

DESPLIEGUE DE UNA RED DE ACCESO POR UN OPERADOR GLOBAL DE TELECOMUNICACIONES

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del proyecto ha sido el seguimiento de instalaciones de sistemas de radioenlaces punto a punto, punto a multipunto y la puesta en marcha de servicios de voz y de datos. Estos sistemas, que forman una de las tecnologías empleadas en el despliegue de una red de acceso, permiten el acceso de los servicios de telecomunicaciones hasta el usuario final. El proyecto ha sido desarrollado en RETEVISION. El despliegue mencionado se desarrolla en las provincias de Sevilla, Badajoz y Cáceres. La mayor parte del proyecto ha sido desarrollada en las dos últimas, debido a las magnitudes del proyecto de la Junta de Extremadura. Este proyecto comprendía el ofrecer servicios de voz y de datos a una serie de edificios situados prácticamente en la totalidad de las localidades de Extremadura.

El proyecto ha sido acorde a la condición de RETEVISION como empresa que ofrece la competencia al operador dominante. Esta condición ha sido determinante en la elección de la tecnología de acceso al considerar factores tan importantes como el no disponer de la red de acceso tradicional formada por el par de bucle de abonado.

Se comenzará por una base teórica, aunque en realidad será simplemente una exposición sobre la situación de RETEVISION como un operador global de telecomunicaciones. También se detallará la constitución de una red de telecomunicaciones para facilitar la comprensión de las fases y las labores desarrolladas en las mismas. Se expondrán algunas terminologías usadas y sus significados como circuito, orden de trabajo, etc.

Las fases en las que se divide el proyecto son:

1. *FASE DE APRENDIZAJE*: Esta fase comprende la recogida de toda la documentación necesaria para poder realizar las labores en fases posteriores, así como la información reunida para tal fin.
2. *FASE DE SEGUIMIENTO DE INSTALACIONES DE RADIOENLACES PUNTO A MULTIPUNTO*: En esta parte se expondrá el seguimiento realizado sobre las instalaciones PmP (punto a multipunto) y se detallarán las características de estos sistemas.
3. *FASE DE PETICIONES DE APOYOS Y DISTRIBUCIÓN DE ÓRDENES DE TRABAJO*: En esta parte se detallarán el tipo de

apoyos que se realizan principalmente a operadores de la telefonía móvil, y la distribución de las órdenes de enrutamiento de circuitos a las unidades de mantenimiento implicadas. Finalmente se expondrá el objetivo de estas órdenes.

4. **FASE DE ESTUDIO DE VIABILIDADES Y EL SEGUIMIENTO DE SU REALIZACIÓN:** En esta parte se comentará en lo que consiste un estudio de viabilidad e insistiremos en la importancia de esta fase para futuras decisiones. Indicar también que se estuvo realizando un seguimiento sobre los resultados de las viabilidades con el objetivo de monitorizar el tiempo utilizado para el estudio realizado, el tipo de incidencias más frecuentes, etc.
5. **PROYECTO JUNTA EXTREMADURA:** Esta fase es la más extensa. Para explicar las labores que se han llevado en este proyecto se dividirá esta fase en subfases.
 - **SUBFASE DE SEGUIMIENTO DE CIRCUITOS:** Consiste en el seguimiento de circuitos de datos y de voz. Esta parte consistía en la prueba del correcto funcionamiento del circuito desde el cliente hasta RETEVISION a través de pruebas de bucles locales y bucles remotos usando los sistemas de supervisión adecuados. Se explicará en qué consisten las pruebas aludiendo al tipo de alarmas y su significado y cómo funcionan los sistemas de supervisión.
 - **SUBFASE DE CONEXIONADO DE ALARMAS EXTERNAS:** En esta parte se explicarán los equipos necesarios a tener en una estación base (caseta) y la necesidad de monitorizar su funcionamiento a través del sistema de alarmas externas. Se indicará el porqué del nombre de alarmas externas. Finalmente se aludirá a las pruebas que se realizan para comprobar el conexionado de este sistema de alarmas.
 - **SUBFASE DE SEGUIMIENTO DE CHECK LIST:** En esta última parte se explicará la razón de la realización de los *check list*¹, en qué consisten y a qué tipo de instalaciones se realizan. El seguimiento realizado es una base de datos para valorar los resultados en cuanto a tiempo medio que conlleva su realización y las incidencias más comunes y frecuentes.

En cada fase o subfase se indicarán los equipos necesarios y la función que realizan.

Finalmente indicar que está memoria es meramente descriptiva y que en ningún momento se expondrá información que pueda ser perjudicial a la empresa. Así pues se incluirán planos, figuras y esquemas para facilitar la comprensión de la memoria, pero estos últimos serán de carácter general sin que en ningún caso correspondan a datos reales.

¹ Un *check list* es un documento donde figuran los resultados de las pruebas de aceptación de instalaciones contratadas a otras empresas.

2 BASE TEÓRICA

El departamento donde se ha desarrollado el proyecto es el departamento Acceso de la empresa RETEVISION, pertenece a la parte de red fija ofreciendo servicios de voz y de datos. RETEVISION fue un ente público dedicado a audiovisual hasta el momento en que se liberalizaron las telecomunicaciones en España. Se propuso como competencia al operador dominante. Actualmente la empresa sigue siendo el operador dominante de audiovisual pero ofrece servicios de telecomunicaciones como telefonía, datos, Internet y telefonía móvil.

Los Operadores Globales de Telecomunicaciones deben disponer de redes que permitan las siguientes funciones:

- Comunicación telefónica nacional e internacional y acceso telefónico a datos, llevado a cabo en las Centrales de Conmutación de Voz (Red de Voz).
- Comunicación de los clientes que intercambian señales con equipos de datos mediante Nodos de Conmutación de Datos (Red de Datos).
- Acceso del cliente desde los equipos instalados en su sede (teléfonos, routers, modems,...) hasta los nodos de concentración o hasta los nodos o centrales de Voz y Datos (Red de Acceso).
- Transporte de la señal desde los nodos de concentración hasta los nodos de conmutación (voz/datos) y transporte de señales de los nodos o centrales de las redes de Voz y Datos (Red de Transporte).

Veamos una división más simple de las redes de telecomunicaciones y que consiste en dos redes, *red de transmisión* que es la encargada de llevar los equipos del cliente, ya sea para servicios de voz o de datos, hacia los nodos de concentración, y *red de conmutación* que es la encargada de la conexión de los distintos concentradores y equipos de conmutación.

2.1 RED DE TRANSMISIÓN

En esta parte se expondrá la composición de una red de transmisión desplegada por una empresa que ofrece competencia al operador dominante, por lo tanto, la arquitectura de la red será fiel a la idea de que no disponen de red cableada de pares hasta el cliente.

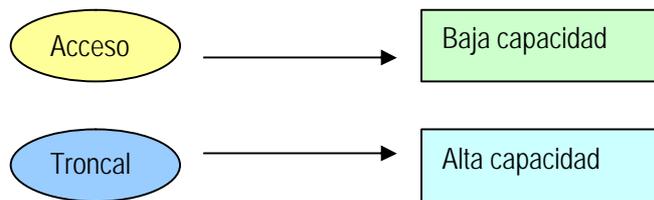
Una red de transmisión se divide en dos subredes:

- Red de Acceso Radio²
- Red Troncal³

Que a su vez utilizan tecnologías respectivamente de:

- Baja capacidad
- Alta capacidad

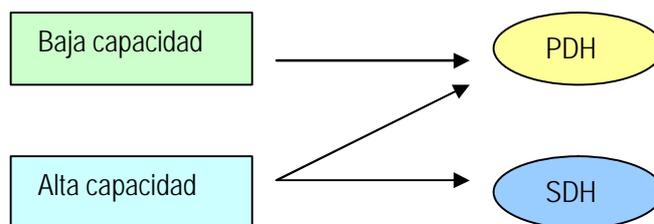
La relación posible está mostrada en el siguiente esquema:



A su vez la baja y alta capacidad están implementadas mediante:

- PDH (Jerarquía digital plesiócrons)
- SDH (Jerarquía digital síncrons)

Con la siguiente interrelación:

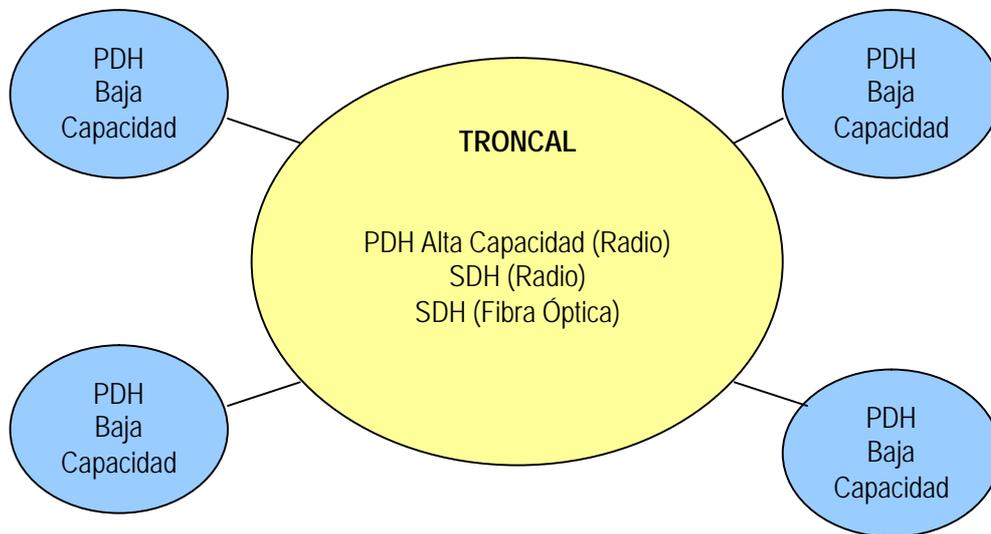


En un principio sólo se desarrollaron equipos con la tecnología PDH para la baja y alta capacidad. Tras la aparición de los equipos SDH, la idea a cumplir fue que toda la red de alta capacidad fuera con esta tecnología SDH y que la red de acceso fuese con la tecnología PDH. La red actual está compuesta por tecnología PDH de baja capacidad para el acceso a la red troncal, que a su vez está compuesta mayoritariamente por tecnología SDH y minoritariamente por PDH de alta capacidad (a extinguir).

² Este tipo de redes está expuesto con más detalle en el apartado 2.3.

³ Una red troncal es una red de alta capacidad formada mayoritariamente por anillos de fibra óptica conectados entre sí por equipos de radio SDH (Jerarquía digital síncrons).

