

NUEVO ESTÁNDAR INTERNACIONAL DE COMUNICACIONES PARA EL CONTROL DISTRIBUIDO EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS: IEC 61850



Iker Canales Goizueta
Ingeniero de Telecomunicaciones. Unidad de Energía de Robotiker-Tecnalia



Pedro Ibáñez Ereño
Doctor Ingeniero Industrial. Unidad de Energía de Robotiker-Tecnalia



Erik San Telmo
Ingeniero de Telecomunicaciones. Unidad de Energía de Robotiker-Tecnalia

Recibido: 15/03/06

Aceptado: 27/03/06

Resumen

Tradicionalmente cada fabricante de equipos de subestación eléctrica, o IEDs (*Intelligent Electronic Device*), ha desarrollado su propio protocolo de comunicaciones según las necesidades concretas de sus equipos, lo que ha derivado en que en la actualidad existan numerosos protocolos propietarios, distintos e incompatibles entre sí, suponiendo un serio problema para las compañías eléctricas usuarias de tales IEDs, máxime en cuanto a la posibilidad de interoperabilidad. Para solventar esta situación, desde mediados de los años 90 surgen tentativas que intentan estandarizar estas comunicaciones dentro de la subestación, como son UCA (*Utility Communications Architecture*) y el recién aprobado estándar IEC 61850 (*Communications networks and systems in substations*).

En este artículo se explican los fundamentos de IEC 61850 así como su estado actual y perspectivas de futuro. También se presenta una visión básica de un aspecto importante como es el de la Certificación de conformidad para equipos basados en IEC 61850, con especial mención a la labor que está desempeñando **Robotiker-Tecnalia** en ese campo a escala nacional.

Palabras clave: Interoperabilidad, subestaciones, certificación de conformidad.

Abstract

Traditionally each manufacturer of electrical substation devices, the so-

called IEDs (Intelligent Electronic Device), has developed his own communication protocol according to specific needs within his devices, and that's why nowadays there are a lot of proprietary protocols, all of them being different from each other and no compatible at all. This has become a serious problem for utilities, the users of these IEDs, mainly regarding the possibility of interoperability. In order to overcome this situation, by the middle of 90s some attempts arise trying to standardize all of these communication issues within an electrical substation, such as UCA (Utility Communications Architecture) and the recently approved IEC 61850 standard ("Communications networks and systems in substations").

*In this article basic concepts of IEC 61850 are described, together with both its real state at the present time and its future prospects. Also it is explained a fundamental view of such an important aspect like certification of conformity for IEDs based on IEC 61850, with a special mention to the activity that **Robotiker-Tecnalia** is currently carrying out nationwide in this respect.*

Key words. Interoperability, substations, Certification of conformity.

1.- Introducción

Las empresas de distribución de energía eléctrica están en un momento de grandes cambios, máxime con la liberación de los mercados energéticos, debiendo centrar sus esfuerzos en mejorar la eficiencia y los servicios y en reducir costes. Así, en las

subestaciones se necesitan nuevos IEDs que aumenten la funcionalidad disminuyendo los costes, y para ello puede aprovecharse el incremento de la inteligencia asociada a los equipos de protección y control en todos los niveles del sistema eléctrico. Hasta ahora, la funcionalidad de esos equipos está limitada severamente por la falta de estandarización y la falta de capacidad para implantar esquemas de comunicación horizontal, dadas las numerosas soluciones propietarias que existen dentro de la subestación eléctrica para protocolos y datos, y que, además de dificultar la integración entre IEDs de diversos fabricantes, actualmente suponen un importante obstáculo frente a la creciente necesidad de intercambiar información entre empresas eléctricas y entre éstas y sus clientes.

