

Control distribuido y redes de campo en Telemando de energía de líneas de Alta Velocidad



Vicente Márquez
Director General de Logytel

Las características morfológicas de la línea de alta velocidad Madrid-Lleida, en la que los elementos a sensor o controlar (seccionadores de catenaria, subestaciones eléctricas, transformadores, calefactores de aguja, etc.) están distribuidos a lo largo de la misma, convierten en un reto el resolver el problema de acceso y comunicación de información en campo, que debe permitir el control y supervisión de toda la línea desde diferentes centros de explotación, con unos tiempos de acceso no superiores a algunos milisegundos. También deben considerarse aspectos de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad, proveyendo facilidades como caminos alternativos a las comunicaciones y tolerancia a roturas de anillos en las redes de campo configuradas.

El sistema de campo que se presenta ha sido desarrollado con tecnología propia de integración de Logytel, una empresa caracterizada por la realización de investigación aplicada fundamentalmente para entornos donde se requiere de alta fiabilidad y disponibilidad, como son los instalados en las plataformas de vía de ferrocarriles y controles de balizamientos de aeropuertos, utilizando, en todo momento, protocolos de

comunicaciones y sistemas estándar ampliamente difundidos y orientados a los requerimientos de los equipos de control y supervisión.

Diagrama general del Telemando de Energía

En la Figura 1 se puede observar un diagrama de bloques general del

Telemando de Energía, resaltando los tres niveles de actuación a considerar:

Nivel superior: Constituido por los Centros de Control y Operativa (CCOs) de Zaragoza y Madrid, aunque en un futuro estos deberán funcionar en redundancia con otro similar en Barcelona. Desde cualquier CCO se tendrá control sobre cualquier elemento integrado en el Telemando de Energía.

Nivel intermedio: Se trata de un nivel operativo restringido a determinados ámbitos regionales, ideado principalmente para la operación en situaciones degradadas en cuanto a las comunicaciones fijas. Se realiza en los Puestos Regionales de Operación (PRO) de Guadalajara, Calatayud, Zaragoza y Lleida, que se conectarán directamente a una red dedicada que permitirá establecer comunicaciones con las redes de campo asociadas a las subestaciones eléctricas que se hallan en su ámbito de influencia. También, contarán con comunicación a través de la WAN del ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) con el CCO.

Nivel inferior: Se trata del nivel de campo, en el que se centra el resto del artículo. En él se integran todos los elementos que se pueden considerar, por su funcionalidad o proximidad, como un conjunto único de actuadores y sensores a controlar (Nodo de Campo). Para cada Nodo de Campo existirá un Puesto Local de Operación (PLO).

Todos los Nodos de Campo se integran en Redes de Área asociadas al ámbito geográfico de las subestaciones eléctricas, cubriendo aproximadamente un entorno de unos 40 km a cada lado de la subestación eléctrica. Se han previsto tres Redes de Área, una para Subestaciones Eléctricas y Puestos de Autotransformación (que es específica del fabricante de cada uno de ellos), y otras dos que se describen a continuación:

- **Red de Área de Seccionadores de Catenaria (RA-CA)** que integra todos los Nodos de Campo que contengan seccionadores de catenaria (Subestaciones Eléctricas, Puestos de Autotransforma-

