

## RECOMENDACIÓN UIT-R F.1705

**Análisis y optimización de las características de error de los sistemas inalámbricos fijos digitales a los fines de la puesta en servicio y mantenimiento**

(Cuestión UIT-R 235/9)

(2005)

**Cometido**

En la presente Recomendación se facilita un análisis con miras a la optimización de las características de error de los sistemas inalámbricos fijos (FWS) digitales a los fines de su mantenimiento práctico antes de la puesta en servicio. En el Anexo 1 figuran orientaciones y métodos sistemáticos para el mantenimiento de los sistemas punto a punto y punto a multipunto (P-MP).

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que numerosos factores, entre ellos el desvanecimiento debido a los efectos de trayectos múltiples, pueden deformar y atenuar las señales recibidas sobre los trayectos en línea directa y, por lo tanto, degradar la calidad de funcionamiento de los sistemas inalámbricos fijos (FWS);
- b) que existen ciertas contramedidas, como la recepción en diversidad y la nivelación adaptativa para reducir los efectos del desvanecimiento debido a trayectos múltiples sobre la calidad de funcionamiento de los sistemas;
- c) que para la puesta en servicio y/o el mantenimiento de los FWS así como para la implantación de equipos radioeléctricos, es necesario disponer de métodos para el análisis y la eliminación de la degradación de las características de error causadas por numerosos factores a los FWS digitales;
- d) que los límites de la calidad de funcionamiento y las especificaciones técnicas relativas a la puesta en servicio o al mantenimiento de los FWS se indican en las Recomendaciones UIT-R F.1330 (Límites de calidad de funcionamiento para la puesta en servicio de las partes de trayectos y secciones internacionales de transmisión de jerarquía digital plesiócrona y síncrona implementados por sistemas de radioenlaces digitales) y UIT-R F.1566 (Límites de calidad de funcionamiento para el mantenimiento de sistemas inalámbricos fijos digitales que funcionan en trayectos y secciones internacionales basados en las jerarquías digitales plesiócrona y síncrona), respectivamente;
- e) que generalmente es necesario optimizar la calidad de funcionamiento de los FWS tras su instalación, en particular durante las tareas de mantenimiento antes de la puesta en servicio,

*recomienda*

- 1** que las orientaciones y métodos sistemáticos para el análisis y la optimización de las características de error de los FWS digitales, expuestos en el Anexo 1, se apliquen en los casos en que la calidad de funcionamiento es inferior a la calidad óptima.

## Anexo 1

### **Análisis y optimización de las características de error de los FWS digitales a los fines de la puesta en servicio y mantenimiento**

#### **1 Introducción**

La finalidad del presente Anexo es facilitar, a título indicativo, ciertas orientaciones sobre la disponibilidad de métodos para el análisis de averías y la optimización de la calidad de funcionamiento de los FWS digitales. En la Recomendación UIT-R P.530 (Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa) figura una información más completa sobre los aspectos de propagación del diseño de los FWS.

Las Recomendaciones UIT-R relativas a las características de error (por ejemplo, la Recomendación UIT-R F.1668 (Objetivos de característica de error para los enlaces inalámbricos fijos digitales utilizados en las conexiones ficticias de referencia y trayectos ficticios de referencia de 27 500 km) definen los requisitos necesarios para el diseño y funcionamiento que deben reunir los FWS a fin de cumplir los objetivos de calidad de funcionamiento fijados en ellas. Teniendo en cuenta esos requisitos, la presente Recomendación se propone facilitar orientaciones para la puesta en servicio y el funcionamiento de los FWS cuando surgen dificultades debido a características de error insuficientes. En la Recomendación UIT-R F.1330 se indican, a título orientativo, los límites de calidad de funcionamiento necesarios para la puesta en servicio de los sistemas. La presente Recomendación también puede contribuir a establecer los puntos de desencadenamiento del mantenimiento para los sistemas en funcionamiento. Por otra parte, cabe indicar que los límites de la calidad de funcionamiento establecidos en la Recomendación UIT-R F.1566 pueden desencadenar una evaluación de las causas de los errores.

Se ha llevado a cabo un importante trabajo de elaboración de sistemas y técnicas para obtener FWS de elevada calidad. Ya existen tecnologías y programas informáticos para el análisis de los FWS en laboratorio y en los lugares en que están implantados.

Habida cuenta de esta evolución, se recomienda utilizar instrumentos y programas informáticos de medición cuando se necesita efectuar un análisis del sistema para reparar una avería u optimizar las características de error con la finalidad de cumplir los objetivos de calidad de funcionamiento establecidos.

Para obtener una información general más completa sobre el funcionamiento de los FWS, puede consultarse el Manual del UIT-R – Sistemas de relevadores radioeléctricos digitales.

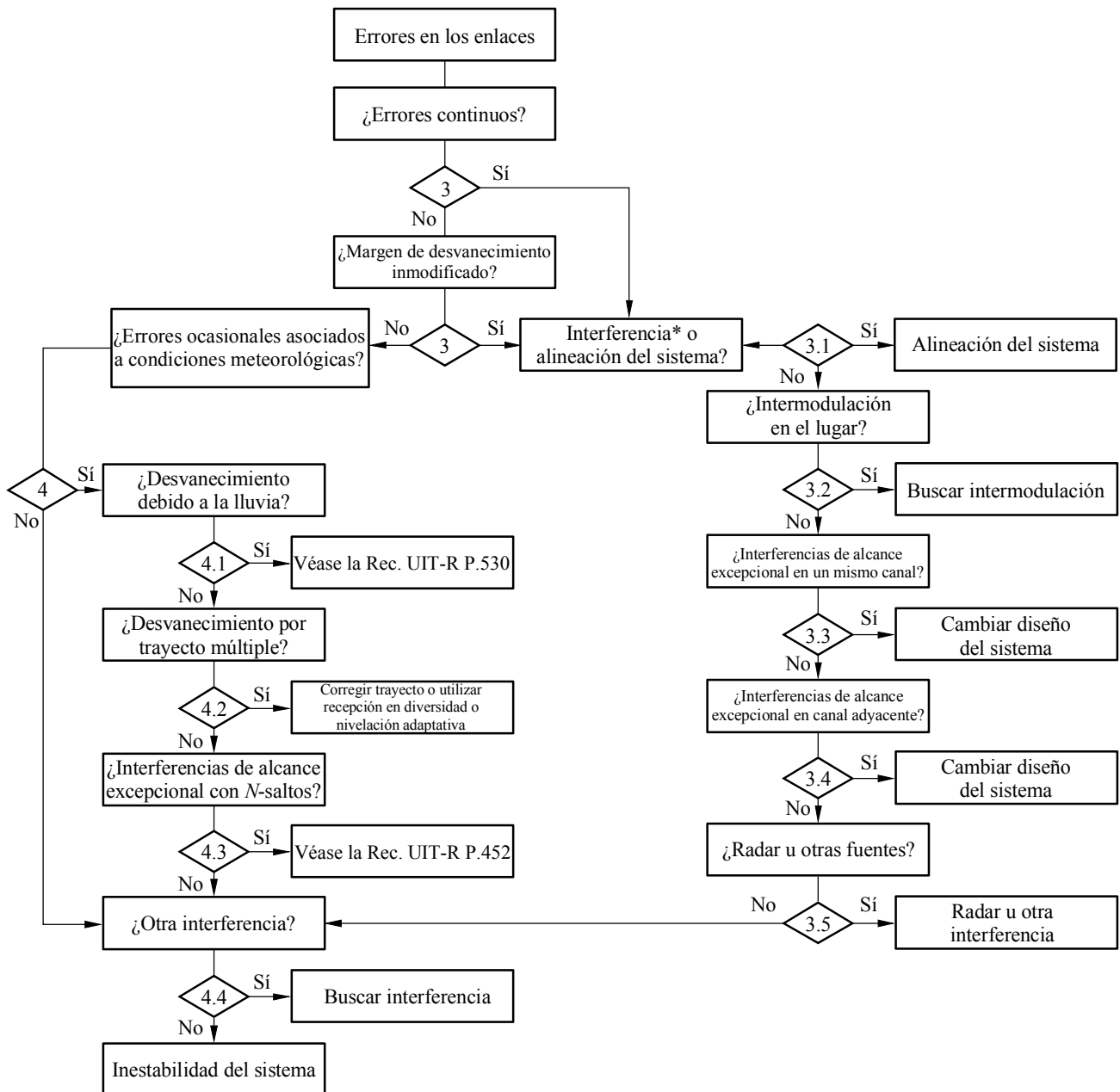
#### **2 Análisis de enlaces**

Debido a que los errores que afectan los FWS pueden tener numerosas causas, su análisis es complejo y puede llevar mucho tiempo. Para facilitar ese análisis y optimizar los sistemas, es necesario adoptar un enfoque sistemático a fin de comprender la naturaleza de los errores y su relación con el entorno en el que funcionan dichos sistemas.

A falta de un enfoque sistemático, el operador del sistema puede atribuir todos los errores a un fenómeno de «desvanecimiento» y no hacer nada para resolver el problema. El propósito de las presentes indicaciones es simplificar el proceso de análisis y optimización estableciendo orientaciones que contribuyan a mejorar la calidad del sistema. Ya están a nuestra disposición medidas y herramientas de análisis que facilitan notablemente este proceso incluso cuando los problemas parecen ser graves.

En el diagrama que se presenta en la Fig. 1 se pueden evaluar las posibles causas de error que se observan en los FWS punto a punto con conexiones de múltiples saltos. Cada una de las numerosas ramificaciones de este gráfico exige un conocimiento especial del sistema y de su entorno. Para ello, conviene efectuar mediciones y análisis específicos en cada ramificación de la Fig. 1 y, posteriormente, utilizar un programa informático de aplicación como ayuda para evaluar los resultados de las medidas y encontrar la solución más idónea.

FIGURA 1  
**Diagrama para evaluar las causas de errores en los enlaces observados en los FWS punto a punto con conexiones de múltiples saltos**



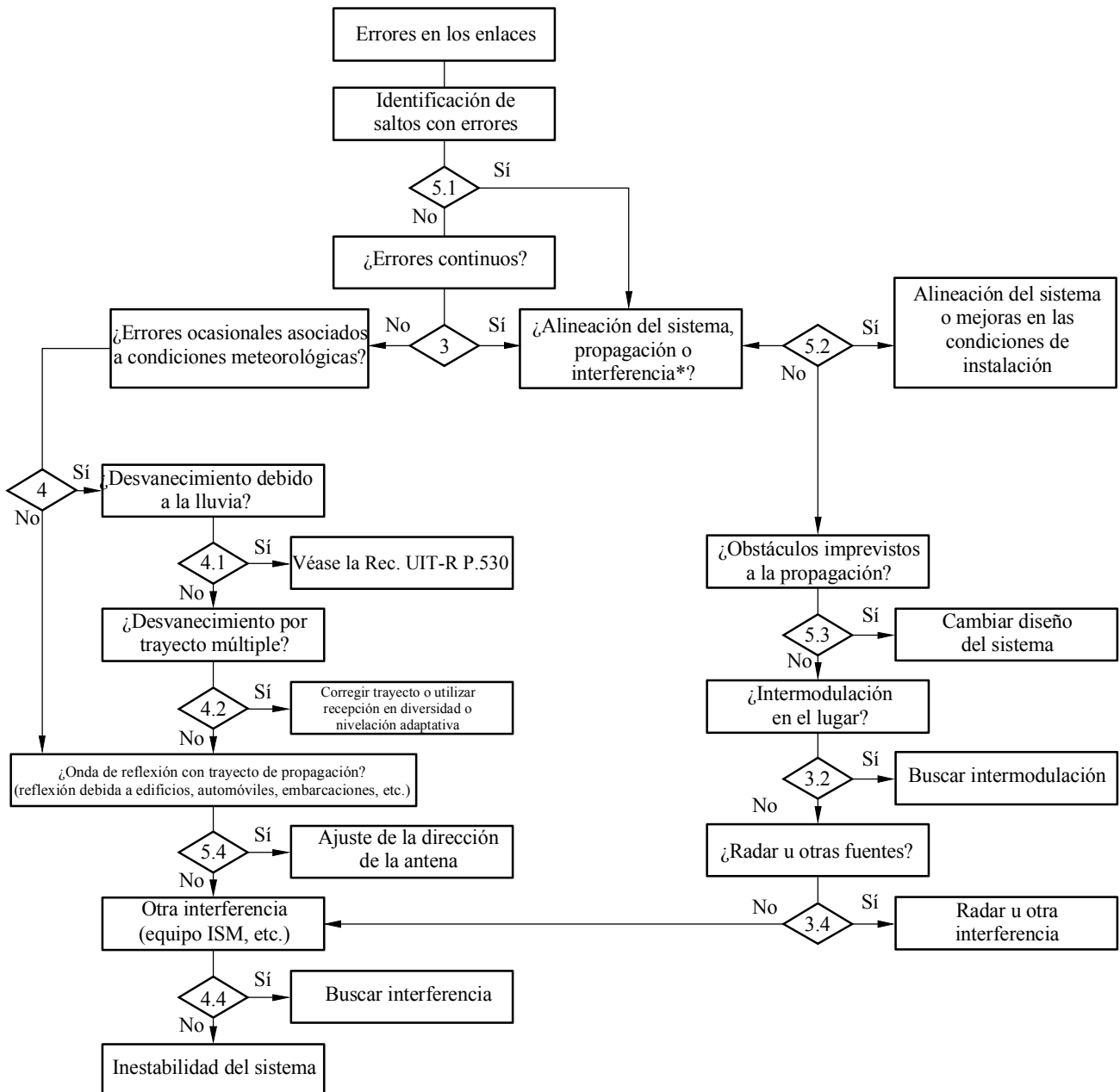
\* Las interferencias pueden ser causadas por servicios que comparten la misma banda o provenir de emisiones no deseadas procedentes de otras bandas.

Para los FWS utilizados en el tramo de acceso, en particular para los sistemas punto a multipunto (P-MP) que funcionan en entornos de propagación distintos, puede utilizarse el gráfico que se presenta en la Fig. 2.

Los puntos que figuran a continuación indican, a título orientativo, para cada etapa de la decisión, el número de cada punto correspondiente a una decisión señalada en los diagramas de las Figs. 1 y 2.

FIGURA 2

**Diagrama para evaluar las causas de errores en los enlaces observados FWS punto a multipunto**



\* Las interferencias pueden ser causadas por servicios que comparten la misma banda o provenir de misiones no deseadas procedentes de otras bandas.

### **3 Análisis de errores en los enlaces en los FWS punto a punto con conexiones de múltiples saltos**

La primera decisión consiste en determinar la frecuencia de los errores. Aunque esa frecuencia puede ser baja, siempre hay errores; por ejemplo, un sistema puede tener más de 100 segundos con errores (SE) cada mes, tratándose entonces de «errores continuos». Si el sistema tiene menos SE, por ejemplo 50 en el mayor número de meses, incluso contando los segundos con muchos errores (SME), se considerarán «errores ocasionales».

Hasta cuando se trate de errores ocasionales, es posible que se deban a una cierta reducción del margen fijo de desvanecimiento causada por el mal funcionamiento del equipo o del sistema de alimentación. Si ese margen fijo del sistema se reduce en varios decibelios (o más), es posible que un pequeño efecto de desvanecimiento por trayecto múltiple, que normalmente no debería producir ningún error en los bits, dé lugar a la aparición de «errores ocasionales». Por lo tanto, al inspeccionar el margen fijo de desvanecimiento se puede observar que la causa de esos errores ocasionales reside en la alineación del sistema o en la intermodulación de los lugares, y así sucesivamente, factores que generalmente se consideran vinculados a la aparición de errores continuos.

#### **3.1 Interferencia o alineación del sistema**

Para adoptar esa decisión, es necesario determinar si los errores son causados por interferencias, que llegan a través de la antena, o si se deben a una avería interna del sistema. Un medio eficaz para comprobarlo consiste en conectar un analizador de espectro a la salida del filtro de derivación RF, en dirección del receptor, y examinar de cerca el espectro. Este método se adapta correctamente a las fuentes de interferencia de alto nivel pero no demasiado bien cuando se trata de interferencias de banda ancha de nivel más bajo, que son inferiores al umbral mínimo de ruido del analizador de espectro (para otro método, véase el punto siguiente). Con objeto de que esta medición sea lo más eficaz posible, conviene desconectar el transmisor del extremo distante. Si la aparición de interferencias no es evidente, es muy probable que los errores se deban entonces a una mala alineación del sistema, lo cual supone que los errores son continuos y que si se efectúa una medición del espectro recibido podrá observarse la fuente de interferencia correspondiente.

El espectro recibido también puede medirse en la salida del amplificador FI del receptor dado que éste presenta una ganancia suficiente y un valor de ruido excelente que garantizan la ubicación de cualquier interferencia. En este caso no será necesario recurrir a medios de análisis del espectro de microondas y habrá una sensibilidad mucho mayor para medir las interferencias de bajo nivel.

En general, se deberían evitar las interferencias mediante una planificación razonable de las frecuencias. En la práctica, fuentes desconocidas pueden provocar interferencias. Por otra parte, las interferencias pueden ser aún más intensas debido a condiciones de propagación anormales y no deberían ser descartadas como fuentes de errores sin llevar a cabo las adecuadas verificaciones del sistema.

Las cuestiones vinculadas a la alineación del sistema son complejas y diversas. Entre las más importantes pueden mencionarse la alineación de la antena, el margen de desvanecimiento, la atenuación de la guía de ondas y del filtro de derivación, la distorsión del tiempo de propagación de grupo y en amplitud, la nivelación en diversidad, la frecuencia del canal correspondiente, la calidad de la instalación de cables y de los conectores y, sin lugar a dudas, cualquier avería del equipo. Hay que efectuar una verificación completa de cada elemento para estar seguros de que el sistema está correctamente alineado y que las posibles fuentes de error se reducen al mínimo.

### **3.2 Intermodulación en el lugar**

Los productos de intermodulación en el lugar pueden provenir de los productos de combinación de transmisores que comparten un mismo canal, productos que pueden deberse a malas conexiones mecánicas; por ejemplo, los elementos de la estructura de soporte de una antena pueden actuar como un «diodo» mezclador no lineal para causar interferencias en la banda.

Una posible solución es modificar la frecuencia del transmisor fuente de interferencia o localizar y corregir la estructura mecánica/eléctrica que produce esa combinación. Convendría llevar a cabo el análisis del espectro de la señal recibida una vez desconectado el transmisor del extremo distante. Este análisis puede ser mucho más fácil si se efectúa en la salida del amplificador FI del receptor. Los productos de combinación pueden ser evaluados mediante cálculos.

### **3.3 Interferencias de alcance excepcional en un mismo canal**

En condiciones de propagación normales, las interferencias de alcance excepcional en un mismo canal se propagarán normalmente en tres saltos, o en dos saltos más que la señal deseada, para configuraciones de frecuencia patrón. Es normal procurar que los trayectos estén correctamente desplazados a fin de que la antena, debido a su capacidad de discriminación, pueda reducir al mínimo cualquier interferencia de alcance excepcional. Si se sospecha la existencia de una interferencia de este tipo, es posible detectarla efectuando un análisis del espectro de la señal recibida, desconectando previamente el transmisor de la señal deseada. También es posible que la causa de la interferencia en un mismo canal sea la señal del salto siguiente con respecto al receptor afectado. Esto puede ocurrir si la relación entre la radiación frontal/dorsal de la antena del salto siguiente es baja o si el ángulo del salto siguiente es tal que un lóbulo lateral de la antena para el trayecto siguiente dirige en el mismo canal una señal suficiente para causar una interferencia (véanse las Recomendaciones UIT-R F.1096 (Métodos de cálculo de la interferencia con visibilidad directa causada a sistemas de relevadores radioeléctricos que han de utilizarse para tener en cuenta la dispersión en el terreno) y UIT-R F.1095 (Procedimiento para determinar la zona de coordinación entre estaciones de radioenlaces del servicio fijo)).

### **3.4 Interferencias de alcance excepcional en canales adyacentes**

La presencia de interferencias de alcance excepcional en canales adyacentes plantea cuestiones similares que las citadas con respecto a la presencia de interferencias en un mismo canal. Para determinar la cantidad de interferencia (véanse las Recomendaciones UIT-R F.1191 (Anchuras de banda y emisiones no deseadas de los sistemas digitales del servicio fijo) y UIT-R SM.328 (Espectros y anchuras de banda de las emisiones)), es necesario efectuar un análisis del espectro RF o FI, previa desconexión del transmisor de la señal deseada.

### **3.5 Radares u otras interferencias**

Las interferencias de tipo impulso pueden provenir de diversas fuentes como los radares, los arcos eléctricos o los sistemas de encendido de los vehículos a motor. En general, se puede determinar la signatura de un radar analizando las ráfagas de error. A título de estimación cuantitativa puede decirse que un radar que causa una interferencia continua se situará generalmente en la línea de visibilidad del receptor afectado aunque puede también no estar lejos del apuntamiento de la antena a menos que el radar esté muy cerca (para una información más completa sobre las interferencias causadas por los radares (véanse las Recomendaciones UIT-R F.1097 (Posibilidades de reducción de la interferencia para aumentar la compatibilidad entre los sistemas de radar y los sistemas de radioenlaces digitales) y UIT-R F.1190 (Criterios de protección en sistemas de radioenlaces

digitales para asegurar la compatibilidad con los sistemas de radar en el servicio de radiodeterminación)). Las interferencias de tipo impulso pueden provenir de otras fuentes situadas en las proximidades del receptor afectado. Para evaluar sus efectos, es necesario disponer de medios de análisis global de errores.

En varias Recomendaciones de la Serie F y en el Manual del UIT-R –Sistemas de relevadores radioeléctricos digitales puede hallarse una información más completa sobre las interferencias causadas por otros servicios que comparten las mismas bandas de frecuencias.

#### **4 Errores ocasionales asociados a condiciones meteorológicas**

Las condiciones meteorológicas pueden desempeñar un papel importante en los errores causados a los FWS. A menudo, los errores pueden estar vinculados a una zona de aire estable en un sistema de alta presión con frentes fríos y cálidos, o incluso de vientos. Para determinar qué condiciones meteorológicas están asociadas a una tasa elevada de errores hay que llevar a cabo una delicada tarea de observación. Una vez determinados los errores vinculados a una condición meteorológica concreta, hay que tratar de aislar el problema observado. Si los errores ocasionales no están asociados a ninguna condición meteorológica, su causa podrían ser otras fuentes de interferencia (véase el § 4.4).

##### **4.1 Desvanecimiento debido a la lluvia**

La atenuación de la señal debida a la lluvia estará evidentemente asociada a fuertes precipitaciones, aunque en sistemas no muy bien concebidos la señal puede desaparecer gradualmente a causa de lluvias poco intensas. En esos casos, habría que consultar la Recomendación UIT-R P.530 para determinar el margen del sistema con respecto a la lluvia y compararlo con el margen real. Si ese margen es poco elevado, la causa podría ser una potencia de transmisión insuficiente, una incorrecta alineación de la antena o una selección indebida de antenas y de frecuencias en relación con la longitud del trayecto dado.

##### **4.2 Desvanecimiento por trayecto múltiple**

Un desvanecimiento por trayecto múltiple puede deberse a condiciones meteorológicas pero también a un fenómeno de reflexión sobre objetos y superficies, o a una combinación de ambos (véase la Recomendación UIT-R P.530). Para determinar si ese desvanecimiento es la causa de los errores que afectan al sistema es necesario hacer mediciones completas de varios parámetros del sistema. Los mejores resultados se obtienen asociando el nivel de la señal, la dispersión en amplitud y las características de error medidas durante el desvanecimiento. Para los sistemas en diversidad, la medición asociada del nivel de la señal y de la dispersión en amplitud en la entrada del combinador puede facilitar suficiente información para permitir la optimización del funcionamiento en diversidad.

Un análisis posterior de las mediciones por medio de un programa informático y/o la simulación de los efectos calculados puede contribuir a determinar la naturaleza del desvanecimiento. Una vez que ésta se define, pueden efectuarse ajustes sobre los sistemas en cuestión para mejorar las características de error.

Si el desvanecimiento por trayecto múltiple no es la causa de los errores asociados a las medidas del nivel de la señal, la dispersión en amplitud y los errores se situarán a niveles normales de la señal, sin desvanecimiento, y en ese caso hay que descartar el desvanecimiento por trayecto múltiple.

La mejora de la señal a raíz de un trayecto múltiple puede dar lugar a un aumento importante del nivel de la señal recibida. En esas condiciones, puede aparecer una sobrecarga del receptor dando lugar a la aparición de errores.

Los mecanismos que producen el desvanecimiento por trayecto múltiple y las soluciones que pueden encontrarse para cada trayecto son complejos pero razonablemente bien entendidos. Si se considera que el desvanecimiento por trayecto múltiple es la causa de errores, hay que revisar el diseño de los enlaces. Un medio eficaz de resolver este fenómeno de desvanecimiento por trayecto múltiple es implantar un nivelador adaptativo en el receptor. Ya existen numerosos niveladores que se ajustan a las indicaciones del Manual del UIT-R – Sistemas de relevadores radioeléctricos digitales o a la Recomendación UIT-R F.1101 (Características de los sistemas inalámbricos fijos digitales por debajo de 17 GHz aproximadamente). Otro método consiste en optimizar el trayecto de propagación radioeléctrica. Antes de sacar cualquier conclusión objetiva con respecto a las posibles soluciones, habrá tal vez que efectuar un análisis detallado de cada trayecto mediante mediciones o simulación. Sin ese análisis, no se recomienda efectuar ninguna modificación en los trayectos, como por ejemplo cambiar la posición de la antena, desplazar las estructuras de soporte de la antena, segmentar los trayectos o retocar la vegetación en un determinado trayecto.

### 4.3 Interferencias de alcance excepcional con *N*-saltos

Además de los errores continuos causados por interferencias de alcance excepcional en un mismo canal o en canales adyacentes (véanse los § 3.3 y 3.4), se producen a veces interferencias que tienen un alcance verdaderamente excepcional en condiciones atmosféricas estables y que están vinculadas en particular a sistemas de alta presión. En esos casos, las interferencias pueden propagarse a centenas de kilómetros. Se deben en general a la alineación de antenas alejadas unas de otras. Además, es posible que esas interferencias no se interrumpan ante la presencia de una serie de colinas, obstáculos que normalmente bloquean la mayor parte de las interferencias. Se puede calcular el número de interferencias causadas por todas las fuentes autorizadas posibles utilizando el modelo aplicado al servicio fijo descrito en la Recomendación UIT-R P.452 (Procedimiento de predicción para evaluar la interferencia en microondas entre estaciones situadas en la superficie de la Tierra a frecuencias superiores a unos 0,7 GHz).

Las condiciones que causan interferencias de alcance excepcional pueden dar lugar además a un fenómeno de desvanecimiento por trayecto múltiple, como se indicó en el § 4.2. Por este motivo, puede ser a veces difícil distinguir los diferentes efectos. Para hacerlo, hay que efectuar mediciones correlativas de los niveles de las señales, de la dispersión en amplitud y de las características de error. También se puede llevar a cabo el análisis del espectro de frecuencias intermedias de las señales recibidas durante periodos en que la tasa de errores es elevada.

### 4.4 Otras interferencias

Las interferencias a larga distancia pueden ser causadas por diversas fuentes en condiciones de propagación anormales. En general, están relacionadas con una situación estable de alta presión. El desvanecimiento de la señal que puede producirse al mismo tiempo también puede, a la vez, causar errores. En ese caso, hay que llevar a cabo una correlación del nivel de la señal, de la dispersión y de las características de error para determinar si las interferencias han afectado la resistencia del sistema.

En ocasiones, las interferencias pueden ser debidas a instalaciones provisionales, o incluso a transmisores de alta potencia en curso de experimentación. Este tipo de interferencia no estará necesariamente asociada a ninguna condición meteorológica determinada. Las interferencias provenientes de instalaciones provisionales pueden ser muy difíciles de localizar. De cualquier manera, los mejores resultados se obtendrán si se efectúa un análisis detallado de los errores mediante sistemas de medición del nivel de la señal y/o de los errores con velocidades de muestreo elevadas (para interferencias causadas por radares, véase el § 3.5).



Resulta también muy difícil localizar errores ocasionales causados por interferencias aleatorias. Se recomienda en este caso efectuar mediciones de los niveles de las señales, de la dispersión y de las características de error para contribuir a eliminar otras causas posibles de errores. El origen de este tipo de interferencias puede ser una gran variedad de armónicas de transmisores móviles o fijos o incluso un fenómeno de conducción eléctrica.

La inestabilidad de un sistema puede ser debida al mal estado de los conectores, a una puesta a tierra insuficiente, a una ruptura o corrosión de los cables, a vibraciones o a un ruido eléctrico producido por el contacto del interruptor. También en estos casos los efectos son muy difíciles de aislar y es necesario empezar a eliminar todas las demás causas de interferencias posibles mediante un análisis sistemático.

Las interferencias también pueden provenir de otras fuentes como, por ejemplo, los sistemas de relevadores radioeléctricos transhorizonte y los sistemas de radiocomunicaciones móviles (véanse las Recomendaciones UIT-R F.302 (Limitación de las interferencias causadas por los sistemas de radioenlaces transhorizonte) y UIT-R F.1334 (Criterios de protección para sistemas del servicio fijo que comparten las mismas bandas de frecuencias en la gama de 1 a 3 GHz con el servicio móvil terrestre)).

La causa de la inestabilidad de un sistema pueden ser también ciertas condiciones meteorológicas como el viento, las temperaturas bajas o elevadas, e incluso la lluvia. Cualquiera de ellas puede provocar diversos efectos como el bloqueo de los osciladores, la inestabilidad de elementos exteriores como las estructuras de soporte de las antenas, las antenas propiamente dichas y las guías de ondas, o incluso interferencias eléctricas causadas por acondicionadores de aire en periodos de intenso calor.

## **5 Análisis de errores en los enlaces para FWS utilizados en redes de acceso**

Las orientaciones técnicas y de funcionamiento indicadas en los § 3 y 4 podrían aplicarse generalmente al análisis de errores en los enlaces también en el caso de FWS utilizados en el tramo de acceso o sobre los enlaces de retroceso en la red principal. Conviene indicar que en este tipo de FWS el número de saltos es a menudo muy limitado y muchas veces uno solo. Por este motivo, el análisis de las interferencias de alcance excepcional a las que se hace referencia en los § 3.3, 3.4 y 4.3 podrían quedar fuera del análisis. No obstante, estos sistemas plantean numerosas cuestiones, como se indica a continuación.

### **5.1 Identificación de la estación o del salto causante de errores en los enlaces**

En primer lugar, es necesario saber qué salto o qué estación está causando errores en los enlaces. Si se observan errores en todos los enlaces inalámbricos hacia las estaciones de los usuarios que funcionan en el modo P-MP, es probable que haya un problema en el equipo radioeléctrico de la estación central. De lo contrario, un determinado salto radioeléctrico o el correspondiente equipo terminal del usuario pueden estar afectados por una cierta causa de error, por ejemplo la alineación incorrecta del sistema, condiciones de propagación desfavorables o una interferencia.

### **5.2 Condiciones de instalación**

En un cierto número de estaciones de usuario puede ocurrir, especialmente en el caso de un salto muy breve, que la antena no apunte exactamente hacia la estación central. Esta mala alineación puede exponer la antena receptora a ondas reflejadas no deseadas o a otras fuentes de interferencia. Por motivos de estanqueidad, también es importante verificar todas las conexiones físicas del equipo radioeléctrico o proteger la superficie de la antena para que no quede cubierta por la nieve.

Durante el análisis de errores, conviene verificar cuidadosamente los distintos factores indicados supra que contribuyen a la alineación del sistema.

### **5.3 Obstáculos imprevistos a la propagación**

En el caso de los enlaces de los FWS implantados en zonas urbanas, el equipo radioeléctrico (antena y dispositivos de transmisión y recepción) suele estar instalado en el techo de un edificio. En esas condiciones, ocurre a menudo que el trayecto de propagación queda obstruido por obstáculos imprevistos, por ejemplo un nuevo edificio o árboles, que aparecen después de la instalación. Ello da lugar a una cierta reducción del margen de protección contra los desvanecimientos, asociada a una fluctuación de la potencia de recepción, lo cual permite observar con mayor frecuencia la presencia de errores continuos. A veces, este problema se resuelve simplemente situando la antena a mayor altura. Si ello no es posible, habrá entonces que cambiarla de lugar.

### **5.4 Ondas de reflexión con trayecto de propagación**

En los enlaces de acceso inalámbricos fijos (FWA), la fluctuación de las condiciones de propagación que causan errores ocasionales no se deben únicamente al desvanecimiento por trayecto múltiple o a la lluvia sino también a otros factores, por ejemplo, la circulación de automóviles, trenes o embarcaciones. En general es difícil determinar y hallar la causa de ese tipo de errores ocasionales y, para resolver el problema, puede ser necesario ajustar el emplazamiento de la antena afectada.

## **6 Resumen**

La utilización continua y el desarrollo de los FWS, junto con la mejora constante de su calidad, constituyen exigencias que influyen considerablemente en su diseño y funcionamiento con la finalidad de que presenten una calidad de servicio permanentemente elevada. Entre las causas de errores verificadas en este tipo de sistemas pueden mencionarse los problemas vinculados a la propagación, las interferencias, el diseño de los equipos y los enlaces, la instalación y el mantenimiento. Para resolver los problemas de mal funcionamiento, es imprescindible efectuar mediciones de los niveles de las señales y de los parámetros de las características de error.

El análisis y la optimización de las características de error de los FWS considerados en la presente Recomendación requieren un enfoque sistemático teniendo en cuenta los límites en materia de calidad de funcionamiento indicados en otras Recomendaciones (es decir, para el mantenimiento en la Recomendación UIT-R F.1566 y para la puesta en servicio, en la Recomendación UIT-R F.1330) así como un conocimiento profundo de la estructura del sistema en cuestión. La presente Recomendación facilita por lo tanto las indicaciones necesarias, a título orientativo, para que los FWS puedan seguir su evolución e implantación de conformidad con los requisitos de calidad de funcionamiento establecidos por el UIT-R.

---