Se requiere, por tanto, una auténtica estandarización. Surge la necesidad de una arquitectura basada en un conjunto de estándares y protocolos abiertos que ayuden a eliminar costes extra, motivados principalmente por la instalación y el mantenimiento de múltiples *buses* de comunicación en la subestación, y redundancias e inconvenientes relativos al uso de interfaces de comunicación propietarios, desechando convertidores de protocolos para integrar IEDs de diferentes fabricantes [1]. En este sentido, la **Comisión Electrotécnica Internacional** o **IEC** (*International Electrotechnical Commission*), que es el máximo Organismo a escala mundial encargado de la preparación y publicación de normativas internacionales para los ámbitos eléctrico y electrónico y de-

más tecnologías relacionadas, recientemente ha terminado de definir y aprobar una arquitectura distribuida estándar de comunicaciones basada en objetos: la norma internacional IEC 61850, cuya principal aportación es la interoperabilidad de equipos de distintos proveedores sobre la misma red de comunicaciones [2], y cuya filosofía ya se está aplicando y extendiendo con el fin de satisfacer los requerimientos de la casi totalidad de la cadena de suministro eléctrico, principalmente fuera de las subestaciones, desde la generación (instalaciones eólicas e hidroeléctricas, recursos energéticos distribuidos) hasta la transmisión y la distribución, sin olvidar las interfaces con los clientes finales.

3.- ¿Qué es IEC 61850?

Se trata de un estándar aplicable a sistemas de automatización de subestaciones (SAS: *Substation Automation System*) que define la comunicación entre IEDs en la subestación y los requisitos de sistema relacionados. Su aparición está motivada por el importante desarrollo tecnológico de los últimos tiempos, que ha llevado a los equipos secundarios de subestación a evolucionar de equipos electromecánicos a digitales, irrumpiendo así con fuerza la posibilidad de implantar SASs usando varios IEDs para realizar las funciones de protección, control, monitorización, etc., y, por ende, surgiendo la necesi-

dad de una comunicación eficiente entre IEDs, es decir, de una arquitectura estándar que soporte la capacidad para operar en la misma red de datos [2], compartiendo información y comandos, posibilitando comunicaciones horizontales e intercambiando datos de alta velocidad en tiempo real: interoperabilidad.

El estándar IEC 61850 se basa en el uso de otros estándares abiertos, ya existentes y ampliamente aceptados y probados: TCP/IP, Ethernet,... Consta de 14 apartados agrupados en 10 partes (Fig. 1), de los cuales los cinco primeros contemplan aspectos generales del sistema [4]. Las restantes partes, en cambio, son más concretas: configuración; modelos de datos; servicios abstractos de comunicación junto con sus mapeos específicos sobre pilas de comunicaciones reales, o en otras palabras, junto con sus correspondencias a servicios concretos de comunicación y pruebas de conformidad.

Es importante destacar el hecho de que IEC 61850 no limita en modo alguno las funciones operacionales de subestación ni su localización dentro de la misma, sino todo lo contrario, facilitando incluso la implantación de funcionalidades distribuidas.

Para ello, básicamente la norma permite, por un lado, que dichas funciones (tareas) así como posibles subfunciones e interfaces funcionales, puedan descomponerse en partes llamadas Nodos Lógicos (LN: *Logical*

Node), capaces de ejecutarse en diferentes IEDs y a distintos niveles de la subestación, si bien estando siempre comunicados entre sí. Y por otro, recurre al modelado de la información, definiendo una sintaxis abstracta y una semántica para los datos intercambiados, por medio de Clases de datos, Tipos de objetos de datos, Atributos y Servicios. Dicho de otra manera, el concepto de LN es clave para definir la información de un equipo ante sus comunicaciones, proporcionando una lista de datos bien definidos, denominados y organizados.

Todas las funciones y LNs de una subestación se hallan descritos en la parte IEC 61850-5, aunque otra de las características fundamentales de IEC 61850 es la posibilidad de agregar nuevas funcionalidades siempre y cuando se sigan las reglas establecidas por la propia norma a tal efecto.

Aplicaciones de usuario vs. pila de comunicaciones...

Es evidente que un “desacoplamiento” entre las aplicaciones de usuario de una subestación (de lenta evolución tecnológica) y los protocolos de comunicaciones sobre los que se sustentan (susceptibles a cambios con mayor rapidez) haría más eficiente tanto el seguimiento del progreso tecnológico como el de la evolución de los requerimientos de los sistemas de protección y control. Por tanto, la abstracción en los modelos de datos es necesaria para no depender de tecnologías concretas y dar validez temporal a la norma IEC 61850. Esto se logra mediante la definición de una interfaz abstracta independiente llamada ACSI (*Abstract Communication Service Interface*), con objetos de aplicación abstractos y servicios de aplicación abstractos.

