

## RECOMENDACIÓN UIT-R F.1103-1\*

**Requisitos básicos y tecnologías para los sistemas de acceso inalámbrico fijo que funcionan en bandas por debajo de 3 GHz para establecer conexiones de abonado inalámbricas en zonas rurales**

(Cuestión UIT-R 125/9)

(1994-2007)

**Ámbito**

Esta Recomendación proporciona los requisitos básicos y las tecnologías para los sistemas de acceso inalámbrico fijo (FWA) que funcionan en bandas por debajo de 3 GHz para su utilización en las conexiones inalámbricas en zonas rurales. Los requisitos incluyen varios aspectos así como objetivos de calidad de funcionamiento/disponibilidad. Los Anexos presentan información técnica y de funcionamiento necesaria específicamente para aplicaciones FWA utilizadas en zonas rurales.

**Vocabulario**

SCR Sistema de concentradores radioeléctricos

Sistema inalámbrico en el que el recurso radioeléctrico (por ejemplo, un intervalo de tiempo en el dominio del tiempo o un canal de frecuencia en el dominio de las frecuencias) normalmente es utilizado por más de un abonado aplicando una técnica de acceso múltiple.

**Abreviaturas**

MICDA Modulación por impulsos codificada diferencial adaptativa

AMDC Acceso múltiple por división de código

E y M Eléctrico y magnético

DDF Duplex por división de frecuencia

MIC Modulación por impulsos codificados

P-MP Punto a multipunto

P-P Punto a punto

DDT Dúplex por división en el tiempo

AMDT Acceso múltiple por división en el tiempo

TT Trama de tiempo

IT Intervalo de tiempo

---

\* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 2 del UIT-D (C. 10).

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que existe la imperiosa necesidad de establecer conexiones de telecomunicaciones de abonado económicas en las zonas rurales, especialmente en los países en desarrollo;
- b) que el equipo de esos enlaces debe ser sencillo y fiable para reducir los gastos de establecimiento y facilitar su mantenimiento y explotación;
- c) que en tales enlaces la tasa de llamadas permite aplicar métodos como los sistemas de acceso inalámbrico fijo (FWS) que utilizan aplicaciones punto a multipunto (P-MP);
- d) que los sistemas de acceso inalámbrico fijo que funcionan en las bandas por debajo de 3 GHz resultan adecuados para establecer esos enlaces y que es preciso facilitar información técnica sobre dichos sistemas a los diseñadores de sistemas;
- e) que en las zonas rurales suele ser difícil construir de manera económica líneas metálicas u otros sistemas por cable, pese a lo cual dichas zonas deben contar también en la medida de lo posible, con diversos servicios de telecomunicación proporcionados por medio de líneas metálicas o de otros sistemas por cable;
- f) que la Recomendación UIT-R F.1490 especifica los requisitos genéricos para los sistemas de acceso inalámbrico fijo;
- g) que la Recomendación UIT-R F.757 proporciona los requisitos básicos y objetivos de calidad para sistemas de acceso inalámbrico fijo que utilizan tecnologías derivadas de las tecnologías móviles que ofrecen servicios de telefonía y de comunicaciones de datos,

*recomienda*

**1** que los sistemas de acceso inalámbrico fijo (FWA) utilizados para establecer enlaces de abonado rurales proporcionen también los servicios que pueden obtenerse mediante líneas metálicas. Estos servicios pueden ser:

- el servicio telefónico individual a 2 hilos;
- servicios telefónicos de previo pago de varios tipos;
- el servicio a 4 hilos con y sin conductores de señalización E y M;
- la transmisión de datos en banda vocal, incluidos servicios facsímil y otros servicios telemáticos, con una velocidad de transmisión de por lo menos 9,6 kbit/s;

**2** que, en la mayoría de los casos, los sistemas FWA anteriores:

- permitan transmitir datos a velocidades de 64 kbit/s e inferiores;
- proporcionen, acceso a la RDSI a la velocidad básica mediante canales 2B+D;