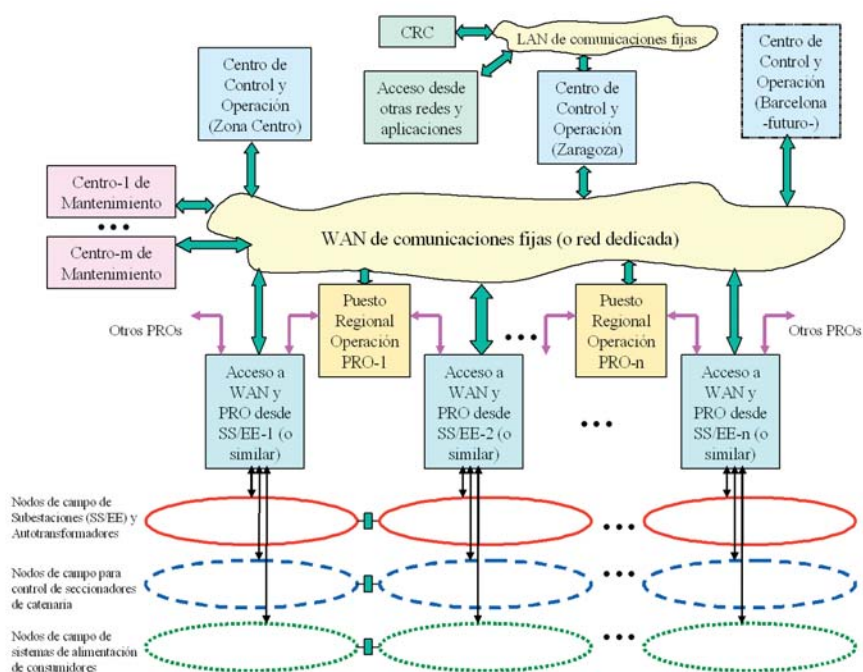


Figura 1. Arquitectura general del Telemando de Energía.

“La arquitectura de las Redes de Área de seccionadores de catenaria está formada por un anillo de fibra óptica tolerante a fallos y está controlada por una CPU con dualidad ”

- **Red de Área de Consumidores de Energía (RA-CO)** que integra todos los Nodos de Campo que contienen centros de transformación de poste para alimentación de sistemas o instalaciones a lo largo de la vía (casetas y edificios técnicos, casetas de telecomunicaciones, túneles, etc.).
- Gestión y comunicaciones con los elementos asociados a las subestaciones de tracción eléctrica.
- Gestión y comunicaciones de los elementos asociados al control de los seccionadores de catenaria.
- Gestión y comunicaciones de los elementos asociados al control en baja tensión de consumidores de energía.

Las funciones asignadas a cada una de estas Redes de Área son fundamentalmente:

Además, desde el punto de vista de las comunicaciones, las RA facilitan:

- Las comunicaciones entre los Sistemas de control de las subestaciones eléctricas de tracción y la WAN, y una fibra óptica dedicada en exclusividad al Telemando de Energía.
- Las comunicaciones de la Red de Área de seccionadores de catenaria (RA-CA) la WAN y el CCO; así como la Red de Área de baja tensión de consumidores (RA-CO), la WAN, y la FO dedicada.
- El control del flujo de datos e integridad de las comunicaciones por cada una de las redes anteriores.

En caso de fallo del control de alguna de las Redes de Área de una subestación, las Redes de Área de las subestaciones colaterales deberán asumir las funcionalidades propias de la primera, según se configure en el CCO.

Dado que a través de cada una de las Redes de Área se debe realizar el control y la gestión de diferentes Elementos Finales (seccionadores de catenaria, detectores de tensión, calefactores de agujas, suministro de baja tensión a edificios, etc.), y teniendo en cuenta que los seccionadores de catenaria están agrupados en: estaciones, apartaderos (PAETs), puestos de banalización (PBs), puestos de mantenimiento, cambiadores de ejes, subestaciones eléctricas y puestos de autotransformación, para cada uno de estos grupos se ha constituido una red, denominada Red Local de seccionadores de catenaria (RL-CA). En este mismo sentido, y dado que los consumidores se agrupan en: transformadores de catenaria asociados a los diferentes edificios, calefactores de agujas y túneles; para cada uno de estos grupos también se ha constituido una red, denominada Red