Ahora bien, justamente por ser abstractos, estos servicios del ACSI no son realmente los que se transmiten a través del medio, sino que hace falta utilizar una interfaz específica denominada SCSM (*Specific Communication Service Mapping*) para enviar unos servicios concretos que resultan de mapear la interfaz ACSI local a los servicios disponibles en la

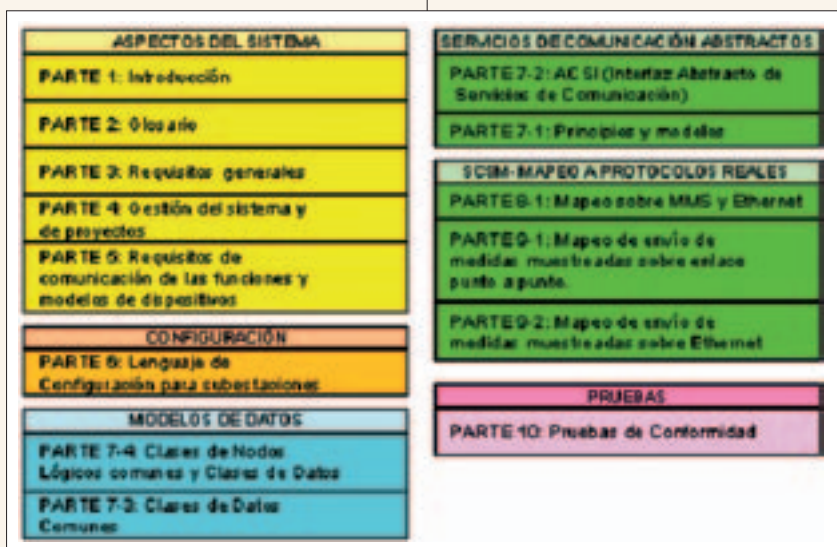


Fig. 1. Documentos que componen el estándar IEC 61850.

capa de aplicación (nivel 7 dentro del modelo de referencia que define OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos) para la implantación de protocolos de comunicaciones) y en el perfil de comunicación (niveles 1 a 6 de OSI) específicos que se escojan para el sistema. Con la interfaz ACSI, en suma, es como se obtiene la referida separación entre las aplicaciones finales de usuario y la pila de comunicaciones si bien ha de tenerse en cuenta que el mayor o menor esfuerzo en ese inevitable *mapeo* del ACSI al SCSM dependerá de la capa de aplicación implicada (Fig. 2).

A modo ilustrativo, en la figura 3 se muestra un ejemplo de lo anterior. El LN "XCBR2" representa el "interruptor de circuito" número 2, mientras que "Pos" y "CBOpCap" son dos de los datos que pueden componerlo, en concreto los correspondientes a su "posición" y su "capacidad de operación". A su vez, "Pos" es un control que consta de atributos, como pueden ser "stVal", "q" y "t" para, respectivamente, definir su valor de estado, la calidad de ese valor de estado y la marca de tiempo del último cambio experimentado por ese valor de estado.

quema con estructura jerárquica de nombres y un diccionario de Objetos de datos.

IEC 61850-7-x: Estructura de comunicación básica para subestaciones y equipos de alimentación...

A la hora del modelado de la información contenida en los IEDs de la subestación, se deben llevar a cabo dos pasos fundamentales.

A.- Primer paso: nodos lógicos y datos

Como ya se ha observado (Fig. 3), cada LN consta de uno o varios datos y el tipo de información que cada dato específico representa está definido en IEC 61850-7-3, que es el documento de la norma con las denominadas Clases de Datos Comunes (CDC: *Common Data Classes*). Es decir, estas clases vienen a ser las plantillas comunes donde se indican el contenido de todos los posibles datos de los diferentes LNs. Además, las CDCs tienen asociados unos servicios que determinan los posibles intercambios de información y operaciones que pueden realizarse con el dato en cuestión (Fig. 4), estando todos esos servicios definidos en IEC 61850-7-2.