Veamos un esquema:



La red de acceso radio está compuesta por dos topologías:

- Punto a punto (PaP)
- Punto a multipunto (PmP)

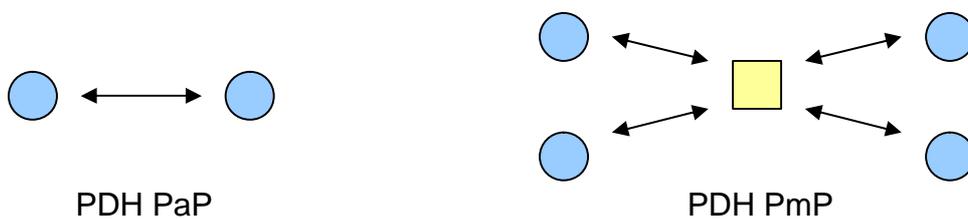
Ambas mediante enlaces radioeléctricos.

Al no disponer la empresa de pares de bucle de abonado se recurre a los enlaces radioeléctricos PDH Baja Capacidad tanto con sistemas PaP o PmP. Incluso para partes de la red troncal se usan enlaces radioeléctricos PDH Alta Capacidad y SDH. El utilizar enlaces radioeléctricos conlleva a una serie de problemas. Primero, necesidad de visibilidad directa para el radioenlace. Especialmente problemática en la construcción de enlaces a clientes nuevos. Como se verá más adelante este problema será una fase fundamental en las etapas de alta de un circuito. Segundo, permisos de comunidad ya que la mayoría de los clientes no son propietarios de los edificios donde se ubican sus oficinas. Hoy día las comunidades están rechazando este tipo de instalaciones por la utilización de frecuencias de microondas.

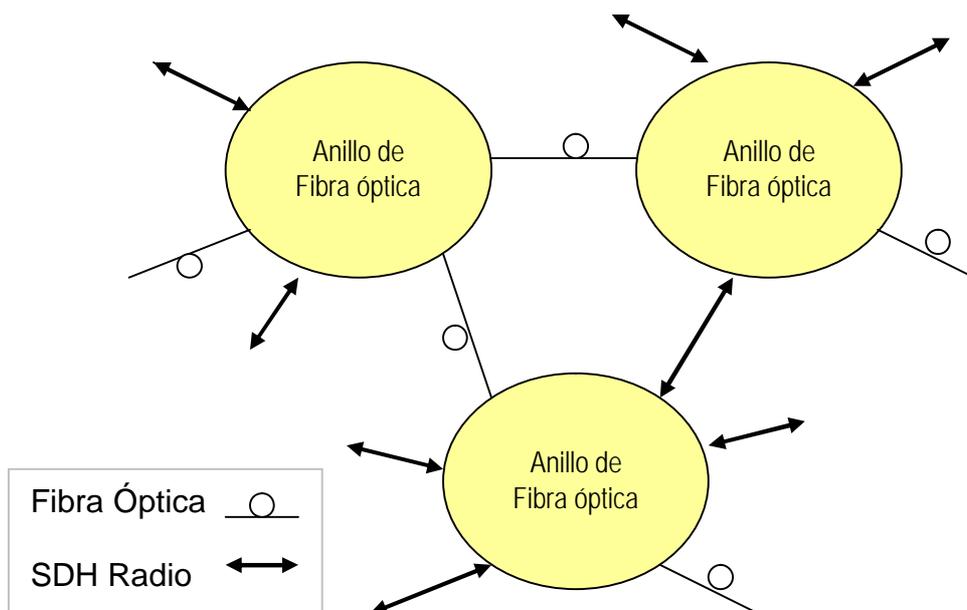
La topología PaP es simplemente un equipo PDH con las posibilidades que ofrece esta tecnología, con dos antenas dirigidas la una hacia la otra. Parámetros importantes de estos equipos son diámetro de las antenas (suelen ser parabólicas), polarización y la banda

de frecuencia asignada. Estos parámetros son determinantes para averiguar el alcance del equipo.

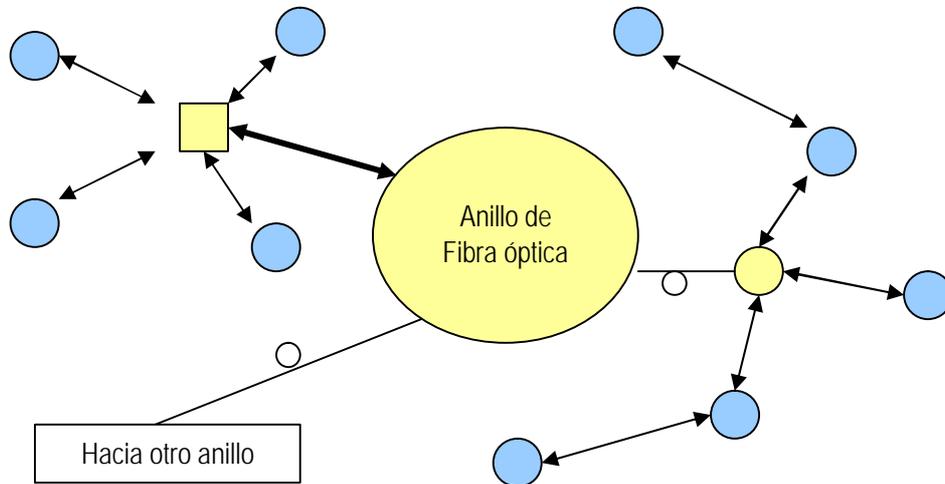
La topología PmP se basa en la idea de una estación base que dé cobertura a varios sectores. Así se tienen múltiples enlaces PaP que se concentran en un extremo en el mismo equipo. Este último tiene la cobertura dividida en sectores que suelen ser cuatro de 90° de abertura cada uno. En RETEVISION las estaciones base suelen ubicarse en puntos pertenecientes a la red troncal, conectados a ella mediante enlaces SDH.



La red troncal está formada por anillos. Aunque los anillos en teoría pueden ser de fibra óptica, de radioenlaces SDH o mixtos, en RETEVISION, la red troncal está formada por anillos de fibra óptica a los cuales se accede por la red de acceso de alta capacidad mediante fibra óptica o radioenlaces, que es la forma más habitual.



Finalmente veamos un esquema de la red de transmisión incluyendo las dos subredes.



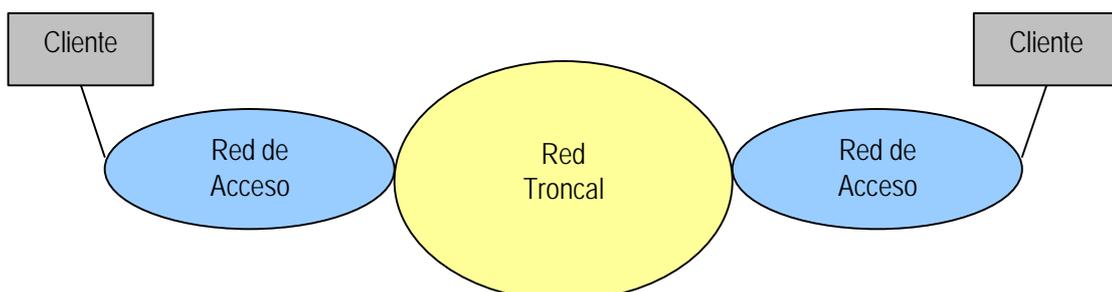
2.2 RED DE CONMUTACIÓN

Respecto a la red de conmutación sólo se comentará de qué está constituida, ya que la conmutación de los datos mediante *Frame Relay* (es decir, conmutación de tramas) o ATM (es decir, modo de transferencia asíncrono) o la correspondiente a conmutación de circuitos para voz no formó parte del proyecto.

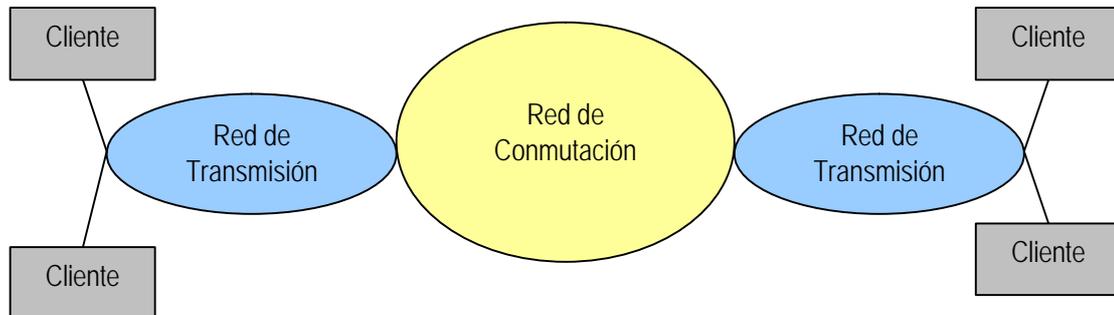
Los clientes demandan dos tipos de circuitos:

- Portadores
- No portadores

Los portadores son circuitos que unen dos emplazamientos del cliente de forma permanente, por lo tanto, sólo pasan por la red de transmisión sin la necesidad de equipos de conmutación. Veamos un esquema:



Los no portadores siempre tienen uno de los dos extremos en un punto de la red de conmutación de RETEVISION. De esta manera se pueden conectar varios emplazamientos del cliente de manera más flexible.



Los circuitos no portadores pueden ser de:

- Voz
- Datos

Los de datos suelen ser *Frame-Relay* o ATM. El enrutamiento del circuito va por la red de transmisión hasta un punto donde haya un nodo de datos (equipo concentrador de datos), en el cual termina la competencia de nuestro departamento. Así que la última permuta⁴ se realiza desde el último equipo de transmisión al nodo de datos. Esto se verá más adelante donde se comentará la manera de probar el correcto funcionamiento de los circuitos de datos, que se basa en las alarmas presentes en el puerto del nodo de datos donde se haya conectado el circuito.

Los de voz pueden ser de dos tipos:

- POTS (Servicio de telefonía analógica convencional)
- BRA (Acceso Básico)

El primero es el correspondiente a una línea telefónica analógica, mientras que el segundo es para teléfono digital (RDSI). En ambos casos pueden ser Clásicos o de Empresa. En el caso clásico simplemente serán líneas telefónicas normales. Mientras que los de empresa están destinados a una centralita que se instala en el emplazamiento del cliente, que en el primer caso sería analógica y en el segundo digital.

También indicar que las combinaciones del acceso son:

⁴ Una permuta es un término empleado para designar una conexión cableada entre dos equipos conectando la transmisión de uno con la recepción del otro y viceversa.

- 64 Kbps para el caso de POTS.
- 2x64 Kbps para el caso de BRA.

Como el acceso al cliente es mediante la tecnología PDH (2 Mbps en G.703), habrá que instalar equipos adicionales en el cliente para pasar de los 2 Mbps a los canales correspondientes. En el caso de datos tenemos un problema añadido ya que los datos que ofrecemos deben ser V.35, por lo tanto haría falta un conversor de normas que pase de G.703 a V.35 y viceversa. Estos equipos se detallarán más adelante, aunque su instalación y conexión a los circuitos es una de las fases que más incidencias genera.

