



ASPECTOS RELEVANTES PARA EL MODELADO DE NODOS LÓGICOS Y OBJETOS DE DATOS DE LA NORMA IEC 61850

Antonio Ruben Resquin Castellano, Mario Enrique López Acosta, Tamatia
Colman Aveiro

Fundación Parque Tecnológico Itaipu Paraguay

e-mail: antonio.resquin@pti.org.py, mario.lopez@pti.org.py,
tamatia.colman@pti.org.py

RESUMEN

La Norma IEC 61850 es un estándar internacional que define la forma de comunicación y los servicios entre los diferentes dispositivos digitales presentes en una subestación eléctrica, usina hidroeléctrica y electro eólica. Uno de los principales objetivos de este estándar internacional es garantizar la *interoperabilidad* entre los dispositivos electrónicos inteligentes (IED, siglas en inglés) de distintos fabricantes. Los IEDs son equipos microprocesados que poseen la capacidad de analizar datos y tomar decisiones en el sistema de automatización de subestaciones.

El Sistema Eléctrico Paraguayo, así como los sistemas eléctricos de otros países pasarán por un proceso de actualización tecnológica que tiende a la implementación de la Norma IEC 61850. Por lo tanto, obliga a que los profesionales del área tengan conocimiento amplio de esta norma, en especial de los aspectos relevantes del Modelo de Datos, para interpretar las necesidades de cada sistema eléctrico desde la perspectiva del estándar internacional y contribuir en el proceso de especificación técnica para el diseño y la ampliación de subestaciones eléctricas y usinas hidroeléctricas.

Este trabajo presenta de manera amplia los conceptos relevantes del modelado de nodos lógicos y los objetos de datos que propone la IEC 61850, considerando un sistema hipotético de una subestación, con el objetivo de constituirse en una referencia para futuras implementaciones.

PALABRAS CLAVES

Norma IEC 61850, Interoperabilidad, Dispositivo Electrónico Inteligente, Modelo Jerárquico de Datos, Subestaciones Eléctricas, Virtualización.



X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ

19, 20 y 21 de setiembre de 2012

1. INTRODUCCIÓN

La Norma IEC 61850 introduce un nuevo paradigma en la comunicación entre dispositivos electrónicos del sistema de automatización de una subestación, que antes consistía en un sistema convencional por medio de cobre, evolucionando a un sistema basado en redes e implementando una arquitectura abstracta de comunicación, donde se virtualiza los equipos primarios y las funciones típicas encontradas en el sistema eléctrico, tales como funciones de protección, medición, supervisión y control. Esta virtualización utiliza conceptos de programación orientada a objeto.

Desde la implementación de la Norma IEC 61850 los requerimientos de las especificaciones técnicas cambiaron, agregando a éstos las especificaciones de los nodos lógicos y los objetos de datos del sistema de automatización de la subestación, introduciendo de ésta manera nuevos conceptos en el proceso de ingeniería.

1.1 Objetivo

Este trabajo pretende mostrar los aspectos relevantes del modelado de nodos lógicos y objetos de datos de un sistema eléctrico hipotético de una subestación, de manera a aclarar conceptos y trazar delineamientos para la representación abstracta de sistemas eléctricos basados en la Norma IEC 61850.

2. LA NORMA IEC 61850 Y SUS OBJETIVOS

La Norma IEC 61850 es un estándar internacional que define la forma de comunicación y servicios entre los diferentes dispositivos presentes en una subestación eléctrica, centrales hidroeléctricas y centrales eólicas. Este estándar es denominada en su primera edición como "*Communication Networks and Systems in Substations*" y en su segunda edición como "*Communication Networks and Systems for Power Utility Automation*".

