2. Alternativas sostenibles para las telecomunicaciones rurales

Francisco Javier Simó Reigadas[1]

En la mayor parte de los sectores de actividad humana se da por hecho que el conjunto de agentes relacionados con la expresión o satisfacción de necesidades constituye un sistema con dinamismo propio; la expresión de necesidades por parte de la población es vista por las empresas como una oportunidad de negocio mediante la oferta de bienes y servicios. Más aún, si los bienes y servicios adecuados no están aún desarrollados y transferidos a la industria, tanto la expresión social de necesidades como la identificación de esas carencias por parte de las empresas actúan sobre la comunidad investigadora, que ve la oportunidad de realizar nuevas contribuciones al conocimiento con relevancia garantizada, o bien de coooperar con la industria en actividades de desarrollo e innovación.

No obstante, en el sistema actual, este ciclo sólo se activa si el mercado ve un beneficio económico potencial, o si el sector público actúa estratégicamente para compensar la falta de motivación del sector privado. Las telecomunicaciones rurales son un ejemplo tradicional de falla sistémica, sobre todo en regiones menos desarrolladas. A los operadores no les interesan estas regiones porque son menos ricas que las urbanas y su población está mucho más dispersa, además de que el despliegue y mantenimiento de las infraestructuras resulta más costoso. Esta falta de motivación se propaga hacia atrás a los fabricantes y organismos de estandarización, e incluso a la comunidad investigadora. Por esta causa, no hay tantas opciones tecnológicas disponibles que respondan a las necesidades de las telecomunicaciones rurales. Está en desarrollo un nuevo estándar de redes inalámbricas de cobertura regional, especialmente adecuado para áreas rurales, y especialmente beneficioso para zonas menos desarrolladas (IEEE 802.22), pero este proyecto todavía no tiene fecha de fin. En el resto del capítulo nos centramos en justificar la idoneidad de las opciones que ya están disponibles por sus características generales y a partir de la experiencia, dejando para capítulos posteriores la explicación en profundidad de estas tecnologías.

Para hablar de tecnologías apropiadas, tenemos que partir de las características de los escenarios en los que deben aplicarse. Aunque hay muchas diferencias entre regiones rurales en función del nivel de desarrollo, el perfil climático y topográfico y otros condicionantes, se pueden destacar las siguientes:

[1]Universidad Rey Juan Carlos, España

- La población rural es más pobre que la urbana, menos densa y más dispersa, y tiene menos contacto previo con las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (a veces ninguno). Todo esto hace que resulte caro y difícilmente sostenible el despliegue de infraestructuras.
- La inexistencia o poca calidad del tendido eléctrico, de vías de comunicación terrestre rápidas y de seguridad física de las instalaciones potenciales complican el despliegue de nuevas infraestructuras.
- La falta de interes para los operadores implica que, frecuentemente actores cuya función y estructura no son adecuados para acarrear la responsabilidad del despliegue y mantenimiento de infraestructuras de telecomunicaciones, tienen que darse a sí mismos una solución. Por ello, la tecnología que empleen debe ser particularmente robusta, económica y no debe requerir licencias muy costosas.

Por lo tanto, para que una tecnología de telecomunicaciones pueda proponerse como apropiada para zonas rurales en desarrollo, al contrastarla con estos condicionantes debemos ver realzadas sus ventajas y disminuidos sus inconvenientes. Veremos algunas propuestas a continuación.

2.1. Redes cableadas y redes inalámbricas

Entendemos por redes cableadas aquellas que confinan y guían las señales de comunicaciones por el interior de un soporte físico que suele llamarse de forma genérica línea de transmisión. Dependiendo de las distancias a cubrir, las frecuencias de trabajo y los anchos de banda a manejar, las opciones más usuales son los pares de hilos de cobre, los cables coaxiales o las fibras ópticas. Los medios guiados limitan mucho las interferencias causadas o sufridas, llegando al extremo en el caso de la fibra óptica, en que los rayos de luz conducidos por su interior no interfieren ni son interferidos por señales del exterior. Aunque todo medio tiene sus limitaciones de capacidad de transmisión, las fibras ópticas tienen una capacidad enorme, y en todo caso, se puede aumentar casi ilimitadamente agregando más líneas sobre el mismo trayecto.