**3** que, teniendo debidamente en cuenta las consideraciones económicas:

**3.1** el grado de servicio (probabilidad de pérdida de llamadas) ofrecido por un sistema de este tipo al abonado no sea normalmente inferior al 1% y se calcule de acuerdo con las Recomendaciones UIT-T de la Serie E (por ejemplo, la Recomendación UIT-T E.506 y E.541 (véase la Nota 1);

**3.2** que la característica de error y los objetivos de disponibilidad se ajusten a lo dispuesto en las Recomendaciones UIT-R F.697 y UIT-R F.1400;

**4** que, para utilizar eficazmente el espectro de frecuencias, se dé preferencia a los concentradores radioeléctricos y a otras técnicas de acceso múltiple digitales y que se tenga en cuenta la información técnica detallada sobre sistemas P-MP con AMDT que figura en el Anexo 1 (véase la Nota 2);

5 que, para las características generales del equipo y los entornos de funcionamiento, se utilice la información contenida en el Anexo 2, destinada a orientar a las administraciones y los diseñadores de sistemas;

6 que los métodos de codificación vocal que se apliquen en los sistemas digitales permitan una integración directa del sistema en la red conmutada e impongan el menor número posible de limitaciones. Los métodos de codificación recomendados son el de modulación por impulsos codificados (MIC) a 64 kbit/s y el de modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) a 32 kbit/s, con arreglo a las Recomendaciones UIT-T G.711 y UIT-T G.726, respectivamente.

NOTA 1 – Ciertas administraciones pueden adoptar otros valores de grado de servicio, por ejemplo, hasta un 5%, dependiendo de las condiciones locales.

NOTA 2 – En el Manual de acceso inalámbrico fijo (Volumen 1 del Manual del servicio móvil terrestre) figuran otras tecnologías tales como AMDC y OFDM.

## Referencias

### Recomendaciones UIT-R

Recomendación UIT-R F.382 – Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en las bandas de 2 y 4 GHz.

Recomendación UIT-R F.697 – Objetivos de característica de errores y de disponibilidad para el tramo de grado local en cada extremo de una conexión de RDSI a una velocidad binaria inferior a la velocidad primaria que utiliza sistemas de relevadores radioeléctricos digitales.

Recomendación UIT-R F.701 – Disposiciones de radiocanales para sistemas radioeléctricos digitales punto a multipunto que funcionan en bandas de frecuencias de la gama 1,350 a 2,690 MHz (1,5; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4 y 2,6 GHz).

Recomendación UIT-R F.746 – Disposiciones de radiofrecuencia para sistemas del servicio fijo.

Recomendación UIT-R F.757 – Requisitos básicos y objetivos de calidad de funcionamiento para sistemas de acceso inalámbrico fijo que utilizan tecnologías derivadas de las tecnologías móviles que ofrecen servicios de telefonía y de comunicaciones de datos.

Recomendación UIT-R F.1242 – Disposición de radiocanales para los sistemas radioeléctricos digitales que funcionan en la gama 1 350-1 530 MHz.

Recomendación UIT-R F.1243 – Disposiciones de radiocanales para los sistemas radioeléctricos digitales que funcionan en la gama 2 290-2 670 MHz.

Recomendación UIT-R F.1400 – Requisitos y objetivos de calidad de funcionamiento y de disponibilidad para sistemas de acceso inalámbrico fijo a la red telefónica pública con conmutación.

Recomendación UIT-R F.1401 – Consideraciones sobre la identificación de posibles bandas de frecuencias para el acceso inalámbrico fijo y estudios de compartición relacionados.

### Recomendaciones UIT-T

Recomendación UIT-T E.506: Previsiones del tráfico internacional.

Recomendación UIT-T E.541: Grado de servicio global en las conexiones internacionales (de abonado a abonado).

Recomendación UIT-T G.711: Modulación por impulsos codificados (MIC) de frecuencias vocales.