Los principales objetivos de este estándar internacional son:

- Interoperabilidad. Consiste en la capacidad de los dispositivos electrónicos inteligentes (IED) del mismo o de distintos fabricantes, de intercambiar informaciones y utilizar esas informaciones para funciones propias.
- Libre configuración. Permite la utilización del concepto centralizado o descentralizado indistintamente para un mismo sistema eléctrico, a través de la libre asignación de funciones.
- Estabilidad a largo plazo. Sostiene que la Norma IEC 61850 debe ser a prueba de futuro, es decir, debe estar apta para seguir el progreso de la tecnología de la comunicación así como la evolución de las exigencias del sistema.

Estos objetivos fueron trazados para que la Norma IEC 61850 sea la respuesta al problema existente en la comunicación del sistema de automatización de subestaciones y de las demás áreas del sistema eléctrico.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ

19, 20 y 21 de setiembre de 2012

3. VIRTUALIZACIÓN

La Norma IEC 61850 define una metodología de representación de las funciones elementales de la automatización de un sistema eléctrico a un mundo virtual.

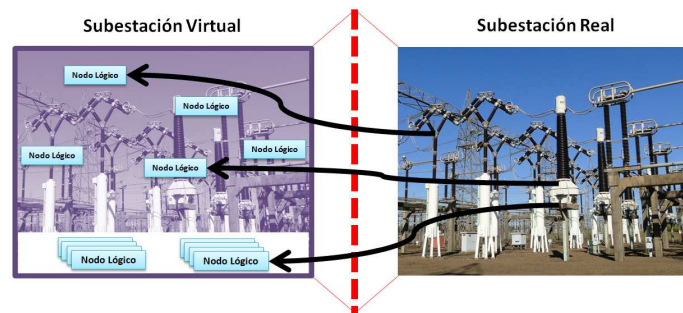


Figura 1 Virtualización de una subestación real en la Norma IEC 61850

La virtualización permite la representación de las funciones y de los dispositivos de una subestación transformadora de energía eléctrica y cualquier otro sistema eléctrico a través de los Nodos Lógicos, que utilizan estas informaciones para realizar acciones como almacenamiento, envío de mensajes, entre otros.

4. EL MODELO DE INFORMACIÓN DE LA NORMA IEC 61850

El Modelo de Información de la Norma IEC 61850 representa el conocimiento asociado a las funciones de la subestación y los dispositivos donde se implementan estas funciones. Este conocimiento se hace visible y accesible a través de las distintas propiedades de la Norma IEC 61850. El modelo describe de una manera abstracta una comunicación orientada a la representación de una función real o dispositivo [2].

4.1 Modelo estructurado de objeto

Para representar de manera virtual algún aspecto de la realidad se utilizan los modelos, cuyo propósito es ayudar a entender y describir el funcionamiento de los objetos en el mundo real mediante una representación simplificada [2].

La Norma IEC 61850 realiza estas representaciones utilizando un modelo jerárquico de datos e informaciones definidas mediante conceptos de programación orientada a objeto. La estandarización de un modelo jerárquico de datos permite que la información sea entendida entre los integrantes dentro de un grupo de diálogo, en éste caso, entre los dispositivos encontrados en la subestación.

Dentro del modelo estructurado de objeto establecido por el estándar internacional IEC 61850 se presentan el Dispositivo Físico (o *Physical Device*) que contiene dentro uno o más Dispositivos Lógicos (o *Logical Devices*) que a su vez contienen uno o más Nodos Lógicos (o *Logical Nodes*). Los Nodos Lógicos contienen Datos o *Data* y éstos Datos poseen Atributos (o *Attributes*).