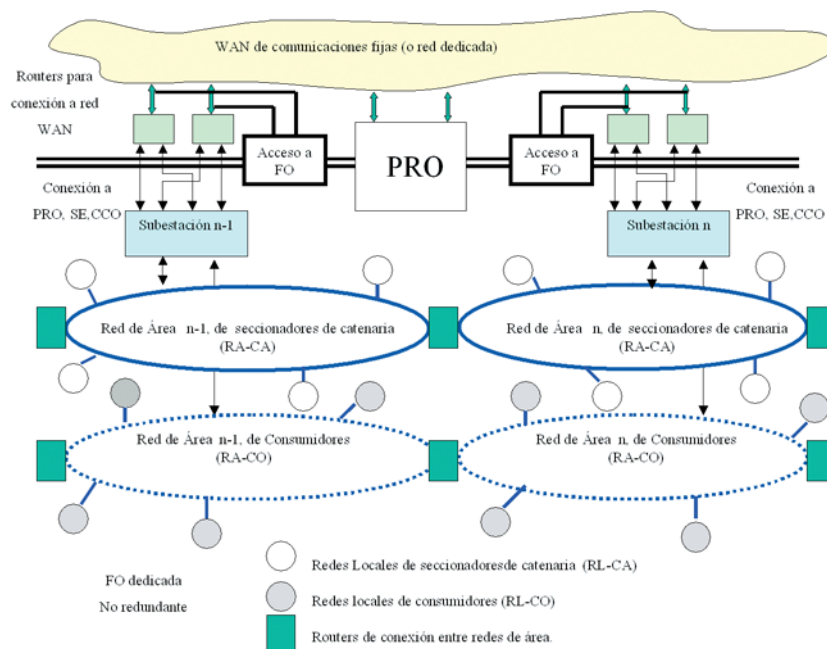


Figura 2. Estructura de las Redes de Área (seccionadores de catenaria y consumidores).

Local de accionamiento de consumidores (RL-CO).

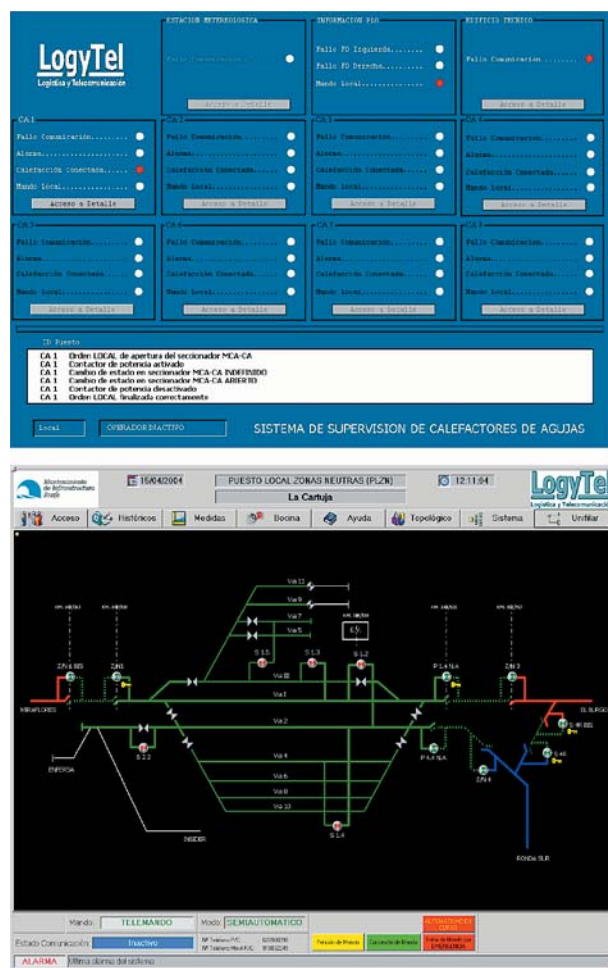
Cada una de las redes RA-CA tendrá asociadas las diferentes RL-CA de su área de influencia (aproximadamente 40 km en el entorno de cada SE); de la misma forma las redes RA-CO tendrán asociadas las diferentes RL-CO de su área de influencia. Asociado a cada RL-CA y RL-CO existe un Puesto Local de Operación (PLO-CA y PLO-CO), que incluye, de forma general, un puesto de visualización y actuación y un elemento de comunicación y control sobre los dispositivos que se asignen a la red (lo que habitualmente se denomina *remota*).

Redes de Área (RA)

La estructura general tanto de las RA-CA como de las RA-CO responde al diagrama de bloques mostrado en la Figura 2, para el caso de

dos subestaciones (para un número mayor de subestaciones la configuración se consigue replicándola).

La arquitectura de las Redes de Área de seccionadores de catenaria (RA-CA) está formada por un anillo de fibra óptica tolerante a fallos y está controlada por una CPU con dualidad que se encarga de realizar el control en dualidad de las comunicaciones, adaptación del protocolo de comunicaciones LonWorks (protocolo utilizado en las diferentes redes locales, RL-CA y RL-CO) al IEC-870 de salida hacia el CCO o los PROs. En las RA-CA las comunicaciones entre las distintas RL-CA se realizan siguiendo el protocolo de comunicaciones IEC-870 encapsulado en LonWorks. Las distintas RA-CA están unidas entre sí por un router, lo cual permite visualizar y controlar cualquier elemento final de las RA-CA colaterales, en caso de fallo de acceso a WAN o a PRO de una RA-CA completa.