Recomendación UIT-T G.726: Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (MICDA) a 40, 32, 24, 16 kbit/s.

## Anexo 1

### Características generales de los sistemas de acceso inalámbrico fijo que utilizan técnicas de AMDT

#### 1 Introducción

Este Anexo proporciona información sobre sistemas FWA punto a multipunto que utilizan acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT). Generalmente, tales sistemas pueden funcionar también en modo no concentrado como por ejemplo en los enlaces de datos de baja capacidad preasignados.

Estos sistemas son ampliamente utilizados actualmente para proporcionar servicios de datos vocales a los abonados principalmente en zonas rurales/suburbanas y, con menos frecuencia, en emplazamientos urbanos.

#### 2 Descripción general

El objetivo básico de estos sistemas es ofrecer un radioenlace que extienda los servicios a los abonados rurales en zonas donde los sistemas por cable son más costosos o están muy restringidos debido a las características del terreno a fin de proteger el medio ambiente. En la medida de lo posible, estos servicios deben ofrecer una calidad de transmisión y una gama de instalaciones similar a la que gozan actualmente los abonados de las zonas urbanas.

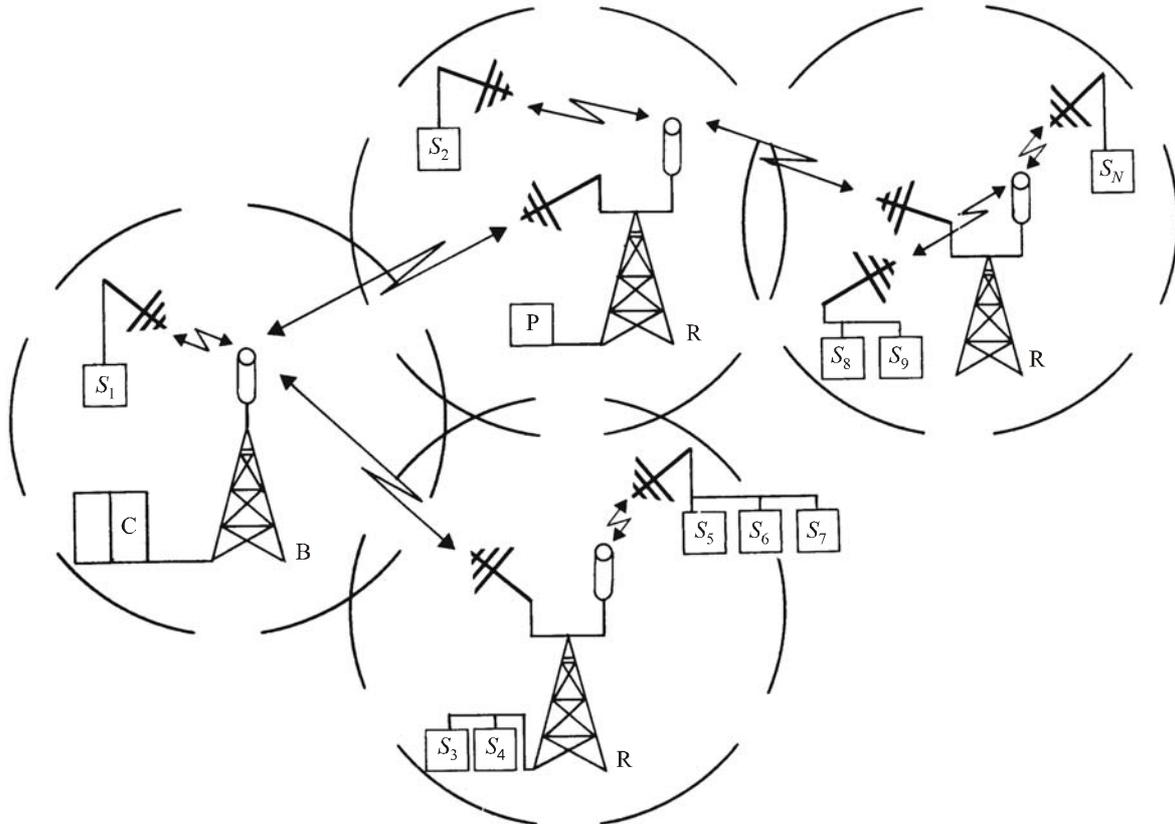
Los sistemas de acceso múltiple permiten a los abonados el acceso a varios circuitos, cuyo número  $n$  es inferior al número  $N$  de abonados ( $n < N$ ). Como se trata de un sistema concentrador, debe aceptarse un cierto grado de servicio en relación con los intentos de establecer una comunicación. Este grado de servicio depende del número  $n$  de circuitos, del número  $N$  de abonados y del tráfico originado.

