

**UIT-R**

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R P.311-15**  
(07/2015)

**Recopilación, presentación y análisis  
de los datos obtenidos mediante  
estudios relativos a la propagación  
de las ondas radioeléctricas**

**Serie P**  
**Propagación de las ondas radioeléctricas**



## 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>	Servicio fijo
<b>M</b>	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
<b>P</b>	<b>Propagación de las ondas radioeléctricas</b>
<b>RA</b>	Radioastronomía
<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, 2016

© UIT 2016

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 P.311-15

**Recopilación, presentación y análisis de los datos obtenidos mediante estudios relativos a la propagación de las ondas radioeléctricas**

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1982-1990-1992-1994-1997-1999-2001-2003-2005-2009-2013-2015)

**Palabras clave**

Datos experimentales, propagación de ondas radioeléctricas, recopilación y presentación de datos

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que para el diseño de los sistemas de comunicación es necesario contar con modelos de predicción de la propagación que tengan validez global;
- b) que los datos sobre propagación y radiometeorológicos revisten una importancia fundamental en la elaboración y comprobación de dichos modelos de predicción;
- c) que para facilitar la comparación de datos y resultados conviene recopilar y presentar de manera uniforme los datos relativos a la propagación y radiometeorológicos,

*recomienda*

**1** que los datos sobre propagación de las ondas radioeléctricas presentados a la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones sigan los principios y formatos que figuran en el Anexo 1.

**Anexo 1****Bancos de datos que dan soporte a la evaluación de métodos de predicción**

- 1 Introducción
- 2 Responsabilidades y actualizaciones
- 3 Criterios de aceptación
- 4 Criterios de prueba para comparar los métodos de predicción
  - 4.1 Consideraciones generales
  - 4.2 Variable de prueba para comparar las predicciones sobre la atenuación debida a la lluvia
  - 4.3 Método de prueba para comparar las predicciones de la duración de los desvanecimientos
  - 4.4 Método de prueba para comparar las predicciones de la pendiente del desvanecimiento
- 5 Lista de bancos de datos de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones relativos a la propagación troposférica
  - 5.1 Parte I: Datos relativos a trayectos terrenales con visibilidad directa
  - 5.2 Parte II: Datos relativos a trayectos Tierra-espacio
  - 5.3 Parte III: Datos relativos a trayectos terrenales transhorizonte y a la dispersión por la lluvia
  - 5.4 Parte IV: Datos relativos a la radiometeorología

- 5.5 Parte V: Datos relativos al servicio móvil terrestre terrenal
- 5.6 Parte VI: Datos relativos a la radiodifusión terrenal
- 5.7 Parte VII: Datos relativos a los servicios móviles por satélite
- 5.8 Parte VIII: Datos relativos a la vegetación y la edificación
- 5.9 Parte IX: Ruido
- 5.10 Parte X: Datos transionosféricos

## 1 Introducción

Uno de los requisitos esenciales para obtener métodos fiables de predicción de los efectos de la propagación radioeléctrica es el establecimiento de bancos de datos adecuados por computador. Estos bancos de datos deben:

- contener todos los datos disponibles en un formato adecuado;
- tener aceptación general como fuente de información con la cual realizar pruebas;
- estar fácilmente disponibles.

Por principio, los bancos de datos contendrán únicamente datos que puedan utilizarse para:

- probar métodos de predicción recomendados por la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones (y, naturalmente, que puedan utilizarse para probar otros métodos); y
- la creación y actualización de mapas radiometeorológicos relativos a la predicción de los efectos en la propagación radioeléctrica.

Para los casos especiales en que la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones no ha adoptado ningún método de predicción, en el Anexo de la Recomendación correspondiente figura un cuadro con datos para orientar al lector respecto a los mejores datos medidos actualmente disponibles.

Los actuales bancos de datos se refieren a:

- la evaluación de métodos de predicción de la propagación terrenal con visibilidad directa;
- la evaluación de métodos de predicción de la propagación Tierra-espacio;
- la evaluación de métodos de predicción de la interferencia en los trayectos transhorizonte; o fiabilidad de la propagación en dichos trayectos;
- los datos radiometeorológicos;
- la evaluación de métodos de predicción para el servicio móvil terrestre terrenal;
- la evaluación de métodos de predicción para la radiodifusión terrenal;
- la evaluación de métodos de predicción para servicios móviles por satélite;
- los datos relativos a la vegetación y la edificación;
- el ruido radioeléctrico;
- los datos transionosféricos.