El protocolo LonWorks, que sigue el modelo de referencia para interconexión de sistemas abiertos (OSI) desarrollado por la ISO, es un protocolo abierto y ampliamente utilizado en el campo del transporte por ferrocarril, además de en domótica, transporte aéreo, etc., que cumple la norma estándar ANSI EIA/CEA-709.1-A-1999 y la norma europea EN14908.1 y EN14908.2. LonWorks está implementado en un *firmware* en EPROM en un microprocesador (Neuron Chip), con puertos de entrada y salida con diversas funcionalidades configurables (serie spi, sci, i2c, infrarrojos, generador de pulsos etc.) y con una gran potencia en comunicaciones.

Permite implementar redes de comunicación que utilicen distintos medios de propagación de la información tales como fibra óptica, par trenzado, RF, infrarrojos, power line, etc., y además es configurable la velocidad y otros parámetros de comunicación.

.....

“La solución implantada en las diferentes redes de campo se caracteriza por su alta fiabilidad, tolerancia a fallos, inmunidad a las condiciones ambientales adversas de la línea ferroviaria y su gran flexibilidad de cara a futuras ampliaciones”

.....

El protocolo LonWorks, que sigue el modelo de referencia para interconexión de sistemas abiertos (OSI) desarrollado por la ISO, es un protocolo abierto y ampliamente utilizado en el campo del transporte por ferrocarril, además de en domótica, transporte aéreo, etc., que cumple la norma estándar ANSI EIA/CEA-709.1-A-1999 y la norma europea EN14908.1 y EN14908.2. LonWorks está implementado en un *firmware* en EPROM en un microprocesador (Neuron Chip), con puertos de entrada y salida con diversas funcionalidades configurables (serie spi, sci, i2c, infrarrojos, generador de pulsos etc.) y con una gran potencia en comunicaciones.

Permite implementar redes de comunicación que utilicen distintos medios de propagación de la información tales como fibra óptica, par trenzado, RF, infrarrojos, power line, etc., y además es configurable la velocidad y otros parámetros de comunicación.

Redes Locales (RL)

Las redes locales de catenaria (RL-CA) están formadas por un ani-

llo de fibra óptica en la que una CPU sin dualidad asume el control de los distintos elementos finales, siendo el protocolo de comunicaciones utilizado el LonWorks. Existe una RL-CA asociada a grupos de seccionadores y un PLO-CA asociado a cada una de estas redes locales. Cada PLO-CA permite monitorizar y actuar sobre todos los elementos finales de seccionadores de catenaria asociados a la red local; y además permite visualizar y actuar sobre cualquier otro elemento final de seccionadores de catenaria asociado a cualquiera de las RL-CA (si se cuenta con la correspondiente autorización). La conexión entre RL-CA se realiza mediante una interfaz bidireccional utilizando como soporte físico una única fibra óptica. La conexión con los elementos finales (a través de transceivers de FO) es tolerante a fallos.

En cuanto a las redes locales de consumidores (RL-CO), en general, existe una para cada transformador de poste asociado a cada uno de los edificios que albergan algún sistema de la infraestructura. Se distingue entre edificios técnicos, casetas técnicas y casetas de telecomunica-

ción; además se contemplan calefactores de agujas y túneles.

Asociada a cada RL-CO existen uno o dos controles de accionamiento, un medidor de potencia, un nodo de entrada/salida, un dispositivo de acceso a comunicaciones y un cuadro de maniobra y señalización. La configuración implementada (dada la distribución física de los elementos finales a controlar) permite utilizar como soporte físico par trenzado.

Conclusiones

La solución implantada en las diferentes redes de campo, para realizar el control distribuido del Telemando de Energía en la línea de alta velocidad Madrid-Lleida, se caracteriza por su alta fiabilidad, tolerancia a fallos utilizando una única fibra óptica, inmunidad a las condiciones ambientales adversas de la línea ferroviaria, y su gran flexibilidad de cara a futuras ampliaciones. Esta solución ha permitido, además, de integrar diversos y diferentes sistemas (calefactores de aguja, medidores de tensión, medidores de potencia, control de acceso, etc.), realizar una supervisión y control remoto de todos ellos y que dicha supervisión se pueda realizar desde diferentes puntos de la línea. Además, este sistema presenta una gran robustez ante potenciales averías de algunas instalaciones, ya que ha sido pensado para que ante un fallo el sistema mantenga la integridad de la información, del control y de la supervisión. ♦