

# Modelado completo de objetos y servicios de comunicación del regulador de velocidad necesarios para la automatización de una unidad generadora típica de Itaipu implementando la norma IEC 61850

*(Propuesta de investigación)*

David Daniel Pérez Sosa  
Ingeniería Eléctrica  
Facultad Politécnica  
Universidad Nacional del Este  
Campus Universitario, Km. 8, lado Acaray  
Email: contact@david5.com

## I. INTRODUCCIÓN

La energía en todo el mundo mueve por lo menos 7 billones de dólares anuales, y es un negocio en expansión. Por ello, la energía afecta profundamente nuestra economía, sociedad y entorno [1], debido a esto, existe una constante investigación, y han surgido nuevas tecnologías y estándares en los sistemas de potencia, en áreas como la automatización y tratamiento de la información, por dar unos ejemplos, con el objetivo de mejorar el performance y la seguridad en el sistema de potencia, a través de redes inteligentes (Smart Grids).

En los últimos años, la automatización de sistemas de potencia en todo el mundo utiliza ampliamente dispositivos basados en uno o varios microprocesadores [2], [3] integrados llamados Intelligent Electronic Devices (IEDs) que utilizan tecnologías de redes de comunicación con el objetivo de enviar o recibir información de o para varias fuentes con el objetivo de monitorear, controlar, y supervisar la generación, transmisión y distribución de la energía [4], [5], [6].

El intercambio de información entre IEDs de diferentes fabricantes se ha vuelto muy complejo, costoso, y a veces imposible, es por ello que la industria se ha puesto de acuerdo para adoptar el estándar IEC 61850 y así conseguir interoperabilidad, confiabilidad y mayor calidad en el intercambio de información dentro del Sistema de Gerenciamiento de Energía (EMS-Energy Management System).

La norma IEC 61850 “Communication Networks and Systems in Substations” provee un perfecto soporte para una interoperabilidad sustentable entre IEDs: modelado de la información, métodos para intercambio de la información, mapeo a protocolos de comunicación, y un lenguaje de

configuración de subestaciones (SCL) para sistemas eléctricos de energía (Generación, Transmisión y Distribución para alta, media y baja tensión) [6].

La norma IEC 61850, en la actualidad, no se enfoca únicamente a subestaciones, también es aplicable y extensible para satisfacer las necesidades de casi la totalidad de la cadena de suministro de energía, entre los cuales destacamos la protección de líneas de transmisión, plantas de energía eólica, distribución de energía y centrales hidroeléctricas, sistemas fotovoltaicos y coches eléctricos [7], [8], [9].

El modelado jerárquico de la información a través de nodos lógicos es una cuestión clave. La agrupación correcta de los nodos lógicos representan funciones o equipos utilizados en los sistemas de potencia. Cada nodo lógico provee una lista de información bien designada y organizada. Los objetos y servicios definidos en la parte IEC 61850-7-2 de la norma permiten el intercambio de esta información [10].

En julio del 2007 las extensiones de los nodos lógicos a centrales hidroeléctricas han sido aprobadas, publicadas y están listas para su uso, en el apartado IEC 61850-7-4-10: *Hydroelectric Power Plants - Communication for monitoring and control*; agregando 60 nodos lógicos y 350 *Data Objects* a la serie IEC 61850 [11], [12].

Este trabajo consiste en la aplicación de la norma IEC 61850, en especial del modelado de nodos lógicos definidos en la parte 7-4-10 Hydro Power Plants y de los objetos y servicios de comunicación para la automatización de una unidad generadora típica de Itaipu, y proponer al TC57 (International Electrotechnical Commission, Technical Committee 57) la complementación o extensión de nodos lógicos de la norma que actualmente son insuficientes para las unidades generadoras de Itaipu. Como estudio de caso, se modelarán los

nodos lógicos y servicios de comunicación necesarios para el regulador de velocidad de la unidad generadora. Este trabajo de investigación se basa en el ítem del documento “Proposta de Temas para Monografias de Especialização - Automação, Controle e Supervisão do Processo elétrico Baseado na Norma IEC 61850 - A-4 - Automação de Unidades Geradoras - Modelagem Completa da Unidade Geradora” de la Itaipu Binacional, redactado por Marcos Fonseca Mendes, Antonio Sertich Koehler, Ladislao Aranda Arriola, funcionarios de la Itaipu Binacional.

## II. OBJETIVOS

### A. Generales

Definir modelos y proveer servicios de intercambio de información específicos entre IEDs conformes a la norma IEC 61850 para funciones de automatización del regulador de velocidad de una unidad generadora típica de Itaipu.

### B. Específicos

- 1) Implementar los nodos lógicos del apartado IEC 61850-7-4-10 necesarios para las funciones de automatización del regulador de velocidad.
- 2) Identificar los servicios de comunicación del apartado IEC 61850-7-2 necesarios para el regulador de velocidad.
- 3) Definir las funciones de automatización requeridas por el regulador de velocidad y los nodos lógicos que las componen.
- 4) Implementar los nodos lógicos, servicios de comunicación, y sus relaciones, considerando la herencia de objetos y sus ubicaciones centralizadas y/o distribuidas en la red de automatización mediante herramientas de ingeniería.
- 5) Proponer la extensión/complementación de nodos lógicos y Descripciones de Configuración de IEDs (ICDs) si fueren necesarios para un generador típico de Itaipu.