Hay un caso especial para ambos tipos de circuito (de voz y de datos) que son los circuitos PRA (Acceso primario) que consisten en peticiones de 2 Mbps de voz o de datos. En este caso el circuito llega a la central de conmutación y termina en el ADM⁵ (*Multiplex Add/Drop*) de la central local.

En la fase de prueba de circuitos se detallará la manera de probar el correcto funcionamiento para cada tipo de circuito, y se entenderán mejor las diferencias existentes entre ellos.

2.3 RED DE ACCESO

2.3.1 DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA DE ACCESO

Una red de acceso permite el acceso de los servicios de telecomunicaciones hasta el usuario final. Existen varios tipos de tecnologías de acceso, que suelen clasificarse por el medio físico utilizado, o por el tipo de interfaz con el usuario y los protocolos de señalización empleados.

Tradicionalmente el acceso al cliente se ha realizado a través de líneas telefónicas, es decir, a través de pares de cobre. La presencia de nuevos servicios y necesidades mayores de ancho de banda han conllevado a la aparición de otras técnicas de acceso. Con la entrada de la libre competencia, los nuevos operadores cuentan con un gran mercado potencial para el que hay que seleccionar los métodos de acceso más convenientes. Inicialmente empiezan todos con acceso indirecto (mediante la red de Acceso del operador dominante). Luego aparecen diferentes tecnologías de acceso para facilitar la entrada de nuevos operadores, tecnologías tales como:

⁵ Un ADM es un equipo multiplexor/demultiplexor para la tecnología SDH que ofrece la posibilidad de agregado y desagregado de tributarios de la tecnología PDH.

- Acceso mediante hilos de cobre (desde los inicios de la telefonía).
- Acceso mediante fibra óptica (década de los 80).
- Acceso mediante tecnologías de radio (mediados de los 90).
- Otras tecnologías: Laser, *Powerline* (finales de los 90).

2.3.1.1 ACCESO COBRE

Históricamente es la técnica de acceso más utilizada. La mayoría de los países cuentan con una amplia red desplegada sobre pares trenzados, utilizada en su origen para la telefonía básica y más tarde para la RDSI y transmisión de Datos de baja velocidad. Actualmente se complementa con técnicas xDSL para alcanzar un mayor ancho de banda.

El cable coaxial se utilizó para la red troncal de telecomunicaciones, pero en la última década ha sido sustituido por la fibra óptica, que cuenta con un mayor ancho de banda. Actualmente se sigue utilizando ampliamente en las redes de telecomunicaciones por cable, que en muchos casos cuentan con una estructura híbrida HFC (Híbrida de Fibra Óptica y Cable), donde la red troncal se implementa con fibra óptica, y la red de distribución y acceso se realiza con cable coaxial.

Finalmente indicar que el coste del cableado es económico, no así el coste de la infraestructura y la instalación. Es preciso además obtener licencia municipal de obra.

2.3.1.2 ACCESO FIBRA ÓPTICA

Actualmente es el medio de transmisión que permite un mayor ancho de banda, además de otras importantes ventajas como puede ser la inmunidad frente a interferencias electromagnéticas. Se ha impuesto como técnica de transmisión en las redes troncales, donde sólo compite con los radioenlaces de alta capacidad en aquellos puntos donde se requiere un acceso rápido y económico, pero anchos de banda medios (a nivel de varias unidades de STM-1⁶).

Su presencia en la red de Acceso va incrementando paulatinamente, pero se encuentra con los inconvenientes de los

⁶ STM-1 es equivalente a 155 Mbps y es el caudal mínimo en la tecnología SDH, también existen STM-2,3 y 4 con la equivalencia en caudales a 2,3 y 4x155 Mbps respectivamente.

altos costes de instalación, la necesidad de licencias de obra, necesidad de transductores electroópticos, etc.

2.3.1.3 ACCESO RADIO

Las tecnologías de radio empezaron a emplearse para el acceso de Telefonía fija a mediados de los 90 con la entrada de nuevos operadores, pues permite un despliegue rápido y más económico que las tecnologías basadas en soporte físico, aunque con capacidades de transmisión por cliente limitadas debido a las limitaciones de espectro radioeléctrico. Pero mediante una buena planificación de frecuencias, orientaciones y polaridad se consigue un incremento sustancial en la reutilización de las canalizaciones asignadas.

Se debe distinguir entre los sistemas de acceso radio Punto a Punto (PaP) y Punto a Multipunto (PmP). Con el sistema PaP se permiten capacidades de transmisión desde 2 hasta 640 Mbps mientras que con el sistema PmP el ancho de banda total se debe dividir entre varios usuarios, por lo que no es normal una asignación superior a 2 Mbps, siendo la granularidad habitual de 64 Kbps.

La principal característica del Acceso Radio es la rapidez del despliegue y la disminución de costes en comparación con las otras tecnologías.

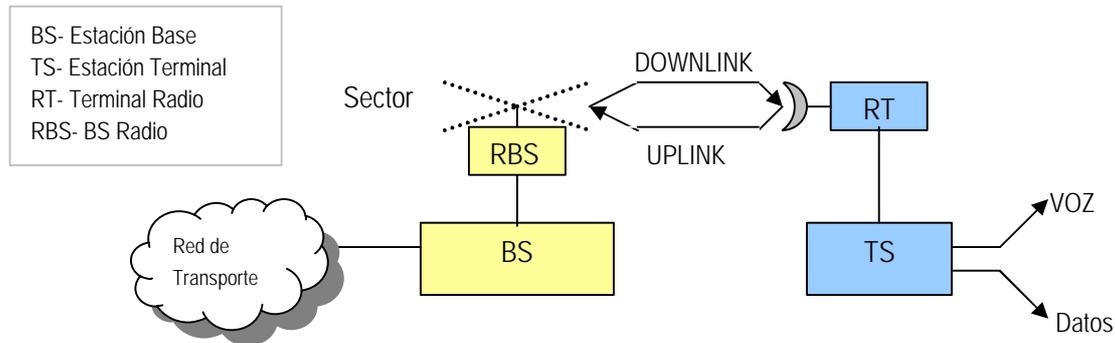
Para más características de los sistemas PmP y PaP ver los apartados 2.3.2 y 2.3.3.

2.3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS RADIO PUNTO A MULTIPUNTO

Las redes de acceso PMP constituyen uno de los mecanismos más rápidos para ofrecer servicios de telecomunicaciones a una gran área geográfica. Además permite conseguir nuevos clientes con inversiones más reducidas que en otros sistemas de acceso. La tecnología de PmP es muy dinámica y cualquier equipo puede ser desinstalado y sustituido fácilmente por otro tipo de acceso con mayor prestaciones (por ejemplo, fibra óptica). Siempre que haya capacidad suficiente en el sector, el número y/o tipo de servicios puede aumentar a petición del cliente sin ser necesarios nuevos equipos en la parte de acceso.

Los sistemas PmP están formados por una estación master llamada estación base y unas unidades radio periféricas a los que la EB da cobertura mediante sectores.

Veamos un esquema de un sistema PmP:



Actualmente los sistemas PMP evolucionan a nuevos servicios solicitados por los clientes. Ejemplos: servicios de datos modo paquete, VoIP, etc.

Las bandas en las que trabajan los sistemas PmP son:

- 3,5 Ghz
- 26 Ghz

2.3.2.1 SISTEMAS PmP EN 3.5 Ghz

El sistema en la banda de 3,5 GHz se caracteriza por tener un mayor alcance (unos 7 Km de radio), aunque una menor capacidad. Sin embargo es apropiado para pequeñas ciudades y servicios de *backup*⁷ de datos y voz. La tecnología utilizada en esta banda proporciona una capacidad limitada por sector (4 Mbps, canalizado a 3,5 MHz, en sectores disponibles de 60°, 90° y 180°).

El ancho de banda en esta banda se divide en dos canales de 20 Mhz utilizando uno para el enlace ascendente (Uplink) y otro para el enlace descendente (Downlink).

Los sistemas PmP en esta banda cuentan básicamente con canalizaciones de 3.5 y 7 Mhz.

⁷ Los servicios *backup* se realizan mediante la conexión de la estación master del sistema PmP a una central de voz y a un nodo de datos, por medio de unos circuitos denominados BACK.

2.3.2.2 SISTEMAS PmP EN 26 Ghz

Los sistemas PmP en 26 GHz (alta frecuencia) no están orientados a dar cobertura geográfica (sectores de 2.5/3 Km de radio) sino que se caracterizan por su mayor capacidad de servicios, aunque el alcance radio es menor. Se dirigen a ciudades grandes, para ofrecer servicios de voz y datos. La cobertura de 2.5/3km de radio se calcula con los requisitos de calidad de servicio (disponibilidad = 99.975% y BER = 10^{-6}) y utilización de antenas de cliente compactas. La cobertura podría ser mayor penalizando la calidad y/o utilizando antenas parabólicas en el cliente. La tecnología utilizada proporciona alta capacidad por sector (aproximadamente 30 Mbps, canalizado a 28 MHz, en sectores disponibles de 90°, 45° ó 15°). También permite solapar sectores de diferentes estaciones base sobre la misma zona con el objetivo de proporcionar alta capacidad.

El ancho de banda en esta banda se divide en dos canales de 56 Mhz utilizando uno para el enlace ascendente y otro para el enlace descendente.

Los sistemas PmP en esta banda cuentan básicamente con canalizaciones de 14 y 28 Mhz.

Veamos una tabla de comparativas entre ambas bandas:

PmP 3,5 Ghz	PmP 26 Ghz
Capacidad: < 4 Mbps	Alta Capacidad: >16 Mbps
Largo alcance: hasta 7 Km	Corto alcance: hasta 3 Km
Orientado a circuito: Previsión de evolución a IP	Orientado a circuito/ATM: Previsión de evolución a IP
Equipamiento (EB ⁸ y ET ⁹) de reducidas dimensiones. No es necesario instalaciones en zona común	Mayores dimensiones de los equipos (EB y ET)
Coste reducido	Coste elevado
Aplicaciones en ciudades pequeñas (cobertura con 1 ó 2 EB), áreas industriales (extensiones elevadas y de baja densidad), edificios con instalaciones difíciles o con pocos clientes. Telefonía pública.	Aplicación en ciudades grandes (cobertura con varias EB). Más capacidad (ancho de banda) por sector. Voz y Datos.

⁸ EB = Estación Base.

⁹ ET = Estación Terminal.

2.3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS RADIO PUNTO A PUNTO

Las redes de acceso PaP, y al igual que las de PmP, constituyen uno de los mecanismos más rápidos para ofrecer servicios de telecomunicaciones. Además permiten conseguir nuevos clientes con inversiones más reducidas que en otros sistemas de acceso. La tecnología PaP es muy dinámica y cualquier equipo puede ser desinstalado y sustituido fácilmente por otro tipo de acceso con mayor prestaciones (por ejemplo, fibra óptica). Siempre que haya capacidad suficiente en el equipo, el número y/o tipo de servicios puede aumentar a petición del cliente sin ser necesario nuevos equipos en la parte de acceso. Y aunque la capacidad del equipo esté saturada se puede ampliar con sólo añadir un módulo en el bastidor sin la necesidad de cambiar el equipo.