Se insta a las administraciones a que presenten sus datos a la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones y/o al Grupo de Trabajo (GT) pertinente conforme a los requisitos señalados en el presente Anexo. En el § 2 se indica, en líneas generales, los aspectos de carácter más administrativo relacionados con los bancos de datos y el procedimiento para la inscripción de nuevos datos en dichos bancos. El § 3 señala los criterios que deben cumplir los datos facilitados para su aceptación. En el § 4 se indica el criterio de prueba utilizado. El § 5 presenta todos los cuadros de los bancos de datos.

En esa parte de la dirección web del UIT-R relativa a la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones pueden obtenerse, sin restricciones, los formularios vacíos para incluir en ellos dichos datos, con una descripción detallada del carácter y el formato de los datos requeridos/disponibles. Por otra parte, esas mismas páginas de Web contienen todos los bancos de datos disponibles, en forma de hoja de cálculo. La Oficina de Radiocomunicaciones (BR) facilitará a quien lo solicite, copias impresas o en disco flexible de las hojas de formato, así como el registro en disco flexible del banco total de datos.

El Cuadro III-1a es una base de datos independiente que contiene, hasta la fecha, 100 000 mediciones realizadas en 1 326 trayectos. Los datos se obtuvieron con mediciones de una duración comprendida entre 10 min y 1 h. El banco de datos puede también encontrarse en la dirección web de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones.

## **2 Responsabilidades y actualizaciones**

Los bancos de datos están bajo la responsabilidad de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones, que debe aprovechar plenamente tanto las actividades de los GT para las aportaciones técnicas y la gestión como los servicios de la BR para la publicación y distribución. La responsabilidad en cuanto a la precisión y significado de los datos recae en los autores indicados en las referencias y/o en las administraciones que los han suministrado. Sin embargo, para facilitar la transformación de los datos suministrados en datos manejables por computador y garantizar la calidad de los bancos de datos, los datos deberán ser examinados primeramente por el GT correspondiente conforme a los criterios indicados en el § 3. Los datos que no cumplan los requisitos pueden aceptarse tras recabar y recibir la correspondiente información adicional y/o explicaciones adecuadas de la administración que los haya suministrado.

Es necesario examinar constantemente los procedimientos adecuados para el mantenimiento técnico y la producción de los bancos de datos. Se propone asignar cada cuadro del banco de datos a un GT para que lo examine y que los GT pertinentes nombren, para cada cuadro del que son responsables, una persona que coordine las actualizaciones.

## **3 Criterios de aceptación**

Deben examinarse los datos facilitados para su inclusión en los bancos de datos a fin de determinar su idoneidad de acuerdo con los siguientes criterios:

- La información sobre los datos utilizados para la evaluación se facilitará utilizando la plantilla descrita en los documentos pro forma en blanco (definido como Bancos de datos de la CE 3 – Cuadros formateados).
- Todos los datos se facilitarán en forma de archivos informáticos utilizando el formato de archivo que indique la CE 3.
- Ajuste de la información dada a los formatos descritos en el formulario en blanco. En particular, las unidades de medida deben ser coherentes con las indicadas en el cuadro de los formularios de descripción. Se basan, con pocas excepciones, en el Sistema Internacional de Unidades (sistema SI). Para la definición de los términos, véase la Recomendación UIT-R P.310. Se recomienda utilizar copias de los cuadros que figuran en el formulario tanto para el suministro de datos como para añadir información adicional importante en calidad de «Comentarios».
- Para las estadísticas acumulativas del índice de pluviosidad, de la atenuación debida a la lluvia y de la atenuación total recogidas en los Cuadros I-1 y II-1, se exigen datos estrictamente concurrentes. Por datos estrictamente concurrentes, se entiende que el análisis estadístico del índice de pluviosidad y de la atenuación incluirán exclusivamente mediciones