Se entiende por comunicación inalámbrica la que se produce mediante transmisión de señales electromagnéticas (o a veces también ópticas) sin ninguna guía, empleando como medio el aire o el espacio vacío. La atenuación de las señales es mucho mayor que en las comunicaciones cableadas, por lo que el alcance es menor para la misma potencia transmitida. Además, las señales se interfieren entre sí y limitan el uso del mismo radiocanal para distintas comunicaciones en el mismo lugar; como el espectro radioeléctrico es un recurso escaso, eso supone, en definitiva, que la capacidad de cualquier tecnología de radiocomunicaciones es mucho más limitada que la de las tecnologías de comunicación por línea.

Dentro de las comunicaciones inalámbricas, un caso particular muy importante son aquellas tecnologías capaces de poner en comunicación a estaciones móviles según se desplazan por una zona de cobertura. Las redes de comunicaciones móviles suelen ser de cobertura zonal; la zona cubierta se divide en células hexagonales, y en el centro de

cada una se ubica una estación base que conecta a las estaciones móviles que circulan por esa célula. Cuando una estación móvil transita de una célula a otra, la red suele ser capaz de modificar rápidamente los circuitos de comunicación empleados sin que se interrumpa la comunicación; esto es lo que se llama *handover*.

Por su limitación de capacidad intrínseca, las redes inalámbricas no pueden plantearse como un sustituto de las redes cableadas, sino más bien como un complemento ideal. Mientras que las redes cableadas proporcionan más alta capacidad a toda clase de distancias, las redes inalámbricas suelen tener más limitaciones en capacidad y en distancia pero aportan la ubicuidad y la movilidad.

En zonas urbanas, las comunicaciones cableadas, con el complemento de las redes móviles, ofrecen una solución completa. En las ciudades menos desarrolladas hay cada vez más presencia de las comunicaciones móviles, sin que se haya explotado tanto como convendría el desarrollo de la infraestructura fija.

En zonas rurales la cosa cambia. El tendido de infraestructuras cableadas es mucho menos razonable y rara vez rentable, resulta más inseguro al atravesar grandes trayectos no supervisados, y responde a una demanda más baja de prestaciones que puede atenderse de otras formas. Por otra parte, los mayores inconvenientes de las comunicaciones inalámbricas, aquí no lo son tanto; en el medio rural, la escasa existencia de redes de telecomunicación reduce enormemente el problema de las interferencias, incluso en bandas no licenciadas que en las ciudades están colapsadas. Con las ventajas de las comunicaciones inalámbricas sucede lo contrario: cobran fuerza, al menos en el caso de las comunicaciones inalámbricas fijas. La infraestructura se concentra en puntos geográficos escogidos, emplazamientos en que los sistemas de comunicaciones pueden ubicarse en el interior de construcciones anejas a mástiles o torres que soportan las antenas, o bien pueden ubicarse tanto los equipos de telecomunicación como las antenas en lo alto de las torres. En cualquier caso, entre emplazamientos no hay nada físico que supervisar o que mantener. Además, el despliegue es también más rápido y más económico que para las infraestructuras cableadas.

En el caso de las comunicaciones móviles, algunas de las ventajas de las comunicaciones inalámbricas para zonas rurales desaparecen. Para ofrecer cobertura zonal hay que instalar más sistemas que para las redes fijas, pues hay que prever que los usuarios puedan conectarse desde cualquier punto de la zona cubierta. Además, las estaciones móviles suelen tener más limitada la ganancia de antena, y a veces también la potencia, pues típicamente funcionan con batería. Igualmente, a menudo deben operar desde interiores, soportando la atenuación de muros, techos y ventanas. Esto lleva a instalar más estaciones base para que todo usuario tenga una próxima desde cualquier punto de la zona de cobertura, lo que es particularmente exigente en las bandas no licenciadas, en las que la potencia de transmisión está limitada por la normativa.

En resumen, las comunicaciones inalámbricas, y más en concreto las comunicaciones inalámbricas fijas, ofrecen una solución especialmente adecuada en áreas rurales desfavorecidas. Además, el uso de bandas no licenciadas se hace también particularmente interesante; los organismos reguladores de muchos países lo han considerado así, emitiendo normas con distintas restricciones para el uso de bandas no licenciadas en zonas urbanas y rurales (e.g. Perú y Colombia, entre otros).