Los sistemas PaP se pueden utilizar en la red troncal por la capacidad que pueden ofrecer (de 2 a 640 Mbps). Y son idóneos para llegar a clientes que se encuentran en puntos aislados sin otra posibilidad de clientes alrededor. En cambio, son menos eficientes que los sistemas PmP en áreas con un número de clientes considerable.

Como se vio antes, estos equipo están formados de pares idénticos, donde cada parte se compone de una unidad de línea (IDU) y de una unidad radio (ODU).

ODU: Esta unidad está enfocada hacia su par del otro extremo (con la necesidad de visión directa "Light Of Sight") a través de su antena. Recibe señales de RF (entorno a 26 Ghz) y las demodula a IF (alrededor de 300 MHz) hacia la unidad interna.

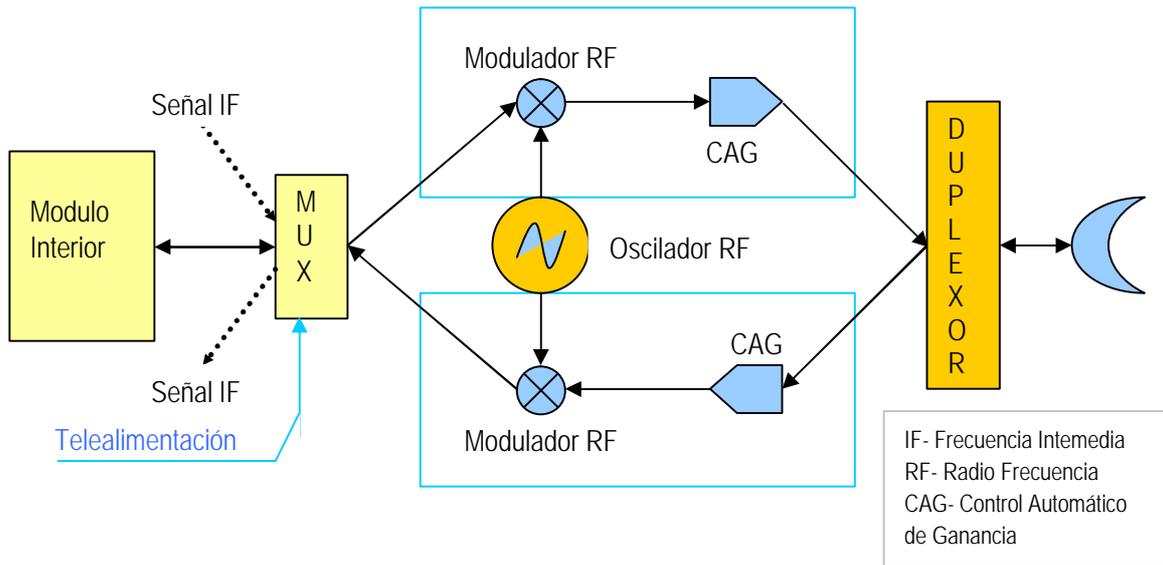
IDU: Se sitúa en el interior del edificio y realiza la modulación/demodulación a IF, corrección de errores, cifrado/descifrado y funciones MAC¹⁰ en el lado de clientes. Además, constituye los interfaces o puertos de conexión hacia el abonado tales como:

- a/b para servicios POTS
- "U" o "S/T" para servicios RDSI (Red digital de servicios integrados)
- X.21 y/o V.35 para servicios Frame Relay
- 10/100 Base T para servicios IP
- G.703 para conexión de PBX (Centralita telefónica)

Notar que, como es un sistema PDH, la norma que ofrece es la G.703, mientras que para conseguir los demás interfaces hace falta la instalación de conversores de normas y multiplexores y demultiplexores (Mux/Demux) para obtener los canales de nx64Kbps.

¹⁰ Estas funciones MAC son las que permiten supervisar y gestionar los equipos mediante sistemas de gestión remota ofrecidos por el fabricante.

Veamos un diagrama de bloques del equipo:



Vemos que el diagrama de bloques pone en detalle la composición de la ODU. El MUX recibe señales en IF pero además recibe una señal llamada Telealimentación que es la encargada de la alimentación de la ODU. Normalmente la conexión entre la IDU y la ODU suele ser mediante un cable coaxial de diámetro variable dependiendo de la distancia entre ambas unidades, mientras que la conexión entre la ODU y la parábola suele ser mediante Guía Onda, por lo que interesa que la ODU esté en el mismo mástil y lo más próxima posible a la antena.

Veamos las bandas en las que trabajan los equipos PaP y las recomendaciones correspondientes:

- 15 Ghz (Recomendación 636-2 ITU-R)
- 18 Ghz (Rec. 636-2 ITU-R)
- 23 Ghz (Rec. 637-3 ITU-R)
- 26 Ghz (Rec. 748-2 ITU-R)
- 38 Ghz (Rec. 749-1 ITU-R)

Finalmente veamos las configuraciones posibles y los anchos de banda necesarios para cada una de ellas:

Configuración	PaP	Ancho de Banda
2x2		3,5 Mhz
4x2		7 Mhz
8x2		14 Mhz
16x2		28 Mhz
140 Mbps		110 Mhz

2.4 FASES DE UN CIRCUITO

Aquí veremos las fases por las que pasa un circuito. Esto ayudará a comprender las labores desarrolladas y que se expondrán más adelante.

Un circuito es la conexión permanente de un emplazamiento de un cliente a:

- Otro emplazamiento del mismo cliente si el circuito es portador.
- A un nodo de datos si el servicio es de datos.
- A un concentrador de conmutación (equipo de voz) si es un servicio de voz.
- A la central de conmutación si es un PRA.

Lógicamente cada circuito tendrá un identificativo para cada cliente además de un número que diferencie entre los circuitos correspondientes al mismo cliente.

Veamos las fases:

- **Fase del estudio de viabilidad:** Una vez obtenidos los datos del cliente se realiza un estudio de viabilidad del circuito. Primero se realiza la búsqueda de instalaciones existentes de RETEVISION en el edificio donde se ubica el cliente. En ausencia de instalaciones se realiza el estudio de la viabilidad de un enlace radioeléctrico entre el cliente y un punto de RETEVISION. En caso de no ser viable se busca la alternativa de circuitos arrendados.
- **Fase de petición en firme:** Una vez resuelto el estudio de viabilidad y en el caso de que su resolución sea positiva se pasa a la petición en firme del circuito. Esta petición genera las siguientes actividades:
 - Una orden de trabajo de transmisión en la cual se especifica el enrutamiento detallado a nivel de 2 Mbps a través de permutas para la red de acceso y combinación de permutas y de *cross-connect*¹¹ para la red troncal.
 - La adjudicación de la instalación de un vano (radioenlace PDH) en el caso de la viabilidad del mismo.

¹¹ Un *cross-connect* se realiza mediante la matriz de *cross-connect*, esta última es una matriz de conmutación manual o semiautomática que interconecta varias entradas y salidas a niveles que pueden variar desde los 2 Mbps hasta los 64 Kbps.

- La petición de arrendamiento de circuito a Telefónica, Supercable etc. En el caso de la no viabilidad del radio enlace.

Las dos últimas actividades son excluyentes.

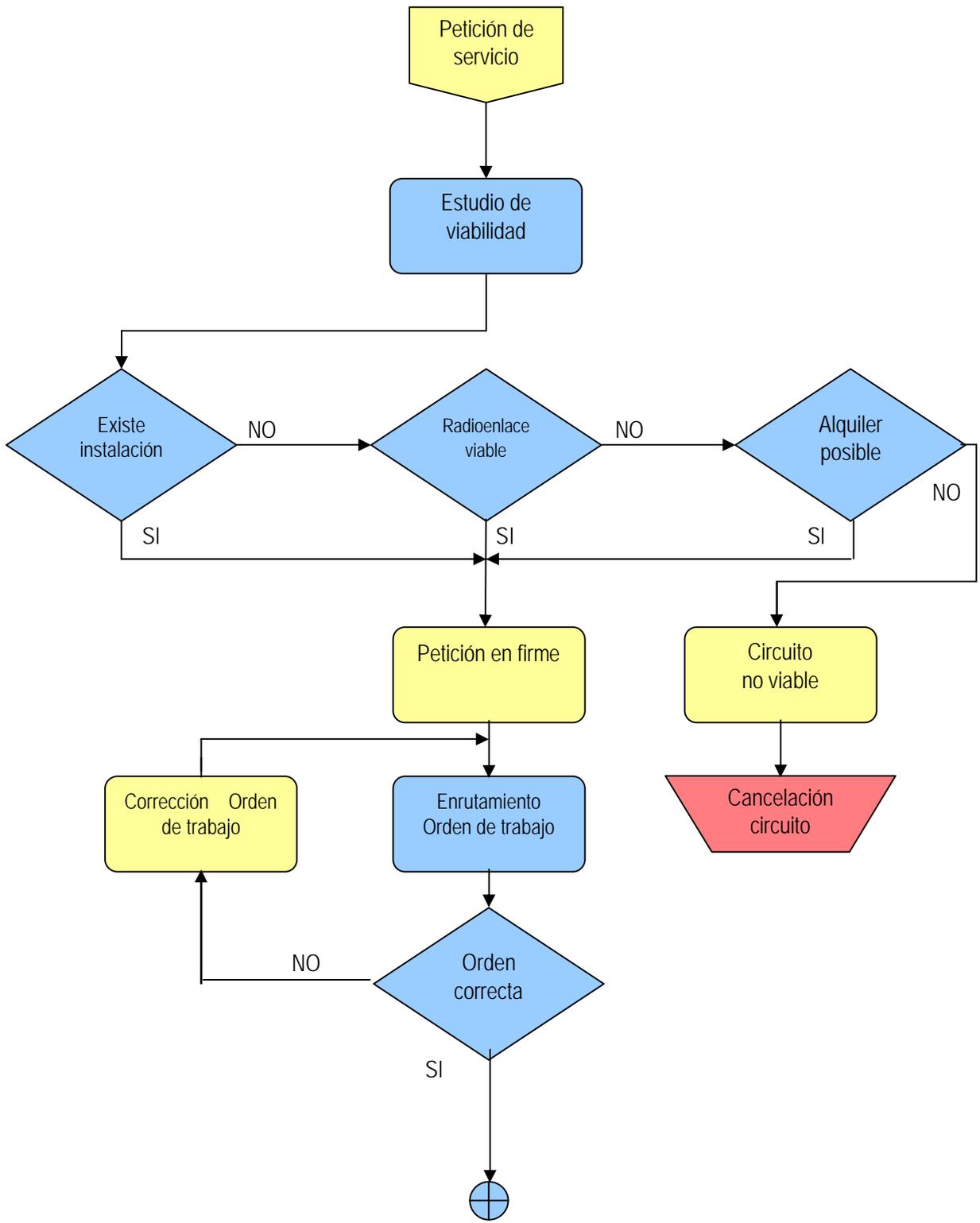
- **Fase de enrutamiento:** Una vez finalizadas las instalaciones oportunas por parte de las contratadas en caso de que se hayan adjudicado, se procede a la tira de permutas para el conexionado de las partes de transmisión del circuito. Estas conexiones se realizan por las unidades de mantenimiento implicadas tras recibir la orden de trabajo.
- **Fase de prueba y alta del circuito:** Finalmente se realizan pruebas a través de bucles que pueden ser manuales (realizadas por un técnico de la unidad en la casa del cliente o por software a través de sistemas de supervisión). Más adelante se detallarán este tipo de pruebas para cada uno de los tipos de circuitos que se han mencionado. Una vez comprobado el correcto funcionamiento del circuito se procede a darlo de alta. Este alta representa la finalización de la parte de transmisión del circuito. Tras el alta se deberán seguir con posteriores instalaciones para la final entrega del servicio al cliente.