recopiladas durante periodos de tiempo idénticos. Además, si faltan o no se califican como válidos los datos de los periodos de atenuación debida a la lluvia o de atenuación total debido a un fallo o mal funcionamiento del sistema, dichos periodos de datos del índice de pluviosidad se excluirán del análisis estadístico de los Cuadros I-1 y II-1. Se aplicará el mismo procedimiento a los datos de atenuación debida a la lluvia o de atenuación total en caso de periodos no válidos de mediciones del índice de pluviosidad. En cualquier caso, para el Cuadro IV-1 se facilitará la totalidad de las estadísticas de datos de índices de pluviosidad válidos.

- En el caso de estadísticas acumulativas a largo plazo y anuales, el periodo de observación será un múltiplo entero de 12 meses y el equipo estará en funcionamiento el 90% por lo menos del tiempo total consignado.
- Las estadísticas acumulativas del mes más desfavorable y las mensuales (véase la Recomendación UIT-R P.581) deben proceder de todas las estadísticas mensuales del año correspondiente. El equipo estará en funcionamiento por lo menos el 75% de cada mes.
- Exactitud de la interpolación: cuando se conviertan las estadísticas acumulativas medidas al formato pedido (para varios porcentajes fijos), puede ser necesaria la interpolación. Para ello, debe elegirse un número suficientemente elevado de niveles de referencia de tal forma que, para los niveles de referencia interpolados, su probabilidad sea superior a 0,8 e inferior a 1,25. No deben suministrarse los valores extrapolados.
- Para datos de ancho de banda en sistemas terrenales, el margen dinámico del receptor debe ser al menos de 18dB para tener una relación señal/ruido mínima de 15dB.

Para las estadísticas del índice de pluviosidad es preferible utilizar un tiempo de integración de 1 min para estar en consonancia con los métodos de predicción de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones.

Los supervisores del examen de los datos suministrados aplicarán los criterios arriba indicados. Sin embargo, en casos especiales pueden aplicarse criterios menos estrictos (por ejemplo, en los fenómenos de multirayecto, las estadísticas sobre desvanecimiento de la señal muestran una clara tendencia lineal en la cola de la distribución al representarse en forma semilogarítmica, de modo que la interpolación resulta así menos problemática). También conviene aplicar criterios de aceptación menos estrictos cuando los datos estadísticos procedan de una región cuya representación en el correspondiente cuadro de datos resulta difícil. El responsable de la coordinación del cuadro deberá marcar con una señal distintiva los datos aceptados a pesar de no cumplir los criterios de aceptación (debido a las razones indicadas anteriormente); dichos datos pueden suprimirse cuando se haya registrado un número suficiente de datos que cumplan plenamente los requisitos necesarios.

## **4 Criterios de prueba para comparar los métodos de predicción**

### **4.1 Consideraciones generales**

Para evaluar la calidad de un método de predicción es preciso definir un conjunto de criterios objetivos. Por regla general, los datos utilizados en la comparación deben ser adecuados a los fines de la aplicación (véase el texto sobre criterios de aceptación de datos, § 3). Si bien la base de datos normalmente incluye todos los datos idóneos para, al menos, un tipo de prueba, puede que algunos datos no sean adecuados para ciertos tipos de predicciones y, por consiguiente, deben excluirse de dichas pruebas. (Ejemplo: algunos datos del Cuadro III-1 no son adecuados para probar la fiabilidad transhorizonte; en consecuencia, aparecen marcados con señal distintiva). También es importante suprimir todo dato dependiente (cuando un registro es un subconjunto de otro registro). Sin embargo, los datos procedentes de medidas efectuadas en la misma estación durante el mismo periodo de

tiempo, pero con distinta polarización o ángulo de elevación, pueden tratarse como datos independientes.

Además, en la mayoría de los casos, la duración de las medidas (en múltiplos de años) debe utilizarse como una función de ponderación. (Cabe señalar que la duración se define como el número real de días en los que se ha obtenido el conjunto completo de datos válidos, que normalmente es inferior al tiempo transcurrido entre la fecha de comienzo y la fecha de finalización; la diferencia es el «tiempo de inactividad» del experimento.)