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ

19, 20 y 21 de setiembre de 2012

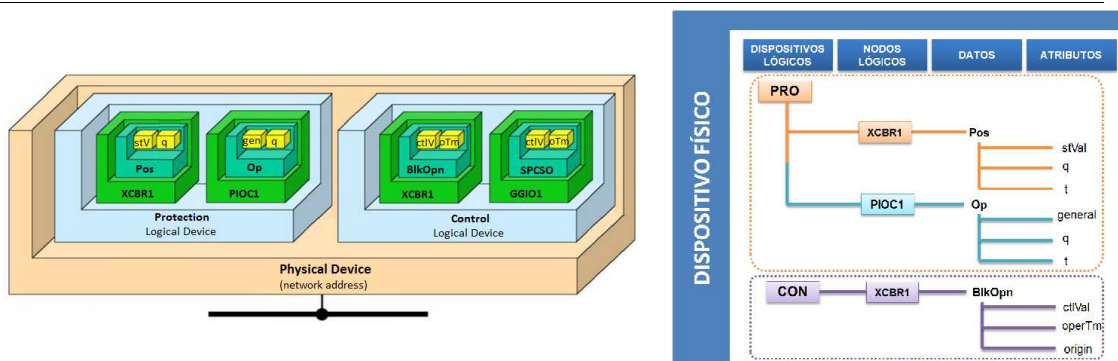


Figura 2 Modelo Estructurado de Objeto

4.1.1 Dispositivo Físico y Dispositivo Lógico

El dispositivo físico representa de manera abstracta a un Dispositivo Electrónico Inteligente (o *Intelligent Electronic Device*, IED), al cual se le asigna una dirección IP y está internamente dividido en varios dispositivos lógicos.

El dispositivo lógico es una agrupación de nodos lógicos de acuerdo a su propósito, como son por ejemplo, dispositivos de protección, control, medición y supervisión.

4.1.2 Nodo Lógico

Un nodo lógico es la representación abstracta de una función o un dispositivo utilizado para la automatización de un sistema eléctrico, en éste trabajo, una subestación eléctrica.

4.1.3 Dato

El dato representa la información que está contenida en el nodo lógico. El dato posee condiciones de presencia y éstas pueden ser obligatorias (*mandatory*) u opcionales (*optional*).

4.1.4 Atributo

El atributo representa un elemento del dato que posee un nombre y un tipo. Es una variable del dato, es el único componente del modelo estructurado que cambia su valor y ésta variable puede ser del tipo booleano (*boolean*), entero (*integer*), entre otros.

4.2 Clase de Datos Comunes

La clase de datos comunes o *Common Data Classes* (CDC) es una clasificación de datos con características comunes, es decir, que comparten la misma estructura y los tipos de atributos (tipos de variables). Por ejemplo, todos los datos que pertenezcan a la CDC de Valores Medidos o *Measured Values* (MV) van a contener los mismos tipos de atributos o variables.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ

19, 20 y 21 de setiembre de 2012

5. MODELADO DE NODOS LÓGICOS Y OBJETO DE DATOS DE UN SUBSISTEMA HIPOTÉTICO DE UNA SUBESTACIÓN ACORDE A LA NORMA IEC 61850

El modelado de datos estandarizado permite el uso directo de las especificaciones de proyecto, economizándose con esto tiempo y disminuyendo el porcentaje de error y además posibilita el inicio inmediato de los trabajos sin necesidad de tiempo extra para esclarecimientos. Otorgando nombres estandarizados a todos los componentes y a sus diversos aspectos, se establece una configuración que es neutra con relación al proveedor del equipo [6].

Para la representación de las funciones y los dispositivos a través de los nodos lógicos se toma como referencia una arquitectura típica de una subestación, que consta de un transformador alimentado a través de dos barras y equipos de maniobra: interruptores y seccionadores.