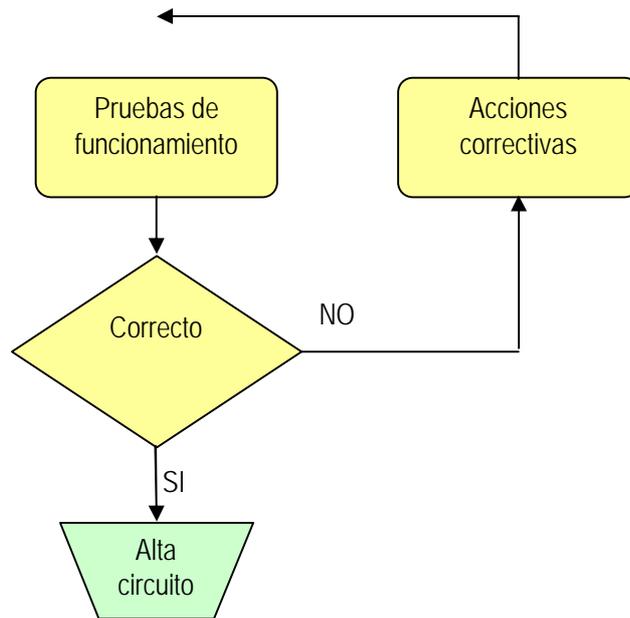
Todas estas actividades van acompañadas por una burocracia interna de documentos y actualizaciones de bases de datos para coordinar las partes implicadas. Pero no entraremos en su detalle.

Veamos las posibles incidencias e interrelaciones de las fases:

- En algunos casos las órdenes de trabajo indican posiciones ya ocupadas por otros circuitos, por lo que habría que corregirlas.
- En la fase de prueba lógicamente puede producirse que haya algún fallo, por lo cual habría que tomar medidas correctoras.
- Si el circuito es no viable se procede a su cancelación.

Veámoslo en un diagrama de flujo de las fases de un circuito:





Con esto queda concluida la parte teórica de la memoria. A continuación se procederá a detallar las fases del proyecto según lo indicado en la introducción.

3 FASES DEL PROYECTO

Como las labores desarrolladas durante la realización del proyecto fueron bastante diversas. Se dividirán por fases siguiendo cronológicamente las actividades desarrolladas.

3.1 FASE DE APRENDIZAJE

El departamento donde se desarrolló el proyecto es el de Acceso y como ya se indicó en la parte teórica, la red de acceso utiliza principalmente equipos PDH. La documentación relacionada con estos equipos consta de catálogos de fabricantes de equipos PDH. El documento explica la jerarquía PDH empezando con una introducción al PCM30. La mayor parte del documento trata sobre el equipo en sí, especialmente sobre alarmas y software de descarga. Toda esta documentación se ha utilizado para la tecnología PaP. Para la tecnología PmP se ha utilizado una documentación similar.

A continuación la utilizada es la de normativas de RETEVISION para las instalaciones PaP y PmP. Estas normativas son esenciales para la realización de la aceptación de las instalaciones realizadas por las contratistas. Por último, se contó también con documentos sobre la red de telecomunicaciones desplegada por RETEVISION.

Indicar que aunque la fase de aprendizaje fue principalmente al principio del proyecto, todas las fases siguientes tenían incluida una parte de aprendizaje correspondiente. Especialmente para las bases de datos utilizadas en ellas.

3.2 FASE DE SEGUIMIENTO DE INSTALACIONES DE RADIOENLACES PmP

Veamos primero unas generalidades sobre los sistemas Punto a Multipunto (PmP).

Los sistemas PmP resultan bastante atractivos desde el punto de vista logístico y económico cuando los pedidos de servicio se limitan a pocos canales y están geográficamente distribuidos en áreas bien definidas. Son típicos los casos de usuarios rurales de tipo telefónico y los denominados Business de tipo mixto (datos+telefonía) correspondientes a polígonos industriales, zonas feriales etc.

Las ventajas que ofrecen los equipos PmP sobre los PaP resultan evidentes si se piensa en la optimización de la capacidad de transmisión y en la reducción del número de equipos relativos a las estaciones nodales o estaciones base. Además, dichos sistemas ofrecen una intrínseca flexibilidad de instalación y activación, resolviendo por lo tanto el problema de la disponibilidad de nuevas líneas de modo rápido y fiable.

El sistema PmP es una red síncrona formada por una estación radio básica denominada estación maestra y por un conjunto de unidades radio periféricas (PRU) conectadas con la misma. El conjunto formado por la estación y las PRUs conectadas a ella forman un sector, que se caracteriza por un número máximo de 512 PRUs y 480 usuarios. El sistema está en condiciones de transmitir de modo transparente vía radio 60 ó 120 canales de 64 Kbps simultáneamente activos en las bandas de 2,2-2,4-3,5-10-25 Ghz. El sistema PmP puede ser integrado con una serie de equipos optativos, lado estación maestra y lado PRU, destinados a expandir el número y la variedad de interfaces de usuario, aumentando así las funcionalidades del sistema.

Las características del sistema PmP se pueden resumir de la siguiente manera:

- Amplio radio de cobertura.
- Disponibilidad de interfaces de datos de alta velocidad: 64 Kbps, Nx64 Kbps, RDSI, E1 estructurado (en forma de tramas), E1 sin estructurar.
- Codificación de fonía de alta calidad.
- Elevada calidad de la señal transmitida en ausencia de interferencias ($BER < 10^{-11}$).
- Compatibilidad con los estándares de centrales telefónicas más difundidos.

En el caso de RETEVISION el uso de sistemas PmP está bastante expandido debido a las características que ofrecen. Consideraciones como las posibles áreas de cobertura, como son los polígonos industriales e incluso partes residenciales con un número previsto de usuarios bastante considerable, conllevan a optar por estos sistemas y no por los de PaP.

El seguimiento de estas instalaciones se realiza de la siguiente manera y está claramente vinculado a la utilización de bases de datos:

1. En primer lugar llega una petición de servicio (BRA, POTS, etc).
2. Esta petición, en el caso de clientes situados en zonas de cobertura PmP, se transforma en una orden de construcción de un equipo PRU en el cliente para su enlace con la estación maestra.
3. Una vez que el instalador haya conectado el equipo, se procede a la aceptación, ya que la construcción se realiza mediante la alternativa de contratos llave en mano.
4. Una vez aceptada la instalación, se considera instalado en la base de datos.
5. El instalador procede a la configuración del equipo según nuestras necesidades, lo que hace pasar el equipo y al servicio asociado a configurado y pendiente de activación respectivamente.

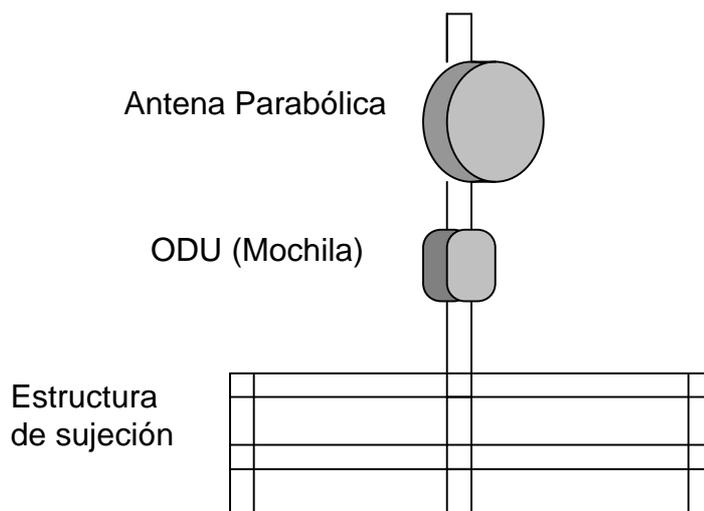
- Finalmente se procede a la activación del servicio en cuestión y su entrega al cliente.

Todos estos pasos se ven reflejados en una base de datos. Este tipo de seguimiento es esencial para el buen funcionamiento y la puntualidad, debido a la gran cantidad de instalaciones que se realizan semanalmente.

3.3 FASE DE PETICIÓN DE APOYOS Y DISTRIBUCIÓN DE ÓRDENES DE TRABAJO

Como ya se indicó anteriormente, la red desplegada por la empresa se basa mayoritariamente en la disposición de radioenlaces. Pero estos equipos necesitan puntos donde instalarlos ya que se componen además del equipo IDU (Indoor Unity) de una ODU (Outdoor Unity) llamada mochila y de una antena parabólica de diámetro variable entre 0.3-0.6-1.2 mts. Por lo tanto el espacio necesario para cada equipo PaP, que llamaremos vano más adelante, es considerable. Los casos más corrientes son la instalación de los vanos en las azoteas de los edificios donde se encuentra el cliente. Para su instalación se suele necesitar un mástil donde se ubicará la antena y la mochila.

Veamos un esquema:



En algunos edificios se opta por la construcción de una caseta donde albergar los equipos. En este caso las casetas deben ir reforzadas con estructuras metálicas como barandillas donde poder

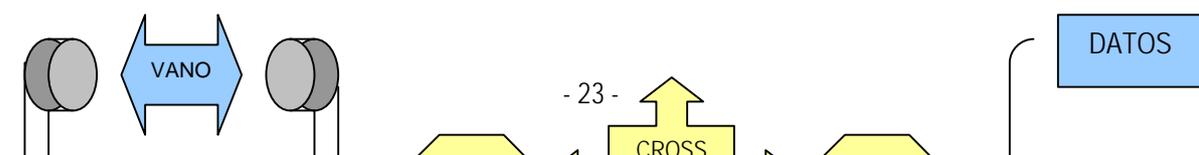
sujetar el mástil. Más adelante se verá un plano con una caseta para ver qué tipo de equipos alberga una estructura como ésta.