Los nombres de los LNs y de sus datos constituyen la semántica del equipo de subestación y se encuentran estandarizados bajo términos abreviados: ("XCBR" para interruptor de circuito, por ejemplo).

En resumen, los LNs y sus datos son los conceptos fundamentales que se utilizan para describir los sistemas reales y sus funciones: ambos de-

terminan la información a la que puede accederse. Cada dato definido en IEC 61850-7-4 tiene asignado un significado específico, e interacciona con su entorno por medio de sus servicios asociados (Fig. 5).

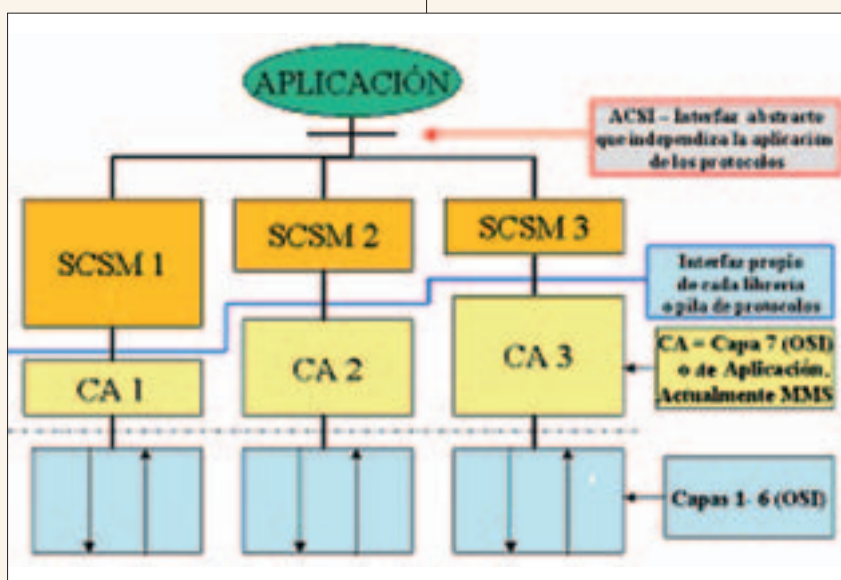


Fig. 2. Modelo básico de referencia del IEC 61850.

IEC 61850-5: Requerimientos de comunicación para funciones y modelos de dispositivos...

Hemos mencionado que IEC 61850 permite el modelado de información y la descomposición en LNs para las funciones operacionales de una subestación. Sin embargo, la interoperación entre LNs sólo es posible si se pueden interpretar y procesar los datos recibidos y los servicios de comunicación usados. Por ello IEC 61850 estandariza la información contenida en los LNs y su identificación dentro de los mismos: Clases de Objetos de datos, Tipos de Objetos de datos, atributos. Y con el modelo de información se describen la sintaxis y la semántica de esos objetos de datos a intercambiar (interoperabilidad).

Las comunicaciones siempre ocurren entre LNs y éstos carecen de localizaciones específicas en equipos concretos. En consecuencia, cada LN tiene que ser direccionable por sí mismo para lo cual se utiliza un es-

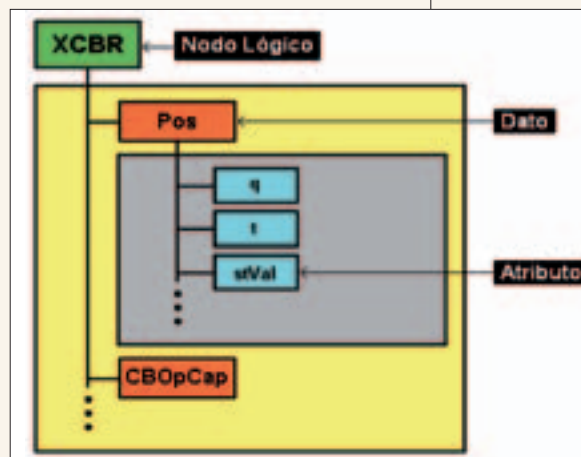


Fig. 3. Ejemplo de LN, datos y atributos.