Los requisitos generales de los modelos son (en orden decreciente de importancia):

#### **4.1.1 Comportamiento óptimo en términos de variable de prueba**

El GT responsable debe llegar a un acuerdo sobre dicha variable de prueba (entendiendo por tal el valor mínimo medio de la diferencia entre los valores previstos y medidos o la desviación típica mínima de la diferencia). Obsérvese que la prueba debe realizarse sobre el conjunto completo de datos actualmente aplicable y sobre los subconjuntos de datos acordados.

#### **4.1.2 «Bases físicas» del método elegido**

La mayoría de los métodos de predicción de la propagación utilizados son de naturaleza semiempírica debido a que los detalles del proceso físico no se conocen con exactitud o a que, simplemente, no pueden obtenerse los valores de todos los parámetros de entrada. Cuanto mejor se hallen representados en un modelo los principios físicos subyacentes, mayores serán las posibilidades de que dicho modelo pueda aplicarse también en dominios no explorados hasta el presente (nuevas frecuencias, nuevas zonas climáticas, etc.). Normalmente un método puramente empírico que se obtenga de curvas elaboradas a partir de los datos medidos, no será adecuado para una aplicación fuera del dominio en el que se realizaron dichas mediciones y, por consiguiente, no debe emplearse.

#### **4.1.3 «Simplicidad»**

Este criterio, que puede considerarse en cierta medida como contradictorio al requisito de «Bases físicas», debe aplicarse únicamente para reducir al mínimo el número de parámetros de entrada necesarios y asegurar que la descripción del algoritmo da lugar a una realización clara e inequívoca mediante un programa de computador. Los nomogramas constituyen representaciones simplificadas de los métodos de predicción muy útiles, pero no pueden aceptarse como un método *per se*.

### **4.2 Variable de prueba para comparar las predicciones sobre la atenuación debida a la lluvia**

Las predicciones de la atenuación se realizan normalmente para un cierto número de trayectos de transmisión y para un conjunto fijo de niveles de probabilidad. Los datos a comparar implicados en métodos de predicción, se tabulan para niveles de probabilidad fijos, por ejemplo, 0,001%, 0,01% y 0,1% del año. Para cada trayecto se calcula la relación entre la atenuación prevista y la medida. El logaritmo neperiano de dichas relaciones se utiliza como variable de prueba. A fin de compensar los efectos producidos por otras fuentes de atenuación distintas de la lluvia así como las imprecisiones en las medidas, que afectan principalmente a los valores de atenuación más bajos, el logaritmo debe multiplicarse por un factor de escala para los valores de atenuación medidos que sean inferiores a 10 dB. Este factor de escala es una función exponencial de la atenuación medida. La variable de prueba modificada de esa forma se aproxima en gran medida a una distribución normal. A continuación se calcula la media y la desviación típica de la variable de prueba (modificada) a fin de obtener las estadísticas para la comparación de métodos de predicción.

#### 4.2.1 Procedimiento

- Para cada porcentaje de tiempo, se calcula la relación entre la atenuación prevista,  $A_p$  (dB), y la atenuación medida,  $A_m$  (dB), en cada enlace radioeléctrico:

$$S_i = A_{p,i} / A_{m,i} \quad (1)$$

siendo  $S_i$  la relación en el  $i$ -ésimo enlace radioeléctrico.

- Se calcula la variable de prueba:

$$\begin{aligned} V_i &= \ln S_i (A_{m,i} / 10)^{0,2} && \text{para } A_{m,i} < 10 \text{ dB} \\ &= \ln S_i && \text{para } A_{m,i} \geq 10 \text{ dB} \end{aligned} \quad (2)$$

- Se repite este procedimiento para cada porcentaje de tiempo.
- Se calcula la media,  $\mu_V$ , la desviación típica,  $\sigma_V$ , y el valor eficaz,  $\rho_V$ , de los valores  $V_i$ , para cada porcentaje de tiempo:

$$\rho_V = (\mu_V^2 + \sigma_V^2)^{0,5} \quad (3)$$

NOTA 1 – (Función de ponderación). Cuando algunas de las distribuciones medidas constituyen datos a lo largo de varios años ( $n$  años), se calculará la media  $\mu_V$ , la desviación típica  $\sigma_V$  y el valor eficaz  $\rho_V$  de los valores de  $n V_i$  (por ejemplo, si se han evaluado los datos promedios anuales de tres años de observación, se aplicará tres veces el mismo valor  $V_i$  para cada porcentaje de tiempo).