Para esta fase hay que indicar que, en muchos casos, especialmente para zonas rurales, es necesario realizar varios saltos con enlaces PaP para llegar hasta un emplazamiento de RETEVISION. Esto implica la necesidad de puntos de apoyo donde instalar estos pasos intermedios. La ausencia de edificios conduce a la necesidad de instalar torres que para el caso de RETEVISION no es muy rentable. Por estas razones se realizan peticiones de apoyo a empresas de telefonía móvil como Amena, Vodafone, ... En nuestro caso la primera elección claramente es Amena ya que pertenece al mismo grupo que RETEVISION. Esta petición viene acompañada por una burocracia entre ambas empresas donde se rellenan solicitudes de apoyo. Este tipo de solicitudes incluye datos como diámetro de antenas, corriente que consumen los equipo o mejor dicho potencia requerida y espacio que ocupa el equipo en el *Rack*. Si la respuesta es positiva suele incluir las frecuencias disponibles en esta torre. Este procedimiento es bastante usual ya que las compañías de telefonía móvil disponen de un despliegue amplio y distribuido aproximadamente en la totalidad de la geografía española de estaciones base (BTS) idóneas para su utilización.

En esta misma fase y, en paralelo al trabajo de peticiones de apoyo, la labor más importante fue la de distribución de las órdenes de trabajo, recordando que estas últimas forman parte de las fases de un circuito y son parte esencial para la conexión de éstos.

Una orden de trabajo es principalmente un documento que incluye toda la información necesaria para las unidades de mantenimiento para la conexión del cliente a RETEVISION. Esta información incluye un posible enrutamiento en la red de acceso PDH de baja capacidad, un posible enrutamiento por la red troncal PDH de alta capacidad y/o SDH y las correspondientes conexiones a los equipos de datos o de voz según el circuito.

Veamos un esquema:



Una vez generada la orden de trabajo y tras estudiarla y ver las unidades de mantenimiento implicadas, se les remite la orden para su posterior ejecución. La orden suele tener más de un circuito; exactamente tendrá los circuitos cuyas peticiones en firma se hayan realizado en el momento. Una vez que las unidades de mantenimiento realizan la orden, esta última se da por finalizada.

3.4 FASE DE ESTUDIO DE VIABILIDADES Y EL SEGUIMIENTO DE SU REALIZACIÓN

Como ya se indico en las fases de un circuito, el estudio de viabilidad es una parte esencial del curso de este último.

Una vez realizada la petición del servicio por parte del cliente, se le asigna un circuito, para el cual se realiza una petición de estudio de viabilidad que queda reflejada en una base de datos. La idea es buscar un camino desde el cliente hasta la red troncal de la empresa. Eso, si el circuito no es portador, ya que el origen será el emplazamiento del cliente y el destino un punto de la red troncal. Si el circuito es portador, se realiza un estudio de viabilidad a ambos extremos ya que los dos serán del cliente, y en este caso, o se llega con ambos extremos a la red troncal, o puede que con la red de acceso sea suficiente.

Los pasos que se realizan son los siguientes:

1. Se busca a través de una base de datos si el emplazamiento del cliente está en un emplazamiento de RETEVISION, si es así se pueden dar dos casos:
 - Que haya red troncal.
 - Que haya red de acceso.

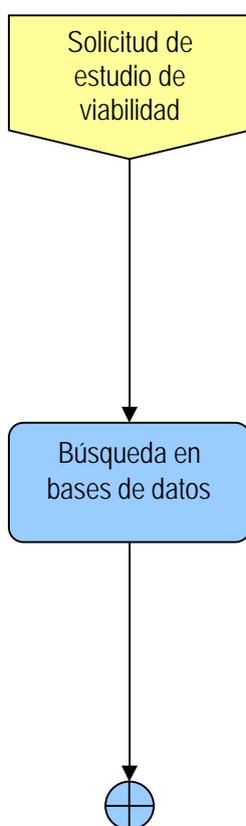
En el primer caso termina la viabilidad con una respuesta positiva indicando la existencia de instalaciones y que

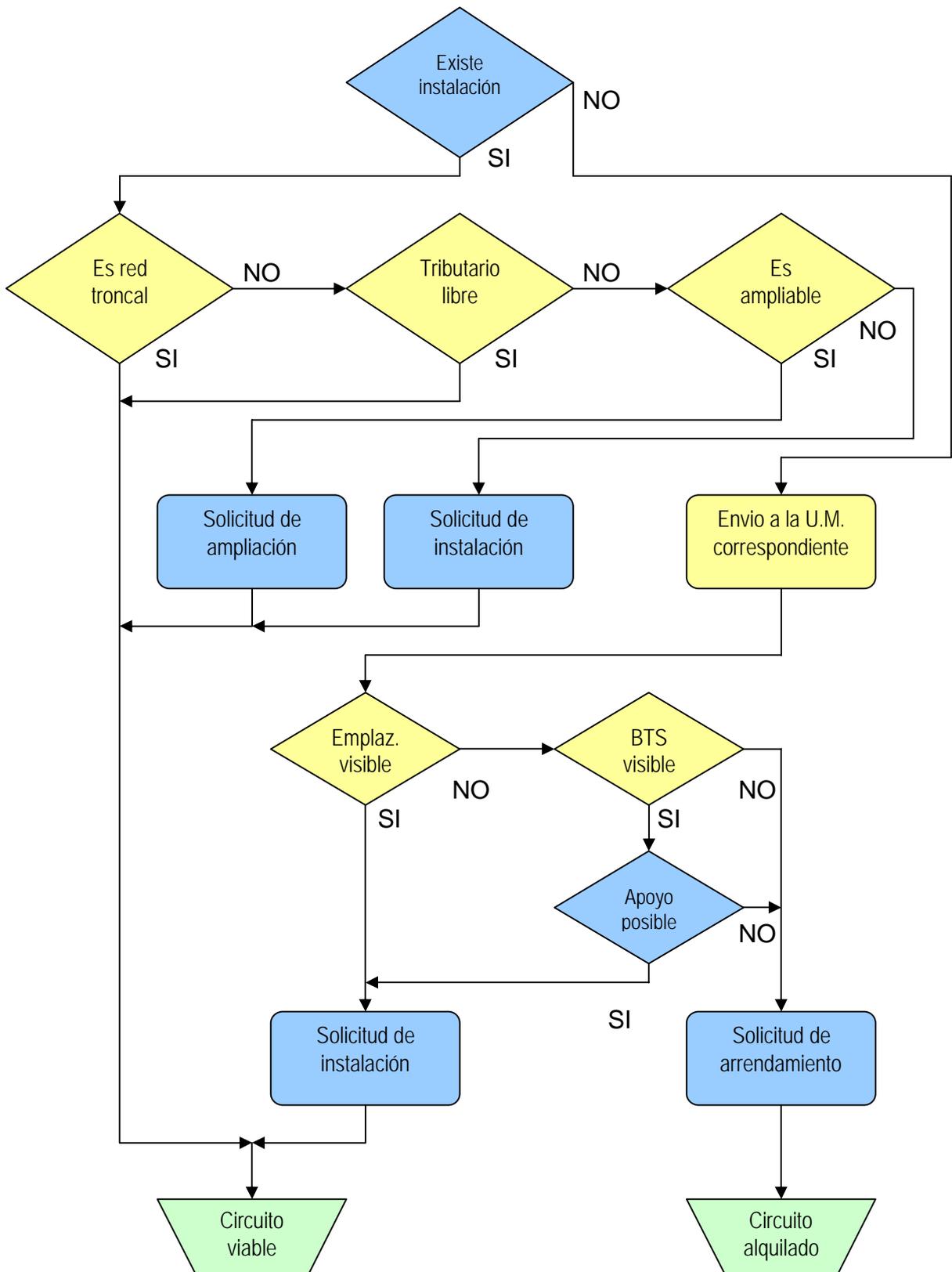
será necesaria una prolongación de cables para unir el cliente a nuestras instalaciones.

En el segundo caso se comprueba la capacidad libre del vano existente viendo los tributarios ocupados y los que están libres. En el caso de que haya alguno libre y que no haya previsto ningún circuito para los demás clientes que pasan por el mismo vano, la respuesta será viable con instalaciones existentes. En el caso de que no haya tributarios libres entonces, si el vano es ampliable se realiza la petición de ampliación y por lo tanto la respuesta es viable. Si no es ampliable, se realiza la solicitud de construcción de otro vano con el mismo destino que el existente. En el caso de que no haya instalaciones se pasa al paso 2.

2. En este caso se envía la solicitud a la unidad de mantenimiento (U.M.) correspondiente. La unidad enviará al antenista al emplazamiento para realizar un estudio de visibilidad. Para simplificar los estudios se busca simplemente la visibilidad directa. El antenista debe ir con unos prismáticos y un GPS. Los primeros para la visibilidad y el segundo para medir las coordenadas del cliente para su posterior uso en el cálculo de distancias y, por lo tanto, en la elección de las bandas frecuenciales a usar. El antenista debe tener un conocimiento de los emplazamientos de la empresa, buscará todas las alternativas de enlace. La respuesta de la unidad incluye las coordenadas del emplazamiento, si es viable se indica con qué puntos es viable. La respuesta al estudio de viabilidad será positiva con una solicitud de construcción de un radioenlace con el punto indicado, indicando todas las alternativas, si existen, e indicando las coordenadas. En el caso de que el antenista no haya encontrado un emplazamiento de RETEVISION, buscará una posible estación base de un operador de telefonía móvil; si existe, se realiza una petición de apoyo a este operador según lo indicado en la fase anterior. Si el apoyo es posible, se responde favorablemente a la viabilidad indicando los datos necesarios. Finalmente si no es posible, o si no existe una estación en la que pedir el apoyo, se responderá el circuito como no viable mediante radioenlaces. Se pasa al paso 3.
3. En este caso se realiza una petición de arrendamiento de circuitos a Telefónica que nos entregará un circuito con pruebas de aceptación por parte de nuestra empresa que terminará en un Punto De Interconexión (PDI) o Punto De Presencia (PDP) entre ambas empresas.

Veamos un diagrama:





En paralelo a la actividad de resolución de las solicitudes de estudio de viabilidad se lleva a cabo un seguimiento de la realización de

las mismas. Este seguimiento consta de una hoja mensual donde se indican todas las viabilidades realizadas con la fecha de entrada de la solicitud, la fecha de resolución, el tipo de resolución y las incidencias que se han producido. Este seguimiento es útil para hacer estadísticas sobre el tiempo medio que cada unidad de mantenimiento tarda en realizar el estudio. También es interesante para el estudio de las incidencias más frecuentes y qué medidas se pueden tomar para atajarlas.

Con esto se terminan las fases de los primeros 6 meses del proyecto. Los siguientes 6 meses fueren dedicados enteramente al proyecto de la Junta de Extremadura.

3.5 PROYECTO JUNTA EXTREMADURA

El proyecto de la Junta de Extremadura consiste en dar servicio a aproximadamente 1500 edificios situados en aproximadamente 420 localidades. El servicio solicitado es de voz y datos. El proyecto se dividirá en dos provincias: Badajoz y Cáceres. Cada una contienen alrededor del 50 % de las localidades. Los servicios se dividirán en voz y en datos.