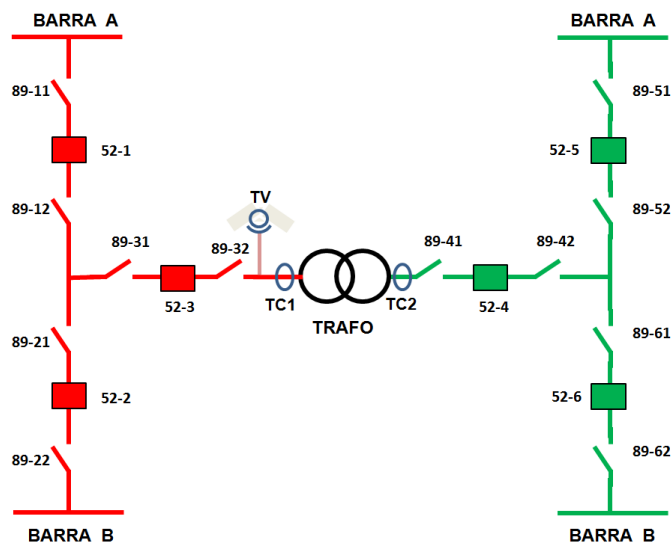


Figura 3 Sistema hipotético de una subestación eléctrica.

Una vez definida la arquitectura se procede al análisis del sistema. Para identificar las señales de las funciones y los dispositivos se elabora una tabla de señales del sistema eléctrico. Ésta lista de señales es usada para la asignación de los nodos lógicos, la definición de los de datos y los atributos de los nodos lógicos.

En la Figura 4 se observa el diagrama del proceso o los pasos a seguir para el modelado de nodos lógicos, datos y atributos del sistema eléctrico seleccionado en este trabajo. Este proceso tiene carácter genérico, lo que significa que su objetivo es proponer la metodología para el modelado de sistemas eléctricos, en consonancia con la Norma IEC 61850.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ

19, 20 y 21 de setiembre de 2012

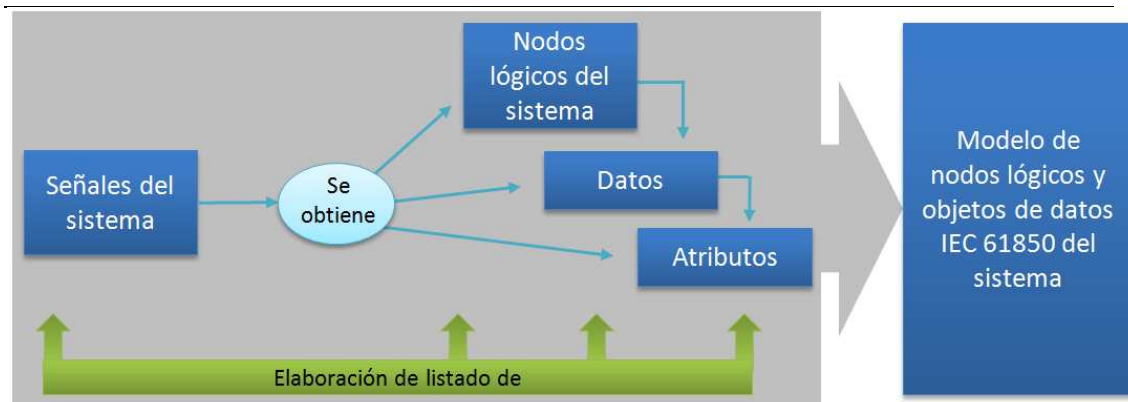


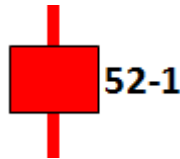
Figura 4 Procesos para el modelado de nodos lógicos y objetos de datos del sistema.

5.1 Análisis del sistema y elaboración de la lista de señales.

La Norma IEC 61850 a través del modelo de objeto representa el funcionamiento de los dispositivos de un sistema eléctrico de potencia (SEP) y las funciones de medición, supervisión, control y protección del sistema de automatización de un SEP.

Para lograr la representación de una subestación eléctrica, es necesaria la elaboración del listado de las señales. En carácter demostrativo se presenta a continuación la lista de señales del dispositivo interruptor 52-1, del diagrama de la Figura 3.

Tabla I Lista de señales del Interruptor 52-1

INTERRUPTOR	
	Señal
	Posición del