NOTA 2 – (Evaluación de niveles de probabilidad por décadas). Para evaluar los métodos de predicción por décadas de los niveles de probabilidad (por ejemplo del 0,001% al 0,1% del tiempo), se calculan los valores de la variable de prueba  $V_i$  para cada porcentaje de tiempo (de preferencia, los valores son 0,001, 0,002, 0,003, 0,005, 0,01, 0,02, 0,03, 0,05, y 0,1), se toma en cuenta la función de ponderación y se calcula la media  $\bar{\mu}_V$  la desviación típica  $\bar{\sigma}_V$  y el valor eficaz  $\bar{\rho}_V$  de todos estos valores de  $V_i$  según las décadas requeridas de niveles de probabilidad.

Al comparar los métodos de predicción, el método óptimo es el que da los valores mínimos de los parámetros estadísticos. Hay que señalar que los parámetros logarítmicos pueden convertirse posteriormente en parámetros porcentuales equivalentes. Por ejemplo, a partir de la desviación típica se obtienen las desviaciones porcentuales superior e inferior equivalentes:

$$D_{u,\ell} = [\exp (\pm \sigma_V)^{-1}] \times 100$$

que son una medida de la dispersión de los valores previstos con respecto a los valores medidos, normalizados para un valor de la atenuación de 10 dB.

Este procedimiento es útil no sólo para evaluar el comportamiento de los diversos métodos de predicción sino también como orientación para mejorarlos. La inspección gráfica de las dispersiones de los valores de  $A_p$  y  $A_m$  ofrece igualmente información útil sobre las ventajas relativas de los datos experimentales y los métodos de predicción.

Además, estos parámetros estadísticos pueden dar alguna información sobre la dispersión que cabe esperar de los valores de atenuación reales respecto a los previstos. A tal efecto, el procedimiento de transformación mencionado más arriba puede aplicarse en sentido inverso; es decir, la desviación típica normalizada para un nivel de atenuación de 10 dB puede transformarse en la desviación típica que cabe esperar para otro nivel de atenuación previsto,  $A_p$  (dB), mediante el factor  $(10/A_p)^{0,2}$ .



Debe tenerse en cuenta que la precisión de cualquier método de predicción viene limitada por la precisión con que puedan caracterizarse las condiciones hidrometeorológicas en un emplazamiento determinado mediante una distribución acumulativa supuesta de la intensidad de la lluvia en un punto determinado.

### 4.3 Método de prueba para comparar las predicciones de la duración de los desvanecimientos

#### 4.3.1 Principio del método

La duración de los desvanecimientos se puede describir por medio de dos funciones de distribución acumulativas diferentes:

- 1)  $P(d > D|a > A)$ , probabilidad de que se produzcan desvanecimientos de duración  $d$  superiores a  $D$  s, dado que la atenuación  $a$  es superior a  $A$  (dB).
- 2)  $F(d > D|a > A)$ , probabilidad de rebasamiento acumulativa o, lo que es equivalente, fracción total (entre 0 y 1) del tiempo de desvanecimiento debido a los desvanecimientos de duración  $d$  superiores a  $D$  (s), dado que la atenuación  $a$  es superior a  $A$  (dB).

Los datos para comparar los métodos de predicción de la duración de los desvanecimientos se han tabulado, tanto para una duración de desvanecimiento individual fija  $D$  (por ejemplo, 6 s, 180 s o 3 600 s), como para un umbral de atenuación fijo  $A$  (por ejemplo, 3 dB, 10 dB o 25 dB). La relación entre la fracción de tiempo prevista y la fracción de tiempo medida se calcula para cada enlace radioeléctrico y el logaritmo de esa relación se define como la variable de prueba. Luego, se calculan la media y la desviación típica de la variable de prueba a fin de obtener las estadísticas utilizadas para comparar los métodos de predicción.