Los servicios de voz se darán en forma de:

- PRA con sus 30 líneas equivalentes.
- BRA con sus 2 líneas equivalente.
- POTS con su línea equivalente.

Los servicios de datos se darán con un acceso de 2Mbps y un CIR (la tasa mínima que se asegura al cliente) de:

- 256 Kbps.
- 512 Kbps.
- 1024 Kbps.
- 2 Mbps.

Respecto a la red de acceso radio a instalar se tomó la siguiente decisión: el acceso radio punto a punto se ha utilizado para las poblaciones con menos de 8 edificios y el acceso radio punto multipunto se ha utilizado en las poblaciones con 8 o más edificios. Las poblaciones en las que el sistema de acceso radio PmP es menos rentable que el PaP se conectan mediante enlaces radio punto a punto.

Además de los edificios que solicitan los servicios de datos de 2Mbps de acceso, destaca la presencia de algunos edificios “especiales”, que son los edificios que la Junta ha definido como

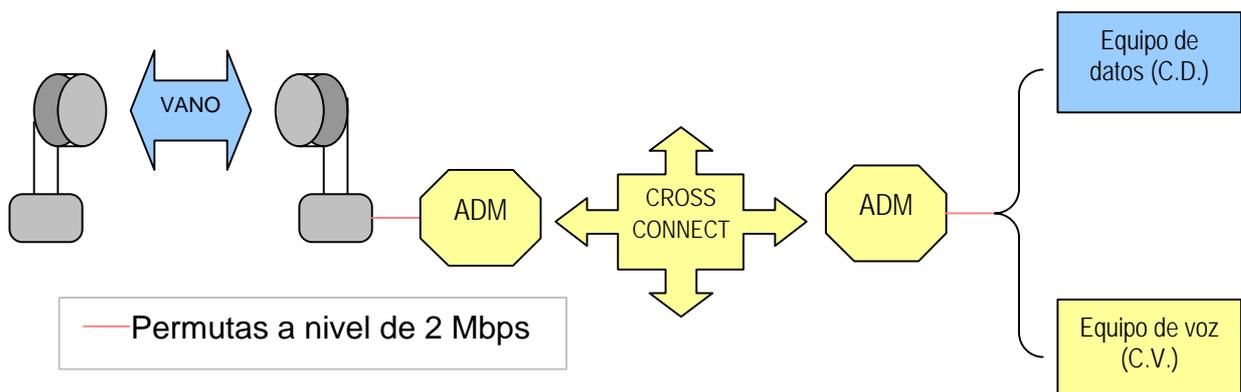
“destino” de PVC’s (Circuito Virtual Privado) procedentes del resto de edificios en la topología lógica de la red de datos. Para estos edificios, en previsión de la mayor capacidad de acceso necesaria, la tecnología de acceso seleccionada es la PaP.

En lo que respecta a nuestro departamento y a la ejecución de este proyecto, se detallará más adelante dividiéndolo en 3 subfases tal como se indicó en la introducción.

3.5.1 SUBFASE DE SEGUIMIENTO DE CIRCUITOS

Tal y como se indicó en la base teórica sobre las fases de un circuito, la última fase es la de pruebas para que posteriormente sea dado de alta. Esta subfase trata de las pruebas a realizar a un circuito de voz y a uno de datos. Recordemos el enrutamiento que tiene un circuito para facilitar la comprensión de las pruebas.

Un circuito lo más general posible, empezará en el emplazamiento del cliente con un enlace PaP que lo unirá con otro y así hasta llegar a la red troncal. En el punto de acceso a la red troncal se unirá a nivel de 2 Mbps el equipo PDH radio PaP a través de su tarjeta de línea con la tarjeta de línea eléctrica de un ADM. El enrutamiento seguido se realiza normalmente mediante *Cross-Connect* a todos los niveles vistos en la tecnología SDH (VC4, VC3, etc) con alguna posible permuta a nivel de 2 Mbps entre 2 ADM. El circuito finaliza con una conexión del ADM al nodo de concentración de voz en el caso de circuito de voz, o al nodo de concentración de datos en el caso de circuito de datos.



El tráfico de datos que proviene de los edificios que no disponen de interfaz ATM deberá pasar forzosamente por un equipo concentrador de datos antes de llegar al equipo de conmutación, ya que a parte de concentrar, los equipos concentradores de datos realizan la función de conversión a protocolo ATM, de manera que la información pueda insertarse en los conmutadores. Así pues, se tiene en cuenta para el

dimensionado de la red que los datos viajarán concentrados desde el conmutador hasta el edificio de destino de los PVC (los edificios especiales citados anteriormente).

El tráfico de voz se concentra en equipos concentradores de voz, tanto si proviene de accesos PaP como PmP, desde donde es transportado en v5.2 (circuitos denominados *Back*) hasta la central de conmutación correspondiente.

Una vez enviada la orden de trabajo a la unidad de mantenimiento correspondiente, esta última procede a su ejecución. Finalizado el enrutamiento de un circuito se nos informa del caso y se procede a realizar las pruebas de comprobación.

Las pruebas se realizan a través del centro de operación y mantenimiento, que es el que se encarga de la supervisión de los equipos de datos (C.D.) y de voz (C.V.). Las pruebas están regidas por la monitorización de alarmas locales y remotas.

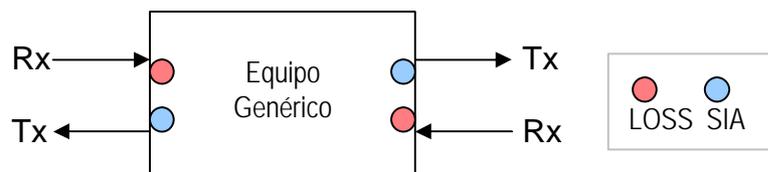
Veamos las tres alarmas más importantes usadas en las pruebas.

- LOSS.
- SIA.
- LOF.

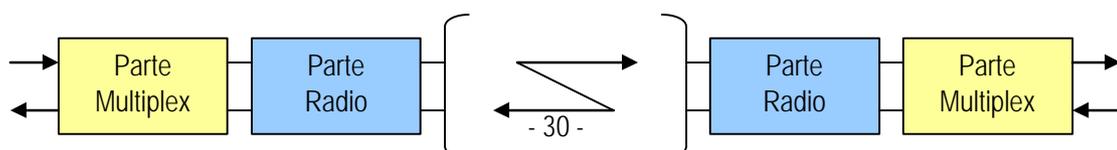
La primera es local e indica la ausencia o pérdida de señal. Es la más tajante, ya que indica la falta de cableado entre dos equipos o el fallo de este último. Este tipo de alarmas se monitorizan mediante los sistemas de supervisión de los equipos.

La segunda es remota y es la consecuencia de un LOSS. El equipo que tenga LOSS en alguna de sus entradas genera una SIA, enviándola como una señal normal todo "1" al siguiente equipo y será transportada hasta que se monitorice.

La última es una alarma que indica la pérdida de trama. No es muy común ya que suele ser debida más a fallo de equipo que a fallo de cableado.



Veamos un equipo PDH radio de que se compone:



Lo normal es que en el cliente la recepción del vano esté sin conectarse a nada, por lo tanto en la recepción de la parte multiplex se detectará un LOSS. La parte multiplex generará una SIA hacia la parte radio que la considerará como señal normal y la enviará a su par y así hasta llegar al C.D. o al C.V. Eso implica que el operador del centro de operación y mantenimiento (O&M) tendrá una SIA.

La acción a realizar es que mediante el programa de supervisión proporcionado por el fabricante se actúa en el tributario correspondiente dejando un bucle software que una la transmisión con la recepción. En este momento, si el enrutamiento es correcto, se le estaría devolviendo al nodo la señal que le esté inyectando. Esta acción elimina el LOSS de la recepción del vano y elimina la alarma remota, o sea la SIA. Se volvería a eliminar el bucle software y se consideraría que el circuito está correctamente enrutado y se procederá a darlo de alta.

Puede darse el caso de que el enrutamiento tenga fallos, en este caso el centro de O&M seguiría viendo SIA a pesar del bucle software. La actuación sería ir colocando bucles hacia atrás hasta el momento que el operador deje de ver la SIA. En este instante se habría detectado la localización del fallo, que sería de la permuta tirada por los técnicos de la unidad de mantenimiento, por el cableado del equipo al repartidor o fallo de alguna tarjeta del equipo. Una vez localizado el fallo se envía la incidencia a la parte implicada.

Una vez resuelta la incidencia se vuelven a realizar las pruebas y en el caso de su correcto funcionamiento se procederá a dar de alta el circuito.

Los sistemas de supervisión están basados en el protocolo SNMP, ya que van sobre IP. El programa usado por nosotros es el que proporciona los equipos radio PaP. Indicar que los bucles y las pruebas en los circuitos con enrutamiento exclusivo por la red troncal se realiza directamente por el centro de O&M dedicado a la red troncal.

El sistema proporcionado por el fabricante es bastante versátil teniendo en cuenta las limitaciones del protocolo SNMP. Así pues permite realizar bucles por software en cada una de las partes mencionadas de las que se compone un equipo radio PDH. Además el fabricante permite la instalación de varios equipos en un mismo bastidor lo que permite tener una misma unidad de supervisión SAU para varios radioenlaces. Eso lleva a la posibilidad de realizar permutas entre dos tributarios de distintos equipos por software ahorrando el desplazamiento de la unidad.

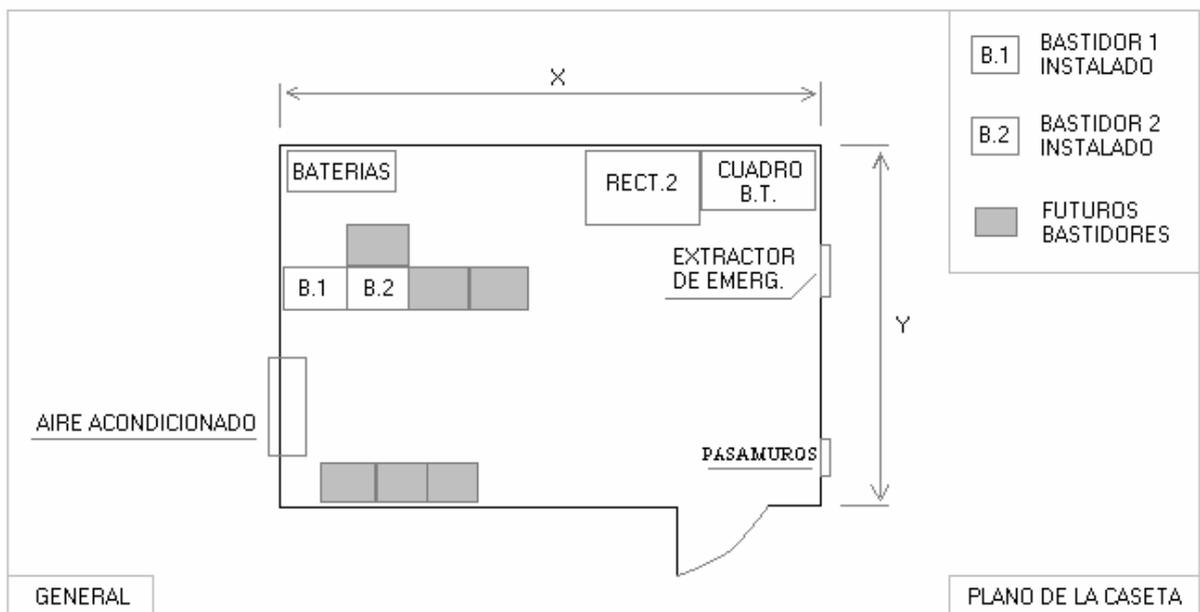
El principal inconveniente de este tipo de sistemas de supervisión es que son dependientes del fabricante, por lo que un equipo de otro fabricante que no sea el principal suministrador necesita su propio

sistema de supervisión. Eso conlleva a la existencia de varios sistemas de distinto funcionamiento incompatibles entre sí, en vez de uno global.