Un sistema de concentradores radioeléctricos AMDT (SCR-AMDT) consiste en una sola unidad transmisor/receptor en la estación central y una en cada estación de abonado. La señal transmitida consiste en  $n$  intervalos de tiempo multiplexados en el tiempo capaz cada uno de ellos de proporcionar un canal de telefonía. Cualquier estación de abonado tiene acceso a cualquiera de los  $n$  intervalos de tiempo asignados por demanda por la estación central.

Es posible introducir estaciones repetidoras para extender el servicio desde la central hasta abonados muy distantes. Las estaciones repetidoras constan de dos unidades transmisor/receptor conectadas directamente mediante el equipo apropiado. Los repetidores pueden prestar servicio a los abonados locales y también funcionan como convertidores bidireccionales de radiofrecuencia que retransmiten la señal hacia las zonas radioeléctricas adyacentes (véase la Fig. 1), eliminando por consiguiente la necesidad de los enlaces de interconexión entre células.

En una posible instalación que utilice estaciones repetidoras con conmutación local, la información de señalización, los requisitos de encaminamiento y la información sobre el estado operativo de la red de acceso múltiple se transmiten a través de los canales de supervisión que son continuamente verificados y, si es necesario, actualizados en todas las estaciones. Los canales de abonado o los intervalos de tiempo no utilizados se asignan por demanda mediante el método de extracción/inserción a los abonados individuales a través de centrales locales y los canales de supervisión se actualizan con la información sobre nuevas conexiones y desconexiones. El mismo canal o intervalo de tiempo puede reutilizarse varias veces a lo largo de la red debido a la facilidad del conmutador local. No se necesita ninguna conmutación central. Una estación central se equipa como una estación de cabecera para la red pública.

FIGURA 1  
Posible configuración de un sistema de concentradores radioeléctricos AMDT para abonados rurales



# : central telefónica  
 S<sub>i</sub> : interfaz de abonado  
 R : estación repetidora  
 B : estación central  
 P : teléfono público  
 C : unidad de conmutación

1103-01

### 3 Principios de funcionamiento

Todos los sistemas punto a multipunto AMDT utilizan el mismo principio de transmisión. Las señales vocales codificadas digitalmente o las señales de datos se transmiten desde la estación central en un formato de múltiplex por división en el tiempo (MDT) utilizando entrelazado de bits o bytes. Alternativamente, la información para las diversas estaciones periféricas (de abonado o distantes) se transmite secuencialmente. En sentido inverso, a cada estación periférica se le asigna un intervalo de tiempo en el que transmite su información. Deben tomarse todas las precauciones necesarias para garantizar que las ráfagas de datos llegan a la estación central de forma secuencial. Normalmente esto se logra mediante un cuidadoso diseño del sistema de control y estableciendo una ecualización del retardo absoluto. Tal ecualización se ajusta de manera prefijada o dinámicamente dependiendo de los objetivos de diseño para el sistema. Cuando las variaciones del tiempo de propagación son pequeñas en relación con el periodo en baudios del sistema, generalmente es adecuada la ecualización prefijada. Las Figs. 2 y 3 representan un esquema de un sistema típico y una disposición de la trama AMDT, respectivamente.