#### 4.3.2 Procedimiento

*Paso 1a:* Para los métodos de predicción de la probabilidad  $P$  de que se produzcan desvanecimientos, se calcula la variable de prueba como el logaritmo neperiano de la relación entre la probabilidad prevista  $P_p(d > D|a > A)$  y la probabilidad medida  $P_m(d > D|a > A)$ , para cada umbral de atenuación  $A$  y para cada duración de desvanecimiento  $D$  definidos en los Cuadros I-8b y II-3b, y para cada radioenlace:

$$\varepsilon_{P,i}(D, A) = \ln \left( \frac{P_p(D|A)}{P_m(D|A)} \right) \quad (4)$$

donde:

$\varepsilon_{P,i}$ : variable de prueba calculada para el  $i$ -ésimo radioenlace.

*Paso 1b:* Para los métodos de predicción del porcentaje de tiempo de desvanecimiento  $F$ , se sustrae tanto la fracción de tiempo prevista  $F_p(d > D|a > A)$  como la fracción de tiempo medida  $F_m(d > D|a > A)$  de 1. Se determina la variable de prueba como el logaritmo neperiano de la relación entre estas diferencias, para cada umbral de atenuación  $A$  y para cada duración de desvanecimiento  $D$ , definidos en los Cuadros I-8c y II-3c, y para cada enlace radioeléctrico:

$$\varepsilon_{N,i}(D, A) = \ln \left( \frac{1 - F_p(D|A)}{1 - F_m(D|A)} \right) \quad (5)$$

donde:

$\varepsilon_{N,i}$ : variable de prueba calculada para el  $i$ -ésimo radioenlace.

*Paso 2:* Para cada método de predicción, se calcula la media, la desviación típica y el valor eficaz del error  $\varepsilon_P$  o  $\varepsilon_N$  para cada duración de desvanecimiento individual y para cada umbral de atenuación de los que figuran en los Cuadros I-8 y II-3.

Si algunas distribuciones medidas corresponden a datos que abarcan varios años ( $n$  años), se calcula el valor medio, la desviación típica y el valor eficaz de los  $n$  valores  $\varepsilon_{P,i}$  o  $\varepsilon_{N,i}$  (por ejemplo, si se calculan los datos anuales promedio de tres años de observación, se utilizará tres veces el mismo valor  $\varepsilon_{P,i}$  o  $\varepsilon_{N,i}$  para cada duración y atenuación de desvanecimiento).

Cuando se comparan métodos de predicción, el método de predicción óptimo es el que da como resultado los valores más pequeños de los parámetros estadísticos.

#### 4.4 Método de prueba para comparar las predicciones de la pendiente del desvanecimiento

##### 4.4.1 Principio del método

La distribución prevista de la pendiente de desvanecimiento utilizada en este método de prueba es la distribución acumulativa de una pendiente del desvanecimiento que debe superarse para un umbral de atenuación dado. Depende del nivel de atenuación  $A(t)$ , de la duración del intervalo de tiempo  $\Delta t$  y de la frecuencia de corte a 3 dB del filtro paso bajo que se utiliza para suprimir el centelleo troposférico y las variaciones rápidas de atenuación debida a la lluvia que experimenta la señal.

Los datos para comparar los métodos de predicción de la pendiente de desvanecimiento se han tabulado, tanto para un porcentaje de tiempo fijo  $P$  (del 0,001% al 50%) como para un umbral de atenuación fijo  $A$  (por ejemplo, 3 dB, 10 dB o 25 dB). La relación entre la pendiente de desvanecimiento prevista y la medida se calcula para cada radioenlace y el logaritmo de esa relación se define como la variable de prueba. Luego, se calculan la media y la desviación típica de la variable de prueba a fin de obtener las estadísticas utilizadas para comparar los métodos de predicción.