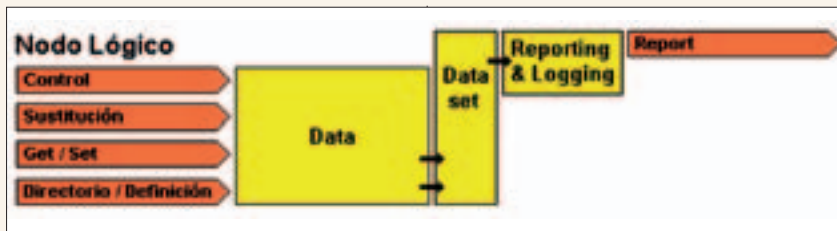


Fig. 4. Bloques constituyentes de un LN: datos (o agrupaciones de datos) y servicios.

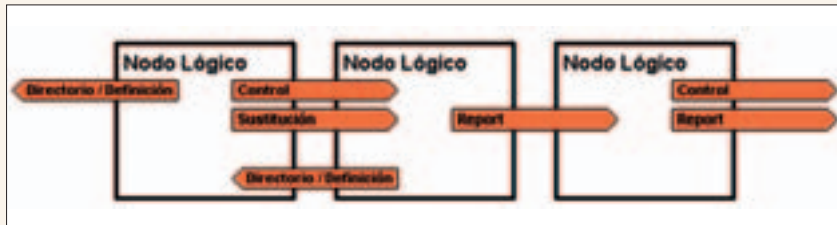


Fig. 5. El flujo de información transcurre entre LNs.

B.- Segundo paso: el modelo de dispositivo lógico.

Se necesita introducir un nuevo concepto, el de Dispositivo Lógico (LD: *Logical Device*), por meros propósitos de comunicación, a fin de incluir en un mismo contenedor tanto LNs como servicios adicionales: GOOSE, SMV, grupos de configuración,... (Fig. 6). Los LDs residen en equipos físicos a los que usan como *host*, proporcionando información acerca de ellos o sobre equipos externos que controlan.

Otro concepto a considerar es el de Servidor, que contiene todo lo que se define como visible y accesible desde la red de comunicaciones. Un equipo físico puede albergar uno o más servidores. El estándar IEC 61850 se limita a indicar los LNs, datos, controles,... que se localizan en un servidor, así como la solicitud de servicio intercambiada, con lo cual el cliente es complementario. Además, la norma provee bloques constituyentes adicionales que permiten modelar un servidor (Fig. 6).

4.- Certificación de conformidad para IEC 61850

El estándar IEC 61850 surgió con el principal objetivo de la interoperabilidad como camino hacia una mejor y más elevada prestación de funcionalidades de los IEDs que forman parte de una subestación eléctrica. Ése es el requerimiento básico hoy en día: disponer de sistemas de comunica-

ción abiertos que posibiliten el intercambio de información entre IEDs de diferentes proveedores dentro de una subestación eléctrica sin necesidad de convertidores de protocolos. Se promueve así el empleo de una infraestructura común de comunicaciones a nivel de empresas eléctricas, desde el centro de control hasta el nivel de la denominada aparamenta eléctrica [3].

Es evidente que la referida interoperabilidad también debe ser un compromiso a asumir tanto por los suministradores de equipos como por sus clientes y usuarios. De manera que, por un lado, surge la necesidad de establecer unos procedimientos de pruebas que permitan a los fabricantes demostrar que sus IEDs cumplen con los requerimientos del estándar IEC 61850 y que pueden operar con otros IEDs de otros fabricantes en la LAN de una subestación; y por otro

lado, surge la necesidad de disponer de laboratorios independientes y acreditados que lleven a cabo dichas pruebas y avalen la conformidad con IEC 61850.