Generalmente, la conexión de los sistemas punto a multipunto a la red se efectúa en la estación central y es preferible que el sistema punto a multipunto parezca transparente a la red sin imponer ninguna limitación a la utilización de la AMDT. Además, la utilización de una interfaz convencional permite situar a la estación central a cierta distancia del punto de conexión a la red, pues el enlace a este punto puede realizarse mediante sistemas convencionales radioeléctricos o de cable.

Normalmente, la señal regenerada recibida en cada estación periférica se utiliza para proporcionar la información de temporización a dicha estación periférica. La información de sincronización para las transmisiones en modo ráfaga se obtiene a partir de los bits de supervisión recibidos de la estación central. En consecuencia, cada ráfaga contiene información del preámbulo y, por tanto, para lograr una utilización eficaz del sistema son convenientes ráfagas con largos periodos de trama. Sin embargo, este método puede dar lugar a retardos globales que sean inaceptables en una red pública conmutada y por ello es necesario considerar detalladamente la relación entre la eficacia de transmisión y el retardo permitido en el sistema.

FIGURA 2

## Configuración típica de un sistema inalámbrico fijo AMDT punto a multipunto

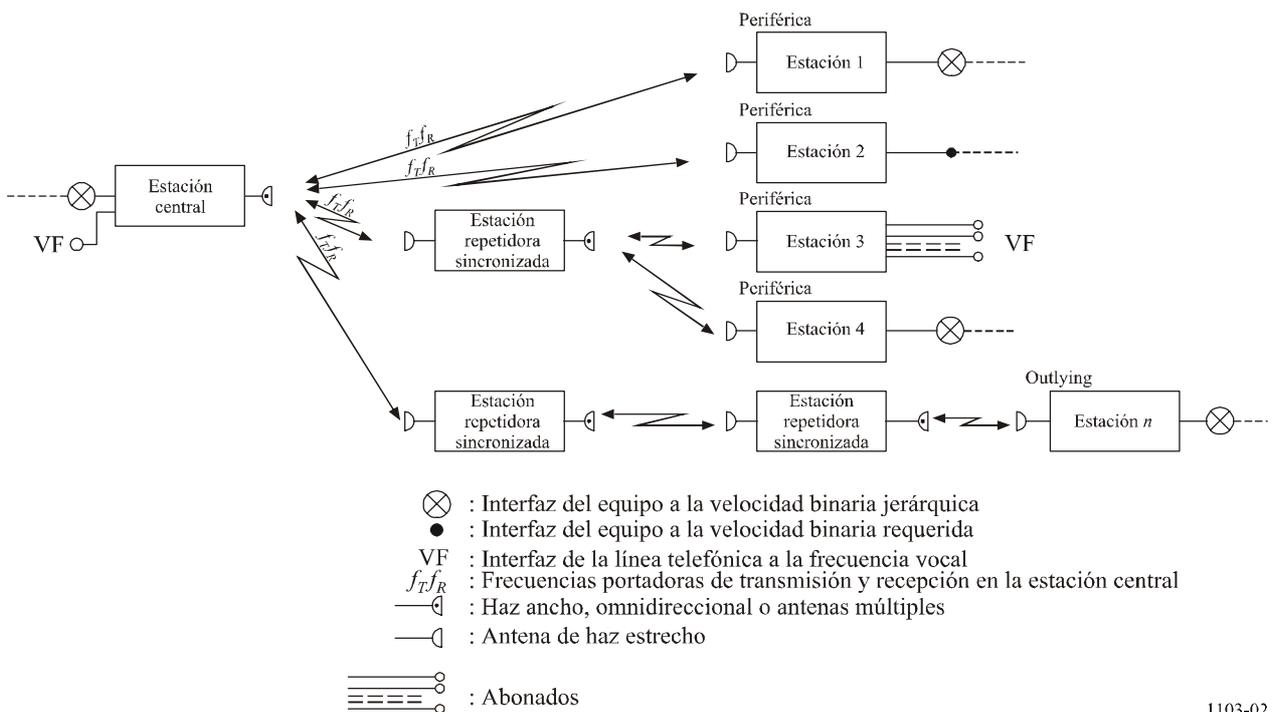
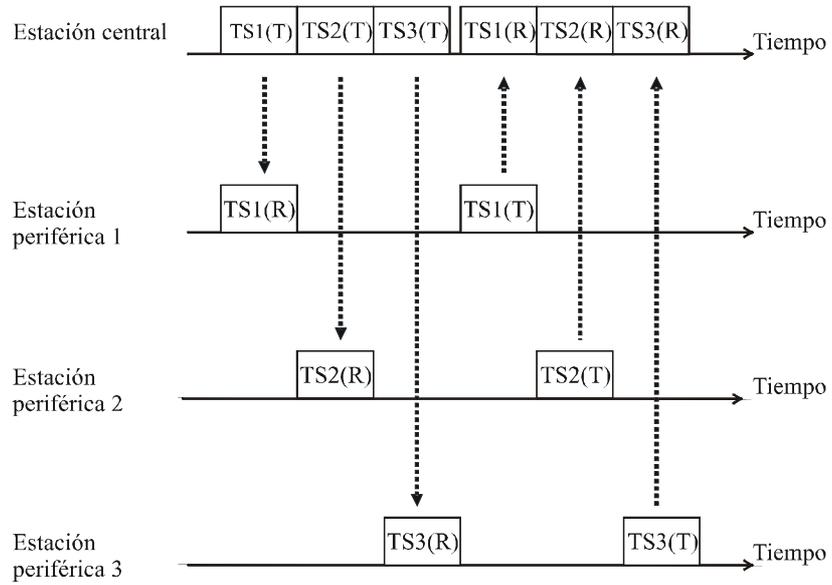
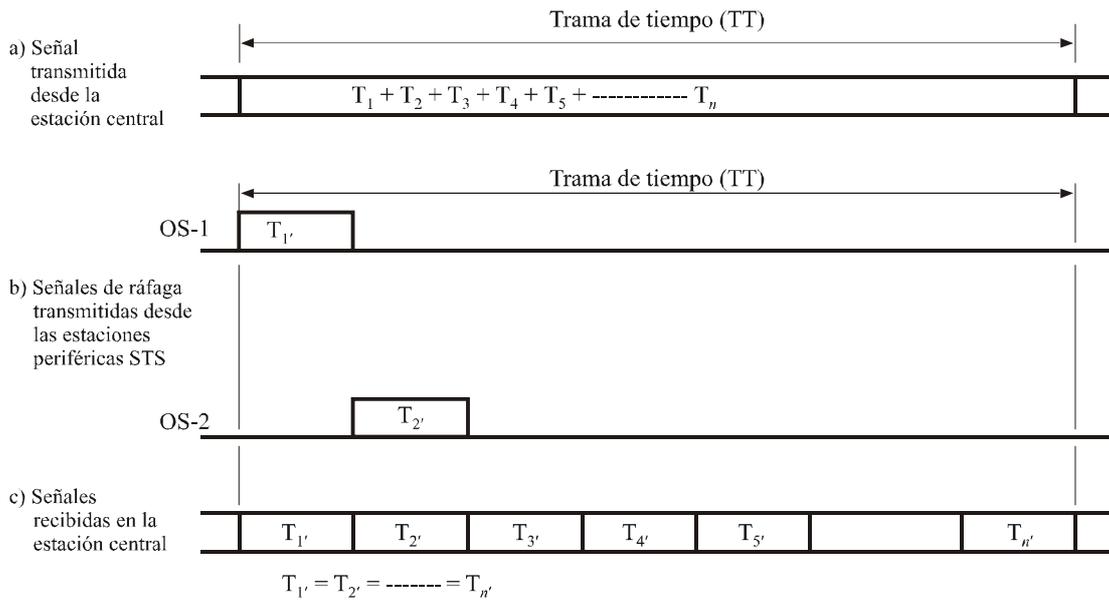