##### 4.4.2 Procedimiento

*Paso 1:* Para cada umbral de atenuación  $A$  y para cada valor de la pendiente de desvanecimiento  $\zeta$  definidos en el Cuadro II-8b, se calcula la variable de prueba a partir de la probabilidad de rebasamiento prevista  $P_p(\zeta|A)$  y la probabilidad de rebasamiento medida  $P_m(\zeta|A)$  para cada radioenlace, como sigue:

$$\varepsilon_i(\zeta, A) = 2 \cdot \frac{P_p(\zeta|A) - P_m(\zeta|A)}{P_p(\zeta|A) + P_m(\zeta|A)} \quad (6)$$

donde:

$\varepsilon_i$ : variable de prueba calculada para el  $i$ -ésimo radioenlace.

*Paso 2:* Se calculan la media, la desviación típica y el valor eficaz del error  $\varepsilon$  para la combinación de todos los experimentos, y para cada pendiente de desvanecimiento individual y para cada umbral de atenuación dados en el Cuadro II-8b.

Si algunas distribuciones medidas corresponden a datos que abarcan varios años ( $n$  años), se calculan la media, la desviación típica y el valor eficaz de los  $n$  valores  $\varepsilon_i$  (por ejemplo, si se calculan los datos anuales promedio de tres años de observación, se utilizará tres veces el mismo valor  $\varepsilon_i$  para cada pendiente y atenuación de desvanecimiento).

Cuando se comparan métodos de predicción, el método de predicción óptimo es el que da como resultado los valores más pequeños de los parámetros estadísticos.

## **5 Lista de bancos de datos de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones relativos a la propagación troposférica**

### **5.1 Parte I: Datos relativos a trayectos terrenales con visibilidad directa**

- Cuadro I-1: Estadísticas de atenuación debida a la lluvia en trayectos con visibilidad directa
- Cuadro I-2: Desvanecimiento debido a la propagación multitrayecto y su intensificación en condiciones de visibilidad directa durante el mes medio más desfavorable y con poca anchura de banda
- Cuadro I-3: Datos de diversidad en trayectos con visibilidad directa
- Cuadro I-4: Estadística de XPD y CPA en trayectos con visibilidad directa en condiciones de cielo despejado
- Cuadro I-5: Estadísticas de XPD y CPA debidas a la precipitación en trayectos con visibilidad directa
- Cuadro I-6: Características del canal multitrayecto y duración de las interrupciones dentro del mes más desfavorable en trayectos con visibilidad directa
- Cuadro I-7: Desvanecimiento debido a la propagación multitrayecto y su intensificación en condiciones de visibilidad directa con múltiples saltos durante el mes más desfavorable
- Cuadro I-8: Número de eventos de desvanecimiento y estadísticas de la duración del desvanecimiento en trayectos con visibilidad directa
- Cuadro I-9: Estadísticas de la atenuación anual en trayectos con visibilidad directa a longitudes de onda ópticas
- Cuadro I-10: Estadísticas de la atenuación en el mes más desfavorable en trayectos con visibilidad directa a longitudes de onda ópticas
- Cuadro I-11: Estadísticas anuales de diversidad en frecuencia en trayectos con visibilidad directa para enlaces ópticos y de ondas milimétricas
- Cuadro I-12: Estadísticas de diversidad en frecuencia para el mes más desfavorable en trayectos con visibilidad directa para enlaces ópticos y de ondas milimétricas
- Cuadro I-13: Estadísticas de diversidad en el tiempo en trayectos con visibilidad directa
- Cuadro I-14: Estadísticas de atenuación debida a la lluvia combinada y diferencial en trayectos con visibilidad directa

### **5.2 Parte II: Datos relativos a trayectos Tierra-espacio**

- Cuadro II-1: Estadísticas anuales y mensuales de atenuación total, atenuación debida a la lluvia e intensidad de la lluvia por año en trayectos oblicuos
- Cuadro II-2: Estadísticas de atenuación debida a la lluvia dentro del mes más desfavorable en trayectos oblicuos
- Cuadro II-3: Estadísticas de duración del desvanecimiento en trayectos oblicuos
- Cuadro II-4: Estadísticas de diversidad de emplazamiento en trayectos oblicuos
- Cuadro II-5a: Estadísticas anuales de XPD en trayectos oblicuos
- Cuadro II-5b: Estadísticas anuales de XPD condicionadas por la CPA en trayectos oblicuos
- Cuadro II-6: Estadísticas anuales y mensuales del centelleo de amplitud en trayectos oblicuos