Se requiere, pues, certificar la compatibilidad y conformidad de los equipos con la norma IEC 61850 con el fin de asegurar y garantizar a los usuarios finales el correcto control de la subestación al conectar conjuntamente los distintos IEDs en ella. dicho de otro modo, los equipos basados en IEC 61850 han de certificarse como medida de prevención de riesgos de interoperabilidad: reducirlos a un nivel aceptable (jantes de la integración!) es lo que interesa a los clientes, proporcionándoles así la máxima confianza de que el IED en cuestión interoperará sin defectos con otros IEDs certificados de otros fabricantes. Sin olvidar que la certificación conllevaría un ahorro de costes puesto que se minimizan los riesgos de daño económico por fallos en la fase operativa y los riesgos de desestabilización operativa de las redes de comunicaciones, amén de que se mejora la eficiencia en el desarrollo de las interfaces.

Pero... ¿quién define los procedimientos de pruebas?, ¿quién realiza las acreditaciones de laboratorios?

El máximo Organismo encargado de la Certificación del estándar IEC 61850 a escala mundial es el **UCA International Users Group** (UCA IUG). Y no sólo debe especificar y definir los procedimientos de pruebas a seguir de acuerdo con la parte IEC 61850-10, ni acreditar laboratorios certificadores, sino que también debe

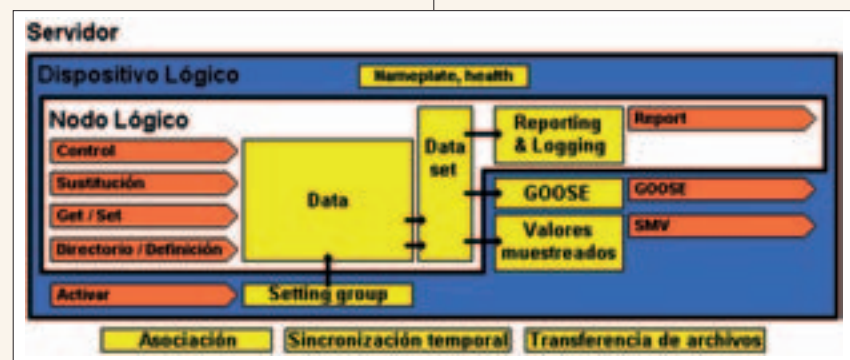


Fig. 6. Bloques constituyentes de un dispositivo lógico (en azul) y de un servidor (en blanco).

certificar los sistemas de pruebas que se emplean (herramientas), como es lógico pensar dado que es imposible verificar toda la casuística de configuración de sistemas (numerosísimos equipos de diferentes suministradores a escala mundial). Por ende, se recurre a sistemas de pruebas de conformidad estandarizados (con simuladores y analizadores), existiendo acuerdo en la configuración y acuerdo en los procedimientos a aplicar para obtener resultados compatibles. Y habrán de automatizarse de tal manera que, siempre que se repitan las pruebas, los resultados obtenidos tendrán que ser los mismos con independencia del laboratorio (dónde) y de los ingenieros (quiénes).

Conviene aclarar que, en su parte 10, la norma IEC 61850 indica cómo mejorar la interoperabilidad a través de las denominadas Pruebas de conformidad (definiendo asimismo casos de prueba), tratando con ellas de verificar que las especificaciones de los servicios de comunicación y del modelo de datos se han implantado correctamente según el estándar IEC 61850. Esas Pruebas de conformidad están diseñadas para examinar a los IEDs desde un punto de vista de las interfaces de comunicación solamente (bajo situaciones normales, de error y de estrés), no se enfocan a las características funcionales propias del mismo (protección, control, monitorización,...) y, además, son para dispositivos de tipo servidor, no cliente, y sus formatos son abstractos, es decir, sólo indican qué debería probarse, no cómo. Sin embargo, para realizar una Prueba de conformidad sí se requiere explicar cómo hacerlo y ello se especifica en el documento de procedimientos de Pruebas de conformidad de UCA IUG.

Por lo que a las acreditaciones se refiere, el requisito mínimo exigido por UCA IUG a un laboratorio certificador de IEC 61850 es poseer un sistema de Calidad basado en ISO 9000 y ser un third-party independiente, es decir, estar liberado de presiones comerciales y financieras que pudieran influir en los resultados finales de las pruebas.