FIGURA 3

Disposición de intervalos de tiempo (TS) en un sistema AMDT que utiliza dúplex por división en el tiempo (DDT) y dúplex por división de frecuencia (DDF)



a) Sistema DDT



b) Sistema DDF

## Anexo 2

### **Información suplementaria sobre los aspectos técnicos y de funcionamiento de los sistemas de acceso inalámbrico fijo utilizados en zonas rurales**

#### **1 Consideraciones generales**

Es necesario reducir al mínimo el coste de establecimiento de la infraestructura requerida para los sistemas utilizados en zonas rurales. Esta infraestructura incluye, en particular:

- la construcción de los caminos de acceso adecuados;
- la provisión de alojamiento para los equipos y, si es necesario, las instalaciones de mantenimiento tales como el acomodo para el personal de mantenimiento;
- la instalación de las fuentes de alimentación junto con los depósitos de combustible, si es necesario;
- la construcción de los soportes de antena, etc.

En los sistemas inalámbricos fijos existentes, el coste de esta infraestructura ha supuesto normalmente una proporción muy elevada de los gastos totales.

Cabe señalar que en ciertos casos (cuando se atraviesan zonas pantanosas, desiertos, regiones montañosas o territorio extranjero) puede ser conveniente la utilización de sistemas de radioenlaces transhorizonte funcionando en una banda de frecuencias relativamente baja, ya que ello evitará la necesidad de construir estaciones a grandes distancias de importantes centros de población que no necesiten una gran instalación. En estos casos, puede que no sean adecuados los componentes de estado sólido para el amplificador de potencia del transmisor.

Si bien normalmente es difícil prever a largo plazo los requisitos de las demandas de tráfico para los enlaces troncales o los enlaces de acceso en zonas rurales, la elección de la capacidad del sistema es un óptimo económico basado en tales previsiones. Una instalación inicial de equipos será poco rentable si su capacidad final rebasa los futuros requisitos. Por otro lado, la sustitución de un sistema más pequeño instalado inicialmente, cuando su capacidad ya es inadecuada, sólo debería ser necesaria tras varios años de crecimiento. En ese caso se justificará un sistema de capacidad más elevada y el equipo inicial puede recuperarse para su utilización en otro enlace con tráfico más ligero. Además, considerando la demanda de banda ancha en el futuro, es conveniente contar con sistemas ampliables.

#### **2 Consideración sobre la banda de frecuencias**

Cae fuera del ámbito de esta Recomendación identificar las bandas de frecuencias preferidas por debajo de 3 GHz para los sistemas FWA utilizados en zonas rurales. Al elegir la banda de frecuencias así como la disposición de los radiocanales sería útil que los diseñadores de los sistemas consideraran la información que figura en el Cuadro 1 de la Recomendación UIT-R F.746.

Además, en la Recomendación UIT-R F.1401 aparecen consideraciones a fin de identificar las posibles bandas de frecuencias para el acceso inalámbrico fijo y los estudios de compartición correspondientes.

### 3 Antenas

Las antenas de las estaciones de abonado deben ser robustas y con una pequeña superficie expuesta al viento. Considerando las dificultades de acceso a emplazamientos remotos, es fundamental tener en cuenta la necesidad de que las antenas sean fiables. Las antenas yagi, si están bien construidas, son una solución óptima para frecuencias de hasta unos 1,5 GHz. Para frecuencias más elevadas, pueden utilizarse otros tipos de antenas tales como sistemas de antenas en hélice o de dipolos con reflector, dependiendo de la ganancia necesaria y de la frecuencia utilizada. Las antenas de bocina han demostrado ser una buena elección para llegar a un compromiso entre ganancia, fiabilidad y coste, en frecuencias a partir de 1,5 GHz.