- Cuadro II-7: Desviación típica del centelleo en trayectos oblicuos
- Cuadro II-8: Estadísticas de la pendiente de desvanecimiento en trayectos oblicuos
- Cuadro II-9: Estadísticas de diversidad en el tiempo en trayectos oblicuos
- Cuadro II-10: Estadísticas sobre dependencia de la frecuencia instantánea en trayectos oblicuos
- Cuadro II-11: Desviaciones típicas en trayectos oblicuos de la longitud de trayecto diferencial

### **5.3 Parte III: Datos relativos a trayectos terrenales transhorizonte y a la dispersión por la lluvia**

- Cuadro III-1: Estadísticas de pérdida básica de transmisión en trayectos transhorizonte con cielo despejado
- Cuadro III-1a: Datos de mediciones puntuales en condiciones de cielo despejado. (Este cuadro es un banco de datos independiente (véase el § 1))
- Cuadro III-2: Dispersión por lluvia en trayectos terrenales
- Cuadro III-3: Distribuciones de probabilidad combinadas del nivel de señal

### **5.4 Parte IV: Datos relativos a la radiometeorología**

- Cuadro IV-1: Estadísticas anuales y mensuales de intensidad de la lluvia
- Cuadro IV-2: Factor de conversión del tiempo de integración de la lluvia
- Cuadro IV-3: Estadísticas anuales y mensuales de temperatura del ruido celeste
- Cuadro IV-4: Estadísticas de la media del coíndice de refracción en la superficie
- Cuadro IV-5: Estadísticas de duración de episodios de lluvia
- Cuadro IV-6: Estadísticas de conductos de evaporación
- Cuadro IV-7: Estadísticas de cobertura de nubes
- Cuadro IV-8: Dependencia de las estadísticas espaciales de la intensidad de lluvia
- Cuadro IV-9: Estadísticas anuales y mensuales del contenido de columna total de vapor de agua
- Cuadro IV-10: Estadísticas anuales y mensuales del contenido de columna total de agua líquida de nubes
- Cuadro IV-11: Estadísticas de los parámetros característicos de las células de lluvia
- Cuadro IV-12: Estadísticas de la distribución del tamaño de las gotas
- Cuadro IV-13: Estadísticas anuales y mensuales del exceso de longitud del trayecto troposférico

### **5.5 Parte V: Datos relativos al servicio móvil terrestre terrenal**

- Cuadro V-1: Estadísticas de banda ancha en el servicio móvil terrestre terrenal
- Cuadro V-2: Estadísticas de banda estrecha en el servicio móvil terrestre terrenal

### **5.6 Parte VI: Datos relativos al servicio terrenal punto a zona**

- Cuadro VI-1: Datos relativos al servicio terrenal punto a zona

### **5.7 Parte VII: Datos relativos a los servicios móviles por satélite**

- Cuadro VII-1: Estadísticas de banda ancha en los enlaces por satélite

- Cuadro VII-2: Estadísticas de banda estrecha en enlaces del servicio móvil marítimo por satélite
- Cuadro VII-3: Estadísticas de banda estrecha en enlaces del servicio móvil terrestre por satélite
- Cuadro VII-4: Estadísticas de banda estrecha en enlaces del servicio móvil aeronáutico por satélite
- Cuadro VII-5: Estadísticas de banda estrecha del desvanecimiento y las duraciones del desvanecimiento en el servicio de radiodifusión por satélite

**5.8 Parte VIII: Datos relativos a la vegetación y la edificación**

- Cuadro VIII-1: Atenuación debida a la vegetación
- Cuadro VIII-2: Pérdida debida a la entrada en edificios
- Cuadro VIII-3: Características de pérdida de los materiales

**5.9 Parte IX: Ruido**

- Cuadro IX-1: Ruido radioeléctrico blanco gaussiano

**5.10 Parte X: Datos transionosféricos**

- Cuadro X-1: Índice de centelleo transionosférico en un trayecto oblicuo
  - Cuadro X-2: Contenido electrónico total en un trayecto oblicuo.
-