Labor certificadora de Robotiker-Tecnalia

El Centro Tecnológico Robotiker-Tecnalia ha desarrollado hasta la fecha una importante tarea de consultoría y desarrollo técnico sobre esta reciente norma IEC-61850.

Ahora decide ir más allá y, tras el Acuerdo de Cooperación alcanzado en julio de 2005 con **KEMA Nederland BV**, líder mundial en la Certificación de equipos y sistemas eléctricos, y con ámbito de aplicación a España y Portugal, se reconoce su capacitación técnica tanto para la realización de pruebas de precertificación, que, como es evidente, se efectuarán en sus laboratorios e instalaciones del **Parque Tecnológico de Zamudio** después de haber sido conveniente y adecuadamente preparados para tal efecto; como para la gestión de la certificación final por parte de KEMA.

Una vez finalizadas las pruebas de conformidad, será KEMA, como laboratorio acreditado por el UCA IUG, la empresa encargada de emitir el pertinente Certificado Final de Conformidad para el IED ensayado, indicando en el mismo si el pertinente equipo "sí ha mostrado /no ha mostrado estar no conforme" con el estándar IEC 61850.

Este acuerdo es muy importante para las empresas de la Península Ibérica ya que ahora pueden disponer de un servicio integral y próximo, gestionado desde el **Centro Tecnológico Robotiker-Tecnalia** para la Certificación de equipos según el estándar IEC 61850.

5.- Perspectivas

El estándar IEC 61850 ha dejado de ser una visión de futuro concebida a finales de los años 90 para convertirse en una realidad. Tanto por el hecho de que la totalidad de sus documentos se encuentran ya aprobados como IS (*International Standard*), como porque numerosos proyectos, entre ellos *INTERUCA*, y numerosas pruebas y demostraciones, inclusive enfocadas a aplicaciones de control y a intercambio de datos para herramientas de Ingeniería, han servido para poner de manifiesto la tan anhelada interoperabilidad de IEDs proce-

dentes de diferentes fabricantes. Además, actualmente muchas empresas eléctricas tienen en curso diversos proyectos de puesta en marcha de instalaciones reales basadas íntegramente en equipos conformes con el estándar IEC 61850.

Por otro lado, cabe mencionar que IEC 61850 está dando lugar no solamente a simples extensiones, como pueden ser, por ejemplo, los casos del IEC 61400-25 y del IEC 62344 para el control y la monitorización de instalaciones eólicas e hidroeléctricas respectivamente, o del IEC 62350 para los sistemas de comunicaciones de recursos energéticos distribuidos; sino que inclusive también está originando la definición y desarrollo de otros nuevos estándares basados en su filosofía.

6.-Referencias

- [1] **C.R.Ozansoy, A.Zayegh, A.Kalam**, "*Communications for substation automation and integration*" (Australasian Universities Power Engineering Conference AUPEC2002, Melbourne, sept. 2002).
- [2] **Karlheinz Schwarz**, "*Standard IEC 61850 for substation automation and other power system applications*" (International Conference "Power Systems and Communications Infrastructures for the Future", Beijing, sept. 2002).
- [3] Partes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7-1, 7-2, 7-3, 7-4, 8-1, 9-1, 9-2 y 10 del estándar "*IEC 61850: Communication networks and systems in substations*" (2003 - 2005).
- [4] **T. Kostic, C. Frei, O. Preiss, M. Kezunovic**, "*Scenarios for data exchange using standards IEC 61970 and IEC 61850*" (presentado en el "UCA Users Group Meeting" de CIGRE, París, sept. 2004).
- [5] **Iker Canales, Pedro Ibáñez, Juan Torres et al**, "*INTERUCA Project: UCA interoperability for distributed control within electrical substations*" (Sesiones Plenarias de CIGRE, París, sept. 2004).
- [6] **Erik San Telmo, Iker Canales y Pedro Ibáñez**, "*Interoperabilidad en subestaciones eléctricas: IEC 61850*" (Revista *Energía*, editorial Alción, agosto 2005). ■