2.2. Servicios de telecomunicación rurales y tecnologías inalámbricas

Para dar un paso más en la propuesta de tecnologías concretas, es preciso definir a qué servicios se pretende dar soporte. La primera gran clasificación a tomar en cuenta sería entre servicios de difusión, que requieren sistemas de transmisión símplex (unidireccionales), y servicios de comunicación bidireccionales. Para los primeros las soluciones son bastante universales, pues la complejidad y la potencia de transmisión caen únicamente del lado de las estaciones transmisoras; no hay mucho que añadir por tratarse de zonas rurales desfavorecidas, las soluciones existentes son aptas.

En cuanto a servicios que requieren comunicación bidireccional, es bien conocida la preponderancia del servicio telefónico, que es el más prioritario para los usuarios por muchas razones: es un servicio básico que no requiere prácticamente capacitación previa, es bien conocido, es flexible, y requiere un mínimo de equipamiento en los sistemas terminales. Habría que diferenciar entre la necesidad de comunicaciones de voz locales y la necesidad de acceso a la RTC (Red Telefónica Conmutada). En un segundo nivel estaría el acceso a redes de datos, y particularmente a Internet, con una pléyade de servicios que se pueden considerar de valor en función del contexto: correo electrónico, navegación web, mensajería instantánea, aplicaciones particulares, etc.

En años pasados se ha empleado mucho la radiocomunicación analógica de banda estrecha tanto en bandas VHF y UHF para comunicaciones locales[2] de media distancia (inferiores al centenar de kilómetros) como en banda HF para comunicaciones de mayor distancia. Más tarde han surgido tecnologías de acceso múltiple (*trunking*) digital (e.g. Tetra) que cubren aproximadamente el mismo tipo de necesidades. Sin embargo, estos sistemas sólo permiten comunicación de datos a muy baja velocidad y con alta complejidad. La experiencia parece demostrar que son muy interesantes cuando se quieren comunicaciones locales de voz por encima de cualquier otra consideración.

Las comunicaciones por satélite también han sido ampliamente reconocidas como la opción para comuniaciones globales, tanto de voz como de datos, ahí donde no hay otra opción. Estas son posibles en cualquier lugar que esté en la huella de un satélite de comunicaciones, siempre que tenga visibilidad del cielo despejado. Las dos grandes desventajas de las comunicaciones por satélite son el precio y el retardo; el retardo puede ser algo molesto en el servicio de telefonía cuando la comunicación emplea un satélite geoestacionario, pero sin duda el mayor hándicap para considerar estas soluciones como las óptimas en zonas aisladas, son los elevados costes fijos debidos a que el uso del segmento espacial es un recurso escaso y a que necesariamente se debe contratar y pagar el servicio a un operador.

Para las comunicaciones de voz y datos de banda ancha con cobertura regional, la gran alternativa que se espera en los próximos años es el estándar IEEE 802.22, que promete alcances del centenar de kilómetros, adaptatividad a las bandas no ocupadas en cada lugar y uso de frecuencias que resultan idóneas para la cobertura de zonas rurales. No

[2] Por comunicaciones locales nos referimos a comunicaciones entre nodos de una red privada, sin salida a la red telefónica pública.

obstante, el proceso de estandarización y luego de producción de tecnología 802.22 puede llevar muchos años y puede incluso no llegar a término si no despierta el interés de los mercados. Mientras tanto, las alternativas reales para distribuir conectividad de voz y datos de banda ancha en zonas rurales que carecen de infraestructuras cableadas son tres: WiLD, WiMAX y determinadas tecnologías propietarias comparables a las dos anteriores. WiLD es el acrónimo normalmente empleado para referirse a la adaptación de Wi-Fi a largas distancias, WiMAX es una tecnología basada en un estándar de redes metropolitanas, y las otras tecnologías referidas son las alternativas ofrecidas por los fabricantes de soluciones propias de banda ancha, más o menos parecidas a alguna de las dos anteriores. De estas alternativas hablaremos en capítulos posteriores.

2.3. Telefonía convencional frente a Telefonía IP

La telefonía fija ha sido tradicionalmente suministrada por medio de una infraestructura de conmutación de circuitos que se ha ido desarrollando a nivel mundial a lo largo de más de un siglo. En las regiones donde las políticas estatales pudieron imponer a tiempo la creación de esta infraestructura en todo el territorio para dar acceso universal al servicio de telefonía, esa garantía se ha mantenido desde la ola de liberalización global del mercado de las telecomunicaciones acaecida en los años 80 y 90. Sin embargo, en aquellos países donde se terminó el siglo XX con amplias zonas de su territorio sin cobertura de la red de telefonía fija, nada apunta a que se vaya a avanzar en esa cobertura. La gran inversión que se requiere para desplegar cableado y centrales de conmutación limita el ímpetu de los operadores por ampliar estas redes. El advenimiento de las redes móviles desde los años 80, digitales en los 90 y soportando comunicaciones de datos de banda ancha ya en los últimos años, ha frenado hasta casi detener el crecimiento de la infraestructura de telefonía fija, y ha aumentado y mejorado la cobertura del servicio telefónico en los grandes núcleos de población, dejando mal servidos o sin servicio en absoluto a grandes zonas rurales.