## III. PLAN DE TRABAJO Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

A continuación se expone el plan de trabajo para la aplicación de la norma IEC 61850 en el regulador de velocidad de una unidad generadora típica de Itaipu. Parte de esta metodología se extrajo de una tesis doctoral y paper sobre modelado de objetos en hidroeléctricas [13], [14].

### A. Agosto del 2009

*Paradigma de programación orientada a objetos:* Clases, métodos, atributos. Objeto. Instanciación. Herencia. Abstracción. Encapsulación. Polimorfismo. Interfaces. Recursividad. Tipos de datos.

### B. Septiembre del 2009

*Unified Modeling Language - UML:* Diagrama de clases. Representación de objetos mediante UML.

### C. Octubre del 2009

*XML - Extensible Markup Language:* Lenguajes de marcación. XML. DTD (*Document Type Definition*). XSD (*XML Schema Definition*)

### D. Noviembre del 2009

1) *Análisis de los conceptos de la automatización de Sistemas Eléctricos de Potencia:* Sistema de automatización de hidroeléctricas, en especial de una unidad generadora. Topología de red del sistema de automatización. Funciones del sistema de automatización de una unidad generadora: comando, adquisición de datos, protecciones, supervisión, alarmas, secuencia de eventos, enclavamientos y bloqueos.

2) *Identificación de las comunicaciones en el Sistema de Automatización Eléctrico:* Redes de área local. Tecnologías de red, en especial las implementaciones de la norma IEEE 802.3. Jerarquías de protocolos. Servicios: Connection-Oriented y Connectionless. Relaciones entre servicios y protocolos. Modelo de referencia *Open System Interconnection* (OSI). Medios de transmisión de información. Control, flujo, corrección y detección de errores. Algoritmos de enrutamiento: broadcast y multicast. Arquitecturas cliente-servidor, *peer-to-peer*.

### E. Diciembre del 2009 y enero del 2010

*Lectura e interpretación de la norma IEC 61850:* Incluyendo las partes 1, 2, 4 (solo la sub parte 5), 6, 7-1, 7-2, 7-3, 7-4, 8-1.

### F. Febrero del 2010

Desglosar la arquitectura, los elementos y modelos de comunicación de un Sistema de Automatización de Usinas

### G. Marzo del 2010

*Conocer el funcionamiento y clasificar las funcionalidades generales necesarias en el sistema de automatización de un regulador de velocidad:* Comandos, adquisición de datos, protecciones, supervisión, alarmas, secuencia de eventos, enclavamientos, secuencias automáticas, controles de velocidad, sincronización, informes, valores hidroenergéticos, entre otros.

### H. Abril del 2010

*Estudio del funcionamiento y características particulares del regulador de velocidad de una unidad generadora típica de Itaipu:* Identificación de las funciones de automatización con ayuda de especialistas de la máquina. Desglosar cada función de automatización en los nodos lógicos correspondientes.

### I. Mayo del 2010

Breve estudio de la arquitectura de red necesaria para la automatización del regulador de velocidad implementando la norma IEC 61850.

### J. Junio y Julio del 2010

Modelado de los nodos lógicos normalizados del apartado IEC 61850-7-4-10 *Hydro Power Plants* utilizando herramientas de ingeniería disponibles en el mercado.

K. Agosto a Septiembre del 2010

Identificación y modelado de los servicios de comunicación necesarios para el regulador de velocidad. Apartado 7-2 de la norma IEC 61850

L. Octubre a Diciembre del 2010

Validación y corrección de errores del trabajo mediante simulación por software en una red IEC 61850 y posterior revisión por pares.

#### IV. MATERIALES Y MÉTODOS

a) *Investigación bibliográfica*: Incluye la investigación y estudio de la norma IEC 61850, en especial las definiciones de modelos de información definidos en la parte IEC 61850-7-4-10 *Basic communication structure for substation and feeder equipment Compatible logical node classes and data classes - Hydro Power Plants*, los servicios de intercambio de información para diferentes funciones (por ejemplo, control, reporte, *getters* y *setters*) definidos en el apartado IEC 61850-7-2 *Basic communication structure for substation and feeder equipment Abstract communication service interface (ACSI)*, la implementación de dichos servicios de comunicación a través de protocolos especificados en la parte IEC 61850-8-1 *Specific Communication Service Mapping (SCSM) Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3* para las necesidades de la unidad generadora, y otros documentos, normas, y tecnologías relacionadas.

b) *Investigación de campo*: Incluye el levantamiento de informaciones del generador de Itaipú, la identificación de las funciones de automatización inherentes regulador de velocidad de la unidad generadora y otras documentaciones y estadísticas relacionadas al caso en estudio. También incluye la simulación en una red IEC 61850 utilizando las herramientas de ingeniería disponibles en el mercado para tal efecto.