3.5.2 SUBFASE DE CONEXIONADO DE ALARMAS EXTERNAS

Se empezará esta parte con un diagrama ilustrativo de una caseta y el tipo de equipos que ésta puede albergar. Esto ayudará a comprender qué tipo de alarmas son las externas y su necesidad.

Veamos el esquema:



Una caseta se define por sus dimensiones. El tamaño típico es de $17 m^2$. Veamos los elementos que puede albergar una caseta:

- Aire acondicionado: claramente necesario para proporcionar temperaturas bajas para los equipos, en especial los equipos digitales.
- Baterías: para proporcionar continuidad en el servicio ante cortes en el suministro eléctrico.
- Rectificador: equipo encargado de proporcionar los – 48 voltios con los que funcionan los equipos.
- Cuadro de Baja Tensión: es un panel donde se muestran las distribuciones de la corriente alterna.
- Bastidores: son armarios homologados por la empresa donde se albergan los equipos de línea que pueden ser de radioenlaces de baja capacidad, de SDH o ADM.

El tipo de alarmas externas que se suelen monitorizar son:

- Batería baja.
- Fallo de red.
- Alta temperatura.
- Rectificador.
- Incendio.
- Aire Acondicionado.

Estas alarmas se conectan a través de unos dispositivos especiales para conexión de alarmas. Se llevan las alarmas a través de la red de la empresa, bien a través de la unidad de supervisión de alarmas de los equipos radio PDH PaP, o bien a través de los ADMs.

Existen relaciones entre estas alarmas que son interesantes destacar:

- En el caso de que haya fallo de red, además de la alarma correspondiente, debe saltar la alarma de rectificador, ya que éste no funciona correctamente en este caso.
- En el caso de incendio, además de la alarma correspondiente, debe saltar la alarma del aire acondicionado, ya que en esta situación debe apagarse automáticamente.

Se les ha dado el nombre de alarmas externas ya que no son internas a los equipos ni a la red de telecomunicaciones.

Las pruebas a realizar para comprobar el correcto funcionamiento de las alarmas externas siguen los siguientes pasos:

- Se desplaza un técnico de la unidad a la caseta.
- A través de una llamada a tres entre el técnico, un operador del centro de supervisión de alarmas y una persona del departamento se van realizando las acciones que deben provocar las alarmas y se va viendo si se monitorizan correctamente.
- Un ejemplo de las acciones constituiría acercar humo al detector de incendios, eliminar la corriente continua al aire acondicionado, quitar el fusible del vigilante de red, etc.

3.5.3 SUBFASE DE SEGUIMIENTO DE CHECK LIST

Esta subfase no es exclusiva del proyecto de la Junta de Extremadura. Pero su realización se compaginó en paralelo con las

labores realizadas en las otras dos subfases. Aunque cabe destacar que por la envergadura del proyecto de la Junta la mayor parte de los *check list* realizados en esta subfase correspondían a este proyecto.

Veamos primero qué es un *check list*. La mayor parte de los trabajos que se realizan especialmente con lo referido a instalaciones se subcontratan. El tipo de contrato suele ser llave en mano. En todo caso se realizan pruebas de aceptación para las instalaciones correspondientes. El resultado de estas pruebas son documentos conocidos como *check list* donde figuran todos los datos técnicos de importancia para la instalación y cuáles no se han realizado según lo acordado. Estas hojas son de gran importancia a la hora de exigir a las contratas la corrección de las instalaciones y el cumplimiento de lo exigido.

El tipo de instalaciones que se realizan son según los siguientes departamentos:

- Infraestructura.
- Energía.
- Difusión.
- Acceso.
- Troncal.

Para el caso de infraestructura el tipo de instalaciones que se realizan son:

1. Empalizada: parte de la superestructura correspondiente a las barandillas.
2. Aire acondicionado.
3. Cerramiento: Barandillas que se instalan en una azotea.
4. Caseta.
5. Canalización.
6. Torre.
7. Superestructura: es un refuerzo de las esquinas de la caseta con instalación de barandillas en el techo para que se permita la instalación de mástiles y de antenas parabólicas.
8. Contra incendios: incluyen los detectores de humo, detectores de alta temperatura y extintores.
9. Acometida eléctrica: es el cableado eléctrico desde el contador hacia la caseta.
10. Intrusión: alarma de detección de intrusos.
11. Carpintería.

Para el caso de energía el tipo de instalaciones que se realizan son:

1. Rectificador: Equipo que pasa de corriente alterna a continua entregando los -48 V necesarios para los equipos.
2. Grupo electrógeno: equipo de generación de corriente alterna para el caso de cortes de suministro eléctrico en los centros importantes.
3. Baterías: para las casetas con pocos equipos se suelen instalar baterías para cubrir los cortes de suministro eléctrico pero claramente con periodos limitados de funcionamiento.
4. SAI: sistema de alimentación ininterrumpido (UPS).
5. Cuadros de alterna.

Para el caso de difusión el tipo de instalaciones que se realizan son:

1. Tv analógica.
2. TDT: Televisión Digital terrestre.
3. Radio analógica.
4. DAB: Radio Digital Terrestre (Digital Audio Broadcasting).
5. Mutiplexores.
6. Sistemas radiantes: antenas divididas por paneles que contienen los dipolos de emisión.

Para el caso de troncal el tipo de instalaciones que se realizan son:

1. Equipos SDH ópticos.
2. ADM: Multiplex Add/Drop.
3. Codec: correspondiente a audiovisual pero en la red troncal.
4. WDM: Multiplexación por longitud de onda.
5. Equipo radio SDH en la banda de 18 Ghz .
6. Equipo radio SDH de larga distancia en las bandas de $4,6$ y 13 Ghz .
7. Tramos de fibra.

Para el caso de acceso el tipo de instalaciones que se realizan son:

1. Equipos radio PmP con capacidad de $2,048\text{ Mbps}$ en G.703.
2. Equipos radio PmP que ofrece los 30 canales de 64 Kbps que contiene un E1, con las posibilidades de voz, datos y combinaciones de $N \times 64\text{ kbps}$ de los mismos.
3. Unidades radio periféricas para PmP con capacidad de 64 Kbps .
4. Unidades radio periféricas para PmP con capacidad de $2 \times 64\text{ Kbps}$.

5. Vanos: radioenlaces PDH PaP 2x2,4x2,8x2 y 16x2 Mbps en G.703.
6. Equipos de interconexión entre bucle de abonado de Telefónica y equipos SDH de RETEVISION.
7. BTS-PmP: estaciones base PmP.

Como se ve, la variedad de instalaciones que se realizan es considerable por lo que es primordial la realización de un seguimiento de los *check list* realizados. Este seguimiento contiene el número instalado de cada tipo de equipos cada mes y a cuántos de los instalados se les han realizado los correspondientes *check lists*. También se indican los resultados de esos últimos indicando el tipo de reparación necesario y clasificándolos en graves, leves o sin reparación.

Este tipo de seguimientos permite realizar estadísticas sobre las reparaciones más repetidas por cada contrata, el tiempo medio de realización de los *check list*, etc.

4 CONCLUSIONES

El proyecto trata sobre el despliegue de una red de acceso por un operador global de telecomunicaciones. La empresa en cuestión es RETEVISION, su condición como la empresa que ofrece la competencia al operador dominante, ha sido un condicionante para la tecnología elegida para realizar el despliegue.

El departamento donde se desarrolló el proyecto es el departamento Acceso. El proyecto se realizó en las provincias de Sevilla, Badajoz y Cáceres. La mayor parte del despliegue de la red de acceso fue con el objetivo de cubrir las necesidades del proyecto de la Junta de Extremadura.

La tecnología más usada en el despliegue es la tecnología de sistemas de radioenlaces punto a punto y punto a multipunto, esta elección es debida a las características que ofrecen estos sistemas respecto a tiempo de ejecución. El seguimiento del desarrollo del proyecto se realizó mediante herramientas de gestión informatizadas.

Durante el periodo de desarrollo del proyecto, se realizaron aproximadamente 3200 estudios de viabilidad, se conectaron alrededor de 3000 circuitos, de los cuales aproximadamente 2200 han sido destinados al proyecto de la Junta de Extremadura.

Respecto a las incidencias presentadas, caben destacar las incidencias de la fase de estudio de viabilidad en la provincia de Cáceres. Para realizar esta fase se subcontrató a una empresa externa, ello debido a la falta de personal en la unidad de mantenimiento. El contrato se incumplió por parte de la empresa contratada en cuanto a los tiempos de entrega de las respuestas del estudio para cada circuito. Se retomó el procedimiento usado en las otras dos provincias, y se contrató personal para la unidad de mantenimiento de Cáceres para el periodo de la fase de estudio de viabilidad. El cambio se tradujo en que el tiempo medio de respuesta al estudio de viabilidad de los circuitos se redujo de siete a dos días por circuito, por lo tanto dentro del límite de tres días establecido en la fase de planificación del proyecto de la Junta de Extremadura.

Existen varios puntos importantes a mejorar en el procedimiento usado en el desarrollo del proyecto. Primero, la centralización de la planificación (como la edición de las órdenes de trabajo) en departamentos localizados en Barcelona, ralentiza en exceso el desarrollo del proyecto y provoca una dependencia excesiva de los sistemas de comunicación (como el correo electrónico). Segundo, el seguimiento de las instalaciones se realiza a través de bases de datos corporativas pero que no responde a las necesidades reales del personal que realiza el seguimiento, por lo que en muchos casos aparecen bases de datos que se realizan de manera individual. En el segundo caso la solución puede estar en la creación de un sistema de bases de datos corporativo que permita la posibilidad de realizar sugerencias por parte de los usuarios.

Finalmente, indicar que el proyecto se desarrolló de manera favorable gracias al elevado número de acciones preventivas realizadas que se traducen en la disminución de las incidencias y las acciones correctivas correspondientes.