Paralelamente, en la segunda mitad del siglo XX nació y creció Internet, así como las redes privadas de datos, inicialmente con el soporte de infraestructuras separadas y que funcionaban con una lógica distinta. Sin embargo, en los últimos años los operadores han ido migrando sus redes tanto fijas como móviles a tecnologías multiservicio que son comunes a la conmutación de voz y de datos. Todo confluye a las redes "todo IP" (All-IP). En este contexto nació hace poco más de una década la voz sobre IP (VoIP), al principio como un servicio más, pero poco a poco ha crecido y madurado hasta ser una alternativa para los propios operadores. En zonas rurales desfavorecidas, resulta razonable pensar que cualquier infraestructura que se logre desplegar de comunicaciones debe dar soporte tanto al tráfico de voz como al tráfico de datos, por lo que estamos avocados a las redes IP inalámbricas con VoIP para las comunicaciones telefónicas. Afortunamente, como hemos visto, esto es coherente con las tendencias actuales.

La dificultad para usar VoIP sobre redes IP inalámbricas es que éstas deben ofrecer soporte de calidad de servicio (QoS). En este sentido, WiMAX tiene ventajas sobre las otras alternativas mencionadas, como se explicará en subsiguientes capítulos. En

cualquier caso, si somos capaces de priorizar el tráfico telefónico y de controlar la admisión de las comunicaciones para proteger la calidad de las que ya están en curso, la VoIP será nuestra solución para llevar telefonía sobre una red de datos. Existen varios estándares de VoIP, destacando SIP y H.323, y hay gran cantidad de productos en el mercado que permiten desplegar una infraestructura completa de telefonía sobre una red IP y con pasarela a la RTC. En otro capítulo se profundizará en esto.

2.4. La diversidad de servicios y el retorno de inversión

En las anteriores secciones de este capítulo hemos ido llegando a la conclusión de que la satisfacción de las necesidades de comunicación para zonas rurales aisladas podría lograrse con redes inalámbricas de banda ancha operando en bandas no licenciadas y con VoIP como servicio priorizado. No obstante, aunque se trate de tecnologías asequibles, la sostenibilidad pretendida implica que se tomen en cuenta los costes de diseño, despliegue, operación, mantenimiento y amortización de las infraestructuras.

Es fácil incurrir en el error de considerar que una red privada operando en bandas libres cuesta lo que el diseño, las compras y el despliegue inicial. Es muy importante que los propietarios de esa infraestructura (quienes vayan a serlo en el medio y largo plazo) sean conscientes de los costes de mantenimiento, operación y amortización que tendrán que soportar para hacer sostenible la infraestructura. Eso requiere un cuidadoso estudio de cómo debe ser el plan de mantenimiento, quién debe ocuparse de esas tareas y cuánto cuestan sus servicios, y cómo va a gestionarse la red para hacer lo más eficiente y económica posible su operación.

Computando el coste total, es rara la institución que se puede permitir este tipo de inversiones para sí misma; cuando los operadores no despliegan infraestructura y la iniciativa particular debe darse su propia respuesta a las necesidades de comunicación, probablemente sólo se alcanzará la sostenibilidad si la red se emplea para satisfacer las necesidades de diferentes sectores. Compartir la infraestructura con otras entidades de forma controlada permite compartir también los costos de mantenimiento y amortización.

Como ejemplo de lo anterior, puede que un sistema de salud decida dotarse de una red de comunicaciones que interconecte los establecimientos de salud de una región, pero seguramente resultará mucho más viable la sostenibilidad de la red si se utiliza también para conectar los gobiernos municipales y las escuelas. Estos actores pueden todos ellos extraer importantes beneficios de la conectividad, y estarán probablemente interesados en sufragar parte de los gastos que conlleva la existencia de la infraestructura que se les brinda.

También estos temas se van a tratar extensamente en capítulos de este libro.