c) *Creación de los objetos*: Diseño de los nodos lógicos normalizados en la parte IEC 61850-7-4, e IEC 61850-7-4-10 mediante UML, implementaciones en Java, C++, o mediante las herramientas de ingeniería especializadas en la norma IEC 61850 disponibles en el mercado.

d) *Identificación de servicios de información*: Modelado completo de los servicios de comunicación necesarios para el regulador de velocidad de una unidad generadora típica de Itaipu utilizando la parte IEC 61850-7-2.

e) *Propuesta de extensión/complementación de los nodos lógicos e ICDs*: Por ejemplo, ZAXN, insuficiente para la alimentación AC y DC de los servicios auxiliares de Itaipu.

f) *Estructuración de una metodología de aplicación de la norma IEC 61850 en la automatización de hidroeléctricas*: Elección de las herramientas de ingeniería disponibles en el mercado y que mejor se adapten a la automatización de unidades generadoras aplicando la norma IEC 61850 y la creación de procedimientos padronizados utilizando dichas herramientas, para satisfacer los requerimientos de ingeniería definidos en el apartado IEC 61850-4 subsección 3, y para identificar las funciones de automatización que son necesarias para el modelado de los nodos lógicos, pero no están contempladas en la norma IEC 61850.

#### V. RESULTADOS ESPERADOS

Modelar completamente la automatización del regulador de velocidad de una unidad generadora típica de Itaipu. Proponer la extensión/complementación de los nodos lógicos e ICDs, modelar completamente los objetos y servicios de comunicación necesarios para el regulador de velocidad.

#### REFERENCES

- [1] Dukert, Joseph M., *Energy*, Greenwood Publishing Group, 2009, pp. 12
- [2] Santoso, S.; Lamoree, J.; Grady, W.M.; Powers, E.J.; Bhatt, S.C. *A Scalable PQ Events Identification System*. *IEEE Transactions on Power Delivery*, Volume 15, Issue 2, Apr 2000 Pages:738 - 743, No.2.
- [3] Schwarz, K., *Micro-controller vs. Sub-Credit card size PC*, NettedAutomation GmbH Information & Communication Systems (NAICS), Sep. 07, 2000, [Online, HTML] <http://bit.ly/6DilU5> [Accedido, Octubre 10, 2009].
- [4] McDonald, J. D., Ed., *Electric Power Substations Engineering*, 2nd ed. Florida, Taylor & Francis Group, 2007, pp. 100-101
- [5] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *An Enhanced Version of the IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms*, IEEE Std. 100, IEEE, Piscataway, NJ, 1997 [CD-ROM].
- [6] Schwarz, K., *What is IEC 61850 - one page overview*, NettedAutomation GmbH Information & Communication Systems (NAICS), Sep. 12, 2008, [Online, PDF] <http://bit.ly/88SzPC>, [Accedido, Octubre 10, 2009].
- [7] Schwarz, K., *IEC 61850 Also Outside the Substation for the Whole Electrical Power System*, presented at 15th Power Systems Computation Conference PSCC, Lige, Belgium, Invited session, Agosto 22-26, 2005, [Online, PDF] <http://bit.ly/4MNDFb>, [Accedido, Octubre 10, 2009].
- [8] *Distributed Power Generation or Distributed Energy Resources (DER)*, [Online, HTML] <http://www.dispowergen.com>, [Accedido, Noviembre 1, 2009].
- [9] German Section of the International Solar Energy Society, *Smart Grid Vehicle Putting IEC 61850-7-420 on wheels - SVG*, Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. [Online, HTML] <http://www.smartgridvehicle.org>, [Accedido, Noviembre 1, 2009].
- [10] International Electrotechnical Commission Technical Committee - IEC TC 57, *IEC 61850 - Communication networks and systems in substations - Informative tutorial on the object models*, Version 1.1, Marzo 22, 2004, [E-Book]. Disponible: Nettedautomation
- [11] International Electrotechnical Commission, *IEC 61850-7-4-10 International Standard - Communication networks and systems for power utility automation Part 7-410: Hydroelectric power plants Communication for monitoring and control Edition 1.0 2007-08 - Preview*, International Electrotechnical Commission, Agosto, 2007, [Online, PDF] <http://bit.ly/7GW3f5>, [Accedido, Octubre 10, 2009].
- [12] Schwarz, K., *Future of IEC 61850 and IEC 61400-25 - IEC 61850-x-y: Communication networks and systems for power utility automation*, presentado en la conferencia FGH Weiterentwicklung und Pflege der Normenreihen IEC 61850 und IEC 61400-25 FGH Fachtagung IEC 61850, Heidelberg, 12.-13. Junio 2008 [Online, PDF] <http://bit.ly/6VZ8aZ>, [Accedido, Noviembre 1, 2009].
- [13] Villacorta, A., *Automaao de Usinas Hidroelétricas. Aplicao do Padro UCA Utility Communication Architecture*, Ph.D. thesis, Universidade de So Paulo, So Paulo, Brasil, 2002.
- [14] Villacorta, C. A., Jardini, J.A., Magrini, L.C., *Appling Object-Oriented Technology to project Hydroelectric Power Plant SCADA Systems*.