El empleo de la misma antena para transmisión y recepción generalmente es más económico para sistemas DDF, pero en tales casos debe adoptarse una mayor separación de frecuencias a fin de evitar el bloqueo del receptor (por ejemplo, del 3% al 5% de la frecuencia media). Sin embargo, pueden surgir dificultades técnicas cuando se adopta una separación de frecuencias demasiado grande debido a las limitaciones en anchura de banda de algunas antenas. En los sistemas DDT, la misma antena se utiliza tanto para transmisión como para recepción, de manera que puede emplearse la configuración de antena más sencilla y económica.

En un sistema de acceso múltiple, la antena o antenas en la estación central (donde están concentrados todos los abonados de la zona de servicio) deben elegirse de tal forma que sus características de radiación se ajusten en la mayor medida posible a la zona geográfica que debe cubrirse o a la distribución de las estaciones de abonado.

Las estaciones repetidoras tienen dos antenas. La configuración más común sería la de una antena directiva dirigida hacia la estación central y una antena omnidireccional o posiblemente una antena de banda amplia para dar servicio a las estaciones de abonado local y, si es necesario, para establecer el enlace con otros repetidores.

La utilización de antenas directivas en la estación de abonado facilita una utilización más eficaz del espectro radioeléctrico disponible minimizando la interferencia mutua.

### 4 Alimentación

Por regla general, las fuentes dinámicas de energía (equipos generadores) no deben utilizarse debido al elevado mantenimiento necesario.

La energía solar es especialmente interesante aunque su empleo puede venir restringido por las condiciones climáticas que prevalecen en ciertas zonas.

Para sistemas AMDT, se puede ahorrar energía conmutando el transmisor a modo activo únicamente durante los intervalos de tiempo activos. Pueden lograrse ahorros adicionales de energía si el receptor se desconecta cuando está inactivo, aunque ello exigiría la utilización de ciclos de trabajo compatibles con la filosofía de señalización adoptada.

### 5 Instalación

Los equipos radioeléctricos pueden ubicarse en un bastidor situado en la parte superior de la estructura soporte de las antenas, lo que reduce las pérdidas en el cable pero hace más difícil la instalación y el mantenimiento, o al pie de de la estructura soporte a fin de facilitar estas funciones. Si el bastidor contiene los equipos radioeléctricos y de interfaz de línea, la instalación al pie del soporte es la única solución práctica. En general, los equipos deben ser pequeños, ligeros, robustos y fáciles de instalar, incluso en entornos hostiles.

Los equipos para instalaciones en exteriores deben tener un funcionamiento fiable a lo largo de una amplia gama de temperaturas o con elevados grados de humedad. También se necesitan construcciones herméticas y estancas en zonas tales como los desiertos. Alternativamente, los equipos pueden instalarse en casetas.

La anterior información es aplicable a la instalación de los equipos en los emplazamientos de abonado o en el emplazamiento del repetidor. Sin embargo, la infraestructura necesaria para los equipos radioeléctricos de la estación central puede ser superior ya que los equipos de base son más voluminosos, el consumo de potencia es mayor, etc.

## **6 Mantenimiento**

Como a menudo puede que sea difícil obtener el acceso a los equipos que proporcionan servicio a zonas rurales, dichos equipos deben ser tan fiables, o más fiables, que los sistemas por cable. Algunas administraciones han utilizado sistemas con un tiempo medio entre fallos de más de 10 años para las estaciones de abonado.

Además, debido a la limitación de los conocimientos técnicos disponibles para el mantenimiento de los equipos situados en emplazamientos remotos, el diseño debe ser tal que el mantenimiento *in situ* pueda llevarse a cabo por simple sustitución de tarjetas o de unidades completas. El ajuste en el lugar definitivo de la instalación debe minimizarse o, incluso, eliminarse.

El sistema operativo para supervisar y comprobar el funcionamiento de los elementos de red resulta de gran utilidad para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

---