

**UIT-R**

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R F.1487**  
(05/2000)

**Pruebas para módems en ondas  
decamétricas con anchuras de banda  
de hasta unos 12 kHz utilizando  
simuladores de canales ionosféricos**

**Serie F**  
**Servicio fijo**



## Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

### Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

#### Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión sonora
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	<b>Servicio fijo</b>
<b>M</b>	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radio astronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	Vocabulario y cuestiones afines

*Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.*

Publicación electrónica  
Ginebra, 2010

© UIT 2010

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## RECOMENDACIÓN UIT-R F.1487\*, \*\*

**PRUEBAS PARA MÓDEMS EN ONDAS DECAMÉTRICAS CON ANCHURAS DE BANDA DE HASTA UNOS 12 kHz UTILIZANDO SIMULADORES DE CANALES IONOSFÉRICOS**

(2000)

**Cometido**

La presente Recomendación describe un método de pruebas para módems de transmisión ionosférica en ondas decamétricas en sistemas con anchuras de banda de hasta unos 12 kHz, y, además, un método para efectuar pruebas comparativas y cuantitativas de módems en ondas decamétricas.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que las radiocomunicaciones ionosféricas en la banda de ondas decamétricas es un medio de transmisión eficaz desde el punto de vista económico para muchos servicios que requieren funcionamiento más allá de la línea de visibilidad directa;
- b) que la simulación de canales de propagación ionosféricos podría reducir el tiempo y los gastos empleados en el estudio y comprobación del comportamiento de tales sistemas de servicios;
- c) que algunas administraciones han comunicado que existe una buena correlación entre los resultados de las pruebas realizadas en laboratorio con simuladores y los correspondientes resultados de las pruebas efectuadas durante el funcionamiento de los módems de datos,

*recomienda*

- 1 que para simular las transmisiones ionosféricas en ondas decamétricas en sistemas de hasta unos 12 kHz, se utilicen preferentemente los métodos descritos en el Anexo 1;
- 2 que se utilice el método descrito en el Anexo 2 para efectuar pruebas comparativas de los módems en ondas decamétricas;
- 3 que cuando se utilicen simuladores para predecir, en términos cuantitativos, el comportamiento que puede esperarse de un determinado módem en circuitos por ondas decamétricas, se consideren de forma provisional los parámetros de canal representativos indicados en el Anexo 3.

## ANEXO 1

**Simuladores de canales ionosféricos en ondas decamétricas****1 Introducción**

La propagación por trayectos múltiples y el desvanecimiento son características típicas de las radiocomunicaciones ionosféricas en ondas decamétricas. De ordinario, la señal transmitida se propaga hacia el receptor por diversos modos o trayectos, mediante una o varias reflexiones en las capas E y F de la ionosfera. Como los tiempos de propagación difieren según los trayectos, la señal en la antena receptora puede consistir en varias componentes de trayectos múltiples dispersas en el tiempo a lo largo de un intervalo de hasta varios milisegundos. La altura media de las capas ionosféricas suele aumentar o disminuir según la hora, con lo que se producen distintos desplazamientos de frecuencia (efecto Doppler) en cada una de las componentes de los trayectos múltiples. La ionosfera también presenta turbulencias, lo que causa dispersión por efecto Doppler (desvanecimiento) en cada componente, y un desvanecimiento resultante de la señal compuesta recibida. Todos estos efectos producen una distorsión multiplicativa de la señal y degradan la calidad de funcionamiento de los sistemas de telecomunicaciones.

---

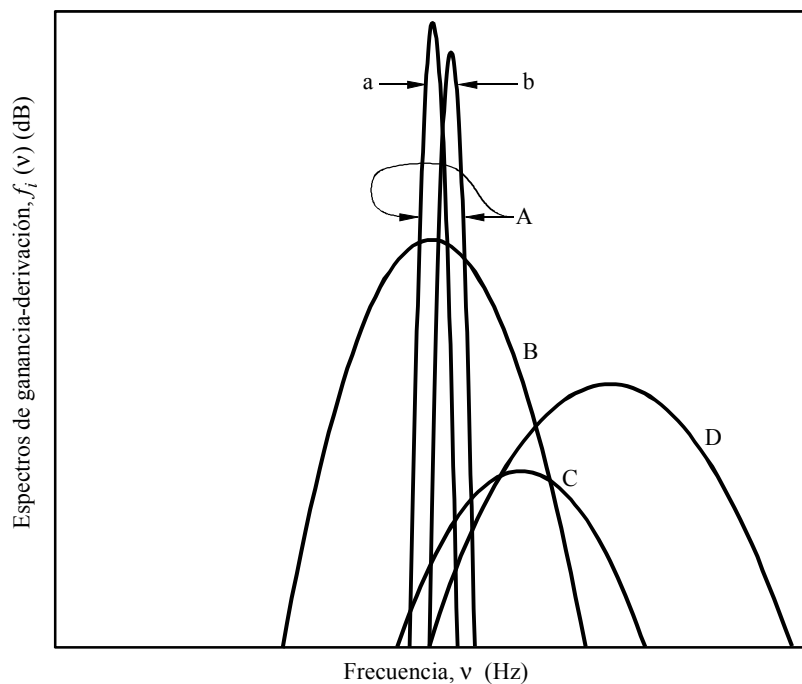
\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 3 (Grupo de Trabajo (GT) 3L) y 8 (GT 8B) de Radiocomunicaciones.

\*\* La Comisión de Estudio 5 de Radiocomunicaciones efectuó cambios de redacción en la presente Recomendación en diciembre de 2009, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

Si se transmite una señal de onda continua por un enlace en ondas decamétricas, los espectros de las componentes multitrayecto recibidas pueden tomar la forma que muestra la Fig. 1. Se observan cuatro trayectos: modo E de un salto (1E), modo F de un salto (1F), modo F de dos saltos (2F) y un modo mixto (por ejemplo, 1E + 1F). Aunque las dos componentes magnetoiónicas (a y b) en el modo 1E tienen aproximadamente la misma dispersión de frecuencia (tasas de desvanecimiento), sus desplazamientos de frecuencia son muy distintos, lo que permite la resolución en frecuencia. En cada uno de los tres modos restantes, las componentes magnetoiónicas tienen prácticamente las mismas dispersiones y desplazamientos y se presentan como una sola. Las características de distorsión multiplicativa de corta duración en el canal de ondas decamétricas pueden describirse en función de los parámetros que especifican las características de pérdidas de señal, dispersión en el tiempo y dispersión de frecuencia; es decir, los diferentes tiempos de propagación en los distintos trayectos y las intensidades de señal, desplazamientos de frecuencia y dispersiones de frecuencia en cada uno de ellos. Estos parámetros están sometidos a cambios según la hora del día y la estación del año y, en general, son diferentes según el circuito geográfico.

FIGURA 1

**Ejemplo de espectros de potencia para las componentes multitrayecto de una señal de onda continua**



- A: Trayecto 1 (modo 1E, a y b representan división magnetoiónica)
- B: Trayecto 2 (modo 1F)
- C: Trayecto 3 (modo mixto)
- D: Trayecto 4 (modo 2F)

1487-01

Para comparar la calidad de funcionamiento de dos o más sistemas en enlaces de ondas decamétricas reales, debe comprobarse su funcionamiento simultáneamente puesto que las condiciones de propagación o del canal están sujetas a variaciones incontrolables y no se pueden reproducir a otras horas o en otros enlaces. La utilización de un simulador de canal ofrece precisión, regularidad de funcionamiento, repetibilidad, disponibilidad, amplia gama de condiciones de canal y un coste más bajo. Sin embargo, estas ventajas quedan limitadas si no es válido el modelo de canal en que se basa el diseño del simulador. La presente Recomendación describe un modelo estacionario de canal en ondas decamétricas con dispersión gaussiana. Es válido para su utilización en canales de 3 kHz y puede aplicarse a anchuras de banda de hasta 12 kHz de amplitud. Una realización práctica de este modelo puede funcionar en frecuencias de banda base (audio) y, por consiguiente, actuar directamente a la salida de un módem transmisor en ondas decamétricas y proporcionar señales directamente al módem receptor en ondas decamétricas. No obstante, cuando se considera el comportamiento de los sistemas en ondas decamétricas debe tenerse siempre en cuenta el efecto de otros componentes del sistema (por ejemplo, filtros de transmisión y recepción y nivel o control de ganancia).

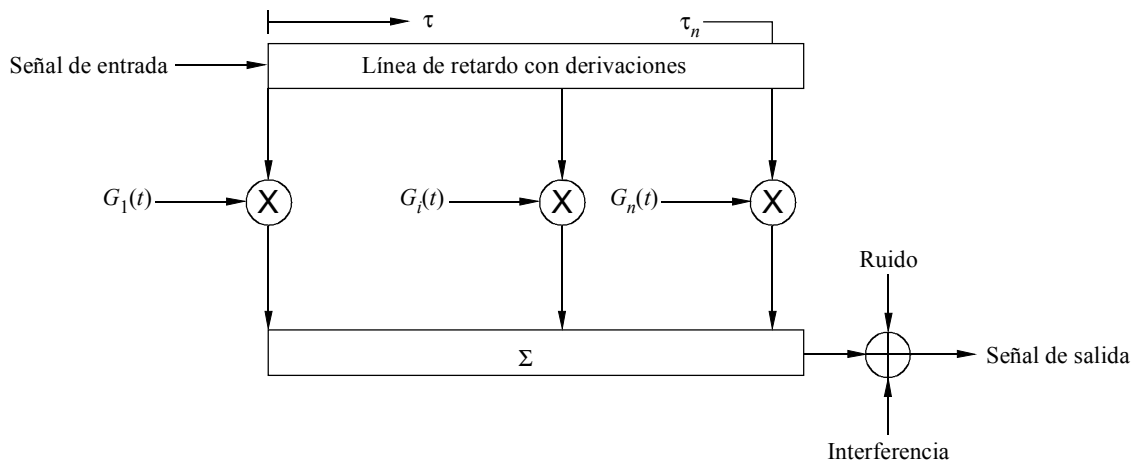
2 Modelo de dispersión gaussiana

En la Fig. 2 aparece un diagrama de bloques del modelo estacionario de canal ionosférico en ondas decamétricas con dispersión gaussiana. Se conoce normalmente como modelo de Watterson. La señal de entrada (transmitida) se aplica a una línea de retardo ideal y pasa a varias derivaciones ajustables, numeradas 1, 2, ...,  $i$ , ...,  $n$ , cada una de las cuales corresponde a un modo o trayecto de propagación ionosférica. En cada derivación, la señal retardada se modula en amplitud y fase mediante la adecuada función de ganancia-derivación compleja aleatoria,  $G_i(t)$ . Las señales retardadas y moduladas se suman con ruido aditivo (gaussiano, atmosférico y/o artificial) y/o con la interferencia (señales no deseadas), para formar la señal de salida (recibida). En el modelo de canal de dispersión gaussiana, cada función de ganancia-derivación se define mediante la siguiente expresión:

$$G_i(t) = \tilde{G}_{ia}(t) \exp(j 2\pi v_{ia}t) + \tilde{G}_{ib}(t) \exp(j 2\pi v_{ib}t) \tag{1}$$

donde los subíndices  $a$  y  $b$  indican las dos componentes magnetoiónicas que suelen encontrarse en cada modo o trayecto. Las tildes indican que  $\tilde{G}_{ia}(t)$  y  $\tilde{G}_{ib}(t)$  son funciones muestra de dos complejos (bivariantes) e independientes procesos aleatorios gaussianos, ergódicos, cada uno de los cuales presenta un valor medio igual a cero y componentes reales e imaginarias independientes de igual valor eficaz que producen el desvanecimiento de Rayleigh (es decir, que son funciones de dispersión gaussiana). Se incluyen los factores exponenciales de la ecuación (1) para obtener los desplazamientos de frecuencia (Doppler) deseados,  $v_{ia}$  y  $v_{ib}$ , para las componentes magnetoiónicas en el espectro de ganancia-derivación.

FIGURA 2  
Diagrama de bloques del modelo de canal ionosférico en ondas decamétricas



1487-02

Cada función de ganancia-derivación tiene un espectro de potencia,  $f_i(v)$ , que generalmente consiste en la suma de las dos componentes magnetoiónicas, cada una de las cuales es una función gaussiana de la frecuencia,  $v$ , especificada de la forma siguiente:

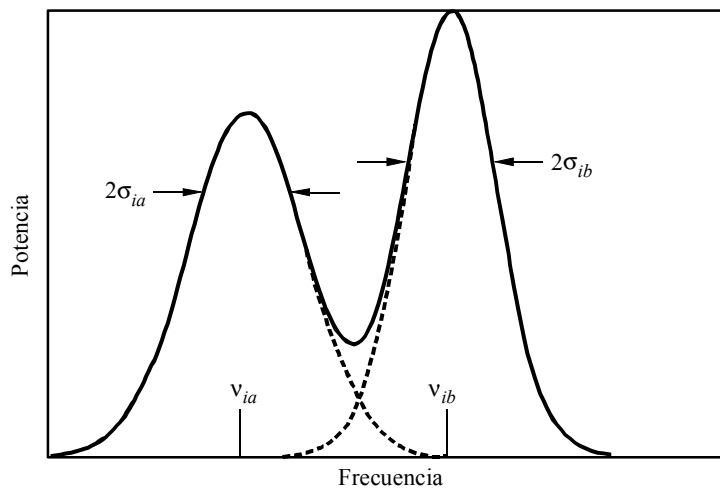
$$f_i(v) = \frac{1}{\tilde{A}_{ia} \sigma_{ia} \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(v - v_{ia})^2}{2\sigma_{ia}^2}\right] + \frac{1}{\tilde{A}_{ib} \sigma_{ib} \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(v - v_{ib})^2}{2\sigma_{ib}^2}\right] \tag{2}$$

donde  $\tilde{A}_{ia}$  y  $\tilde{A}_{ib}$  son las atenuaciones de las componentes, y la dispersión de frecuencia de cada componente está determinada por  $2\sigma_{ia}$  y  $2\sigma_{ib}$ . La ecuación (2) se ilustra en la Fig. 3a). Son seis los parámetros independientes que determinan una función de ganancia-derivación y su espectro: las dos atenuaciones,  $\tilde{A}_{ia}$  y  $\tilde{A}_{ib}$ , los dos desplazamientos de frecuencia  $v_{ia}$  y  $v_{ib}$ , y las dos dispersiones de frecuencia  $2\sigma_{ia}$  y  $2\sigma_{ib}$ .

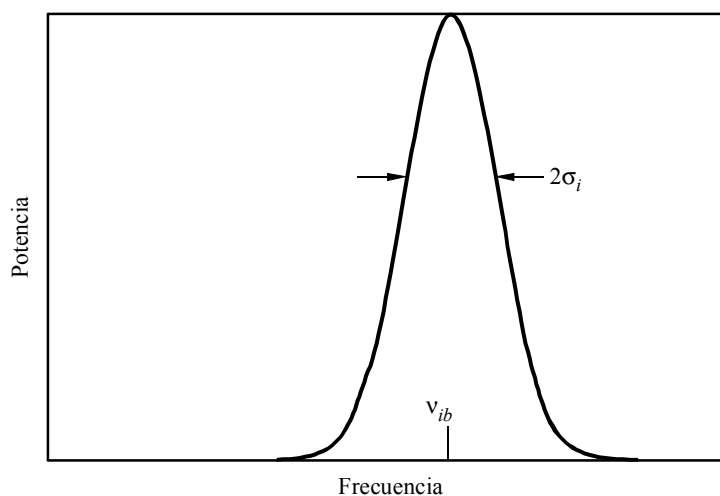
La función de ganancia-derivación que describen las ecuaciones (1) y (2) es general, en el sentido de que se aplica cuando los espectros de las dos componentes magnetoiónicas son muy distintos y cuando la diferencia de sus tiempos de propagación es despreciable. Sólo se requiere uno de los dos términos de las ecuaciones (1) y (2), en los dos casos siguientes:

- cuando los desplazamientos y dispersiones de frecuencia así como los espectros de las dos componentes magnetoiónicas son casi iguales, y puede emplearse un término único con el espectro de ganancia-derivación de la Fig. 3b);
- cuando las dos componentes magnetoiónicas muestran una gran diferencia en los tiempos de propagación. En este caso, deben emplearse derivaciones debidamente espaciadas de la línea de retardo, y cada una de las dos funciones de ganancia-derivación y los espectros correspondientes tendrán también un solo término, como se ilustra en la Fig. 3a).

FIGURA 3  
Espectros de potencia de ganancia-derivación en el modelo de dispersión gaussiana



a) Dos espectros de potencia de dispersión gaussiana



b) Un espectro de potencia de dispersión gaussiana

### 3 Modos especulares

El modelo de dispersión gaussiana puede representar con precisión la mayoría de los típicos enlaces ionosféricos en ondas decamétricas. Una componente especular en modo de onda ionosférica puede simularse fácilmente añadiendo una derivación de retardo sin desvanecimiento con el mismo desplazamiento de frecuencia que el espectro del modo correspondiente. Por consiguiente, en la Fig. 3 las componentes especulares aparecerían como funciones de delta de Dirac en  $\nu_{ia}$ ,  $\nu_{ib}$  y  $\nu_i$ , conforme proceda.

La onda de superficie presente en un enlace corto es esencialmente sin desvanecimiento y también puede representarse mediante una derivación sin desvanecimiento en el retardo de tiempo de grupo apropiado.

### 4 Modelos para canales en ondas decamétricas con más de 12 kHz de anchura de banda

Si bien el modelo de dispersión gaussiana antes indicado ha sido validado para su utilización con canales en ondas decamétricas de 3 kHz, y puede ser adecuado también para canales de hasta 12 kHz de amplitud, en el caso de anchuras de banda mayores (es decir, anchuras de banda ampliadas entre 12 kHz y, aproximadamente, 1 MHz) su empleo ya no es tan adecuado, al menos por dos razones. En primer lugar, la especificación de un modelo para caracterizar tales canales de anchura de banda ampliada ha demostrado ser difícil debido a la falta de información de canal en ese régimen. En segundo lugar, hay escasez de módems de anchura de banda ampliada adecuados para la validación del modelo.

A pesar de las dificultades en la generalización, se contempla una extensión del modelo de canal de 3 kHz, basándose en la creencia de que tal modelo puede ser necesario en un próximo futuro. En consecuencia, se han emprendido estudios para tener en cuenta anchuras de banda de canal superiores a unos 12 kHz utilizando ampliaciones lógicas del actual modelo gaussiano. Aunque la lógica es generalmente defendible, se necesitan más desarrollos y pruebas de validación antes de recomendar un modelo general de canal de anchura de banda ampliada. Para simulaciones de anchura de banda muy amplias este método de ampliación puede que no sea adecuado debido a que las condiciones de canal pueden variar dentro de la anchura de banda de transmisión.

## ANEXO 2

### Prueba comparativa de módems en ondas decamétricas

#### 1 Introducción

La generalidad de la arquitectura del simulador descrita en el Anexo 1 permite simular una amplia gama de condiciones de canal ionosférico en ondas decamétricas. Ello puede ser problemático cuando se necesita realizar una comparación general entre los distintos módems en ondas decamétricas. Este Anexo describe una técnica que utiliza una simulación simplificada de canal en ondas decamétricas para proporcionar de forma gráfica una caracterización completa de la calidad de funcionamiento de los módems en ondas decamétricas.

#### 2 Técnica de caracterización del módem

La técnica de caracterización utiliza una simulación de dos modos de onda ionosférica en ondas decamétricas con desvanecimiento independiente. Se desprecia la división magnetoiónica; es decir, únicamente se utiliza un término de las ecuaciones (1) y (2) del Anexo 1. Ambos modos presentan una atenuación media igual, las mismas dispersiones y desplazamientos por efecto Doppler y están separados por un retardo multitrayecto. La relación  $S/N$  se ajusta añadiendo ruido gaussiano limitado en banda.

Si bien la desviación por efecto Doppler se mantiene fija (normalmente a un valor cero), la calidad de funcionamiento de un módem se mide de acuerdo con un conjunto común de criterios de prueba, tales como los que se especifican en el Cuadro 1. Para medir dicha calidad de funcionamiento del módem se utiliza como parámetro la BER. En cada combinación de dispersión por efecto Doppler/retardo multitrayecto se determina el valor de la  $S/N$  que produce una BER dentro de la gama aceptable (la duración de cada prueba debe determinarse mediante el algoritmo indicado en el § 6 del Anexo 3; tales duraciones de la prueba han demostrado ser satisfactorias en la práctica). Los datos resultantes pueden presentarse en un gráfico tridimensional en el que los ejes ortogonales representan el valor de la  $S/N$  (hasta un máximo valor admitido), la dispersión por efecto Doppler y el retardo multitrayecto. Dentro del espacio tridimensional, el lugar geométrico de los puntos de una BER constante constituye una superficie que indica el comportamiento del módem en la gama de condiciones de canal probadas.

CUADRO 1

## Criterios sugeridos para las pruebas comparativas del módem

Parámetro de entrada	Gama	Incremento
Diferencia de tiempos de propagación debida al efecto multitrayecto (ms)	0-4	0,5
	4-12	1,0
	12-20	2,0
Dispersión por efecto Doppler (Hz)	0,1	No aplicable
	0,5-4,0	0,5
	4-20	2
	20-40	4
Relación $S/N$ (dB)	-10 a 50	1
Gama de BER aceptable <sup>(1)</sup>	$2 \times 10^{-3}$ a $0,5 \times 10^{-3}$	

(1) La gama de BER puede variar para adaptarse a los requisitos de las aplicaciones de usuario.

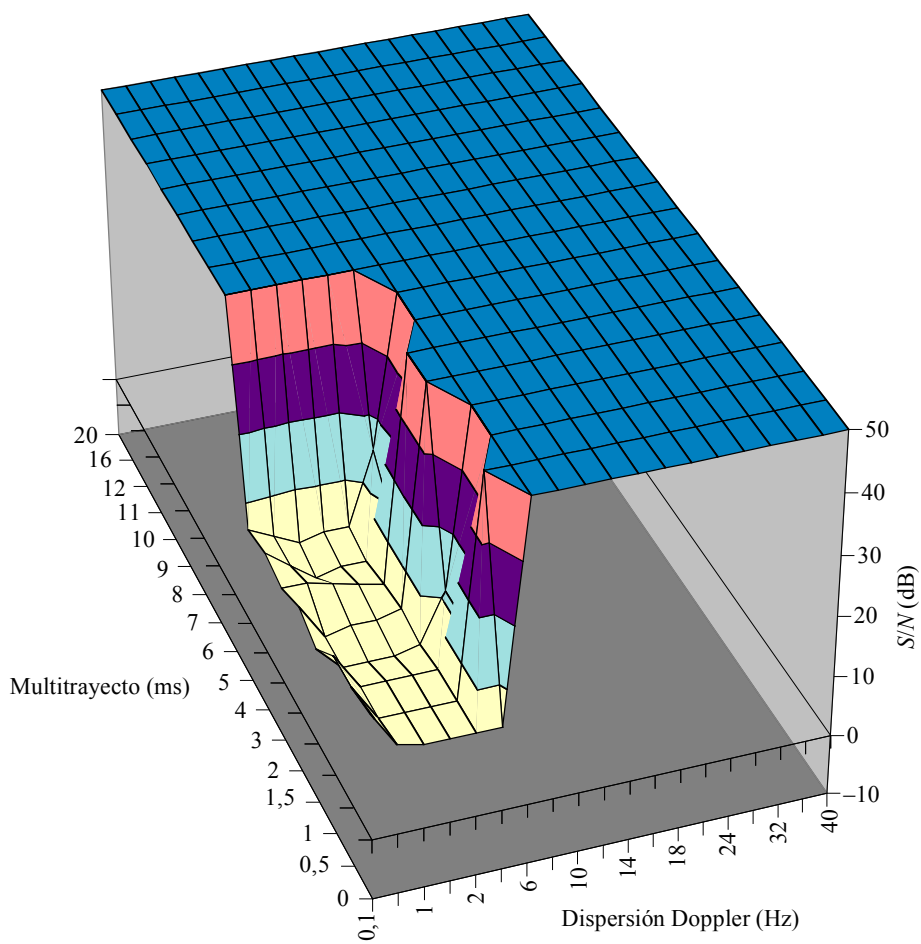
NOTA 1 – La duración de las distintas pruebas debe ajustarse de acuerdo con lo indicado en el § 6 del Anexo 3.

En general, las superficies que describen el comportamiento del módem obtenidas mediante esta técnica presentan una región de funcionamiento de nivel bajo y relativamente uniforme en la cual el módem logra el valor de BER requerido. Esta región valle está rodeada por abruptas pendientes que llegan rápidamente al máximo valor de  $S/N$  utilizado en las simulaciones, produciendo una región meseta en la que el módem no puede alcanzar el criterio de calidad de funcionamiento deseado. Evidentemente, esta última región suele indicar que las dispersiones por efecto Doppler y multitrayecto son tan intensas que un aumento del valor de la  $S/N$  no mejorará el comportamiento.

Las Figs. 4 a 6 muestran una serie de ejemplos de superficies de comportamiento para un módem de tono serie MDP-8 que funciona con velocidades de transmisión de datos de usuario de 2400, 1200 y 300 bit/s. Los gráficos muestran que el módem puede proporcionar un comportamiento estable a lo largo de una gama de condiciones Doppler y multitrayecto, pero una vez alcanzados ciertos límites (por ejemplo, unos 4 Hz y a unos 10 ms para una velocidad de transmisión de datos de 2400 bit/s) el comportamiento del módem se degrada rápidamente. La ampliación de la superficie del valle a medida que disminuye la velocidad de transmisión de datos es un claro ejemplo de cómo puede compararse el comportamiento de los módems en ondas decamétricas utilizando esta técnica. Al informar sobre los resultados de las pruebas del módem es importante señalar todos los ajustes del módem necesarios, pues tanto la velocidad de transmisión de datos como la FEC y el entrelazado pueden tener un efecto muy significativo sobre la BER.



FIGURA 4  
 Ejemplo de superficie de comportamiento para un módem  
 de tono serie MDP-8 a 2 400 bit/s



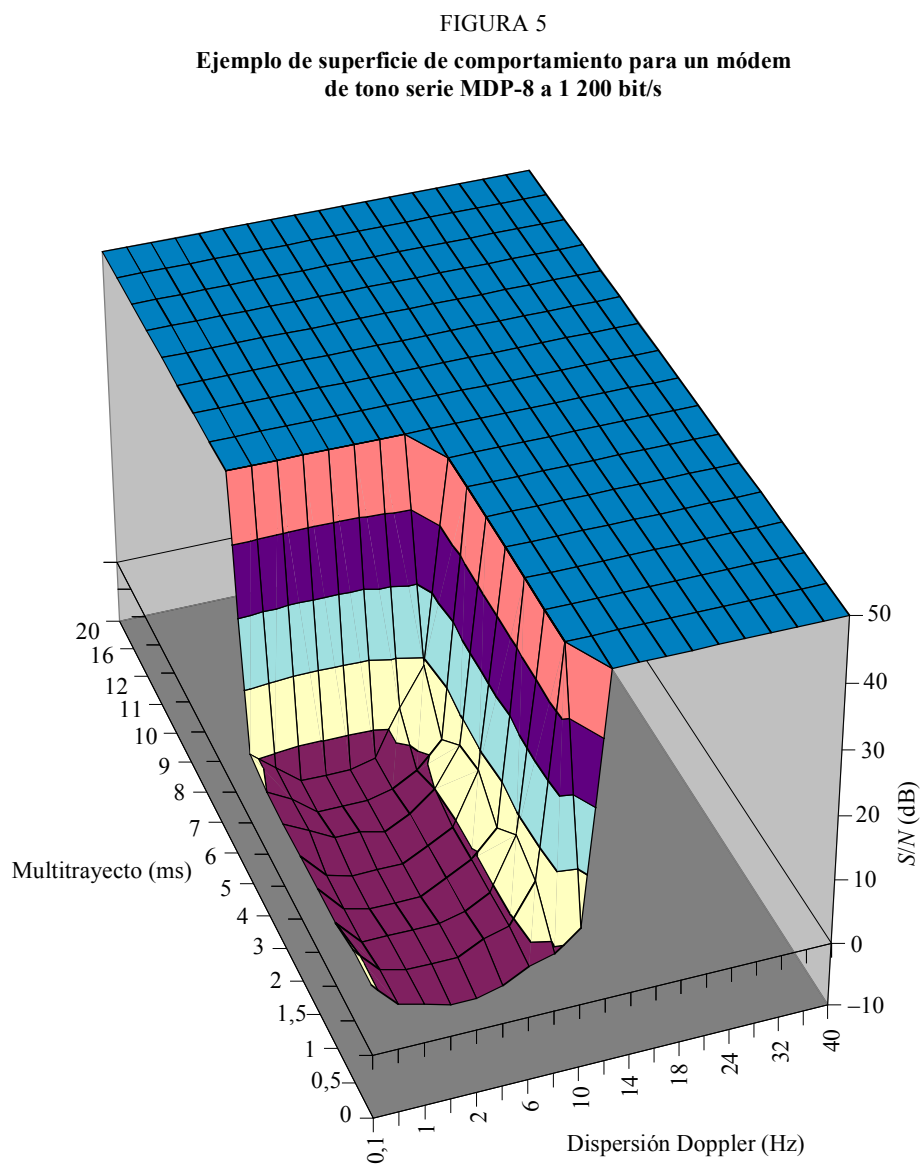
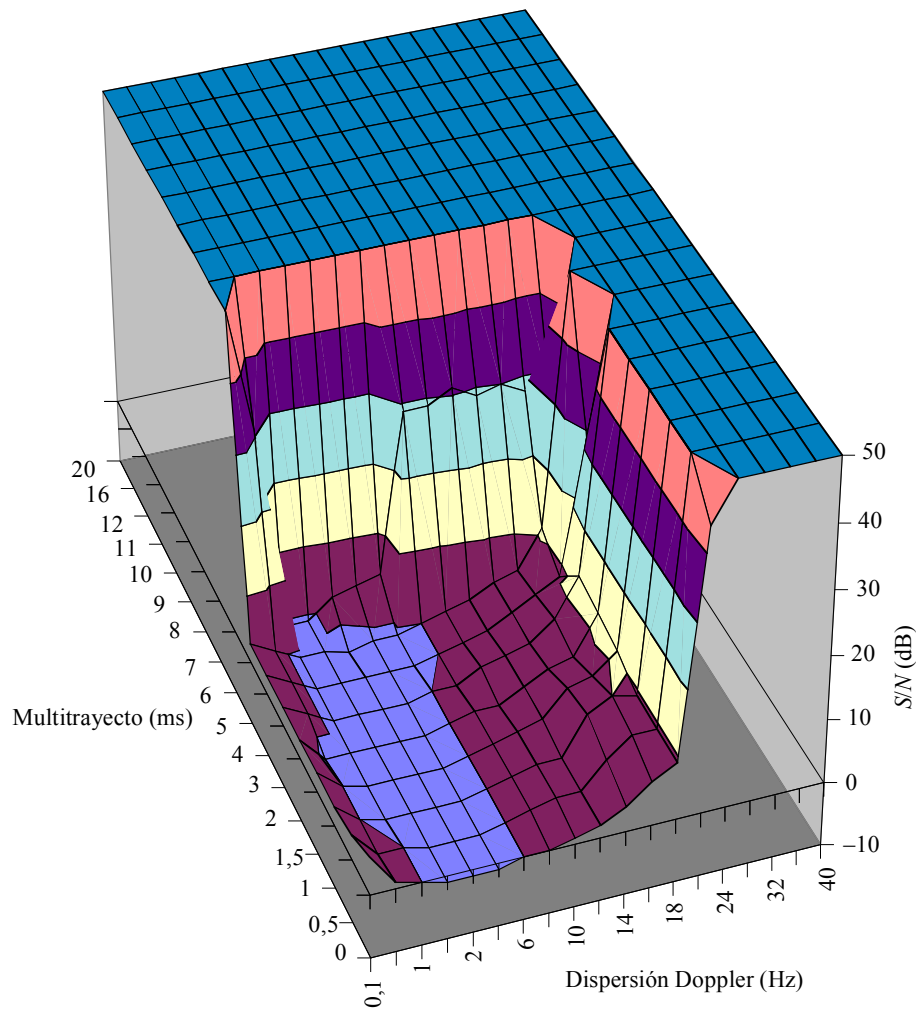


FIGURA 6  
Ejemplo de superficie de comportamiento para un módem  
de tono serie MDP-8 a 300 bit/s



1487-06

### ANEXO 3

## Pruebas cuantitativas de módems en ondas decamétricas

### 1 Combinaciones de parámetros de canal representativos

El comportamiento del módem puede especificarse como la BER en función de la relación  $S/N$  para los trayectos con desvanecimiento independiente, con el mismo valor de atenuación media, con las mismas dispersiones de frecuencia y sin desplazamientos de frecuencia. La diferencia de tiempos de propagación en los puntos siguientes se define como el retardo multitrayecto entre los dos modos, mientras que la dispersión de frecuencia es el valor  $2\sigma$  utilizado en la ecuación (2) del Anexo 1.

Cuando se utilizan estos valores de parámetros representativos para realizar pruebas compartidas se recomienda indicar los valores de los parámetros utilizados. Para mayor información sobre las regiones de latitud, véase el Manual del UIT-R sobre La ionosfera y sus efectos en la propagación de las ondas radioeléctricas (1998).

## 2 Latitudes bajas

### 2.1 Buenas condiciones

Diferencia de tiempos de propagación: 0,5 ms

Dispersión de frecuencia: 0,5 Hz

### 2.2 Condiciones medias (véase la Nota 1)

Diferencia de tiempos de propagación: 2 ms

Dispersión de frecuencia: 1,5 Hz

NOTA 1 – Estos valores corresponden a los de un canal en malas condiciones definido en la antigua Recomendación UIT-R F.520.

### 2.3 Malas condiciones

Diferencia de tiempos de propagación: 6 ms

Dispersión de frecuencia: 10 Hz

## 3 Latitudes medias

### 3.1 Buenas condiciones (véase la Nota 1)

Diferencia de tiempos de propagación: 0,5 ms

Dispersión de frecuencia: 0,1 Hz

NOTA 1 – Estos valores corresponden a los de un canal en buenas condiciones definido en la antigua Recomendación UIT-R F.520.

### 3.2 Condiciones medias (véase la Nota 1)

Diferencia de tiempos de propagación: 1 ms

Dispersión de frecuencia: 0,5 Hz

NOTA 1 – Estos valores corresponden a los de un canal en condiciones medias definido en la antigua Recomendación UIT-R F.520.

### 3.3 Malas condiciones (véase la Nota 1 del § 2.2)

Diferencia de tiempos de propagación: 2 ms

Dispersión de frecuencia: 1 Hz

### 3.4 Incidencia casi vertical perturbada (si es necesario debe añadirse la componente de onda de superficie)

Diferencia de tiempos de propagación: 7 ms

Dispersión de frecuencia: 1 Hz

## 4 Latitudes altas

### 4.1 Buenas condiciones (véase la Nota 1 del § 3.2)

Diferencia de tiempos de propagación: 1 ms

Dispersión de frecuencia: 0,5 Hz

## 4.2 Condiciones medias

Diferencia de tiempos de propagación: 3 ms

Dispersión de frecuencia: 10 Hz

## 4.3 Malas condiciones

Diferencia de tiempos de propagación: 7 ms

Dispersión de frecuencia: 30 Hz

## 5 Estadísticas sobre la aparición de las condiciones

Como indicación de la probabilidad de aparición de malas condiciones, puede tomarse nota de las estadísticas indicadas a continuación.

### 5.1 Latitudes bajas

Las diferencias de tiempos de propagación de 4 ms se rebasarán aproximadamente durante el 5% del tiempo.

Las dispersiones por efecto Doppler de 3 Hz se rebasarán aproximadamente durante el 5% del tiempo.

### 5.2 Latitudes altas

Las diferencias de tiempos de propagación de 5 ms se rebasarán aproximadamente durante el 5% del tiempo.

Las dispersiones por efecto Doppler de 25 Hz se rebasarán aproximadamente durante el 5% del tiempo.

## 6 Duración de la prueba

La duración de la prueba necesaria depende de la dispersión por efecto Doppler, de la velocidad de transmisión de datos de usuario y del nivel de la BER que va a medirse. Se recomienda que las pruebas duren 3 000 veces el valor inverso de la dispersión por efecto Doppler o 100 veces el valor inverso del producto de la BER por la velocidad de transmisión de datos, tomándose entre ambos tiempos el mayor. En el Cuadro 2 aparecen algunos ejemplos al respecto.

CUADRO 2

Ejemplos de duración de la prueba

Dispersión por efecto Doppler (Hz)	3000/dispersión por efecto Doppler (s)	BER	Velocidad de transmisión de datos (bit/s)	100/(BER × velocidad de transmisión de datos) (s)	Duración de la prueba seleccionada (s)
0,5	6 000	$1 \times 10^{-3}$	600	167	6 000
2	1 500	$1 \times 10^{-3}$	600	167	1 500
5	600	$1 \times 10^{-3}$	600	167	600
10	300	$1 \times 10^{-3}$	600	167	300
20	150	$1 \times 10^{-3}$	600	167	167

