ($D = 100 - A$), como sigue:

$$A = \frac{T_s - (T_{sat} + T_{bar} + T_{cos} + T_{aux} + T_1 + T_2)}{T_s} \times 100 \quad (\%)$$

$$= 100 - D_{sat} - D_{bar} - D_{cos} - D_{aux} - D_1 - D_2 \quad (\%)$$

Por lo que respecta a D_1 u D_2 , según se expone en el punto 3.3, esas interrupciones se deben fundamentalmente a los efectos de desvanecimiento por trayectos múltiples en los enlaces satélite-barco y barco-satélite, respectivamente. Existe una relación entre los desvanecimientos de estos enlaces en 1,5/1,6 GHz, es decir, los efectos se producirán simultáneamente y por ello sólo se tendrá en cuenta la interrupción de mayor duración. Esto puede expresarse mediante $D_{1,2}$.

De lo expuesto en este punto y en los anteriores, puede deducirse que los valores relativos a la duración de las interrupciones en los distintos componentes del circuito de telecomunicaciones, son los que figuran en el cuadro I. La disponibilidad de todo el circuito es, por tanto, aproximadamente el 99% en el caso general y 98% en el caso más desfavorable. Si se tiene en cuenta el tiempo que los barcos pasan en puerto y en el que no se les permite transmitir, la disponibilidad se mejoraría considerablemente.

CUADRO I — *Tiempo de interrupción de las partes componentes de un circuito de telecomunicaciones del servicio móvil marítimo por satélite*

Símbolo	Parte componente	Duración de la interrupción (%)	Notas
D_{sat}	Sector espacial	0,001	
$D_{costera}$	Equipo de la estación terrena costera	0,1	
D_{barco}	Equipo de la estación terrena de barco	1	(1)(2)(3)
D_{aux}	Funciones auxiliares	0,05	(4)
$D_{1,2}$	Trayectos radioeléctricos	Caso general: 0 Caso más desfavorable: 1	
D_{total}	Tiempo total de interrupción del circuito	Caso general: 1,15 Caso más desfavorable: 2,15	

(1) Se supone que puede mantenerse la puntería de la antena del terminal del barco.

(2) No se toma en consideración el tiempo que el barco está en el puerto de un territorio en que su uso puede estar prohibido.

(3) Se supone una estación terrena de barco de norma A, con una relación G/T de $-4 \text{ dB}(K^{-1})$.

(4) Si se dispone de dos ECR en una zona de cobertura, el tiempo de interrupción efectivo será 0,001% (véase el § 3.2.3).



3.5 Disponibilidad del sistema de prioridad tres de INMARSAT para alerta de socorro

La disponibilidad de acceso ininterrumpido a los servicios de salvamento para transmitir un mensaje de socorro barco-costera en el sistema de prioridad 3 de la norma A de INMARSAT durante un año civil (1986), se calcula como sigue:

$$A_{as}(\%) = A_{cs}(\%) + A_{etb}(\%) + A_{inm}(\%) - 200(\%)$$

donde:

$A_{cs}(\%)$ - disponibilidad de una línea terrestre y de su extremo terminal en el Centro de Coordinación de Salvamento

$A_{etb}(\%)$ - disponibilidad de la unidad de función de socorro de la estación terrena de barco

$A_{inm}(\%)$ - disponibilidad del sistema de prioridad 3 de INMARSAT

La disponibilidad de cada una de las partes se calcula por la fórmula:

$$A(\%) = \frac{T_s - T_c}{T_s} \times 100(\%)$$

donde

T_s - 31.536.000 segundos; tiempo de funcionamiento previsto en un año.

T_c - tiempo de corte que probablemente producirá una interrupción del acceso de los barcos a los servicios de salvamento.

3.5.1 Parte componente de los servicios de salvamento

Los Centros de Coordinación de Salvamento (CCS) asociados con las ETC disponen de líneas dedicadas y de terminales dedicados, proporcionando una disponibilidad de acceso prácticamente del 100%.

En el caso improbable de tener que tratar dos o más llamadas simultáneas barco-CCS, de prioridad 3, las demás llamadas de prioridad 3 se encaminan al CCS a través de líneas alternativas, y si todas estas facilidades terrenales no permiten establecer las conexiones, el mensaje y la llamada de socorro se encaminan al personal de la estación terrena costera. Por lo tanto, la pérdida de una llamada de alerta de socorro que está siendo procesada por una estación terrena costera es muy poco probable.

3.5.2 Parte componente de la estación terrena de barco

La parte A de las directrices de instalación y diseño de INMARSAT basadas en los requisitos de la OMI para el equipo de barco del SMSSM, implica que debe de tener unas características de funcionamiento altamente fiables, proporcionando una disponibilidad de casi el 100% para alerta de socorro.

3.5.3 Parte componente de INMARSAT

$$A_{inm}(\%) = \frac{T_s - T_{se} - T_{ecr} - T_{red}}{T_s} \times 100(\%)$$

donde

- T_s - tiempo de funcionamiento previsto en un año civil;
- T_{se} - tiempo total de los cortes en el sector espacial;
- T_{ecr} - tiempo total de los cortes en la estación de coordinación de la red y la estación terrena costera que comparte su ubicación;
- T_{red} - tiempo total de los cortes en los canales de satélite.

Como se ha indicado antes, en la disponibilidad de las partes componentes intervienen muchos factores que dependen del tiempo y las ubicaciones.

En 1988, la disponibilidad de las partes componentes fue la siguiente:

	$A_{se}(\%)$	$A_{ecr}(\%)$	$A_{red}(\%)$	$A_{inm}(\%)$
ROA	100	99,977	99,997	99,974
ROI	100	99,982	100	99,982
ROP	100	99,979	100	99,979

Disponibilidad promedio global en las tres regiones: 99,978%

En el periodo de 1982 a 1988, la disponibilidad de las partes componentes fue la siguiente:

	$A_{se}(\%)$	$A_{ecr}(\%)$	$A_{red}(\%)$	$A_{inm}(\%)$
ROA	99,990	99,977	99,961	99,928
ROI	99,995	99,982	99,984	99,961
ROP	99,998	99,979	99,987	99,964

Disponibilidad promedio global en las tres regiones: 99,951%

Conclusiones

En este Informe se han considerado las medidas de explotación e ingeniería que ha tomado INMARSAT para asegurar la alta disponibilidad de los circuitos de radiocomunicaciones de servicio móvil marítimo por satélite. Se han utilizado los resultados obtenidos en el periodo 1982-1988 para apoyar dichas consideraciones. En las comunicaciones generales, parece posible conseguir objetivos de disponibilidad del 99,90% para las estaciones terrenas costeras, del 99,95% para las estaciones de coordinación de la red, del 99,99% para el sector espacial y del 99% para las estaciones terrenas de barco. En la práctica ha podido obtenerse cumplidamente un objetivo de disponibilidad del 99,99% para alerta de socorro barco-costera en télex, valor apreciablemente mayor que el determinado por consideraciones teóricas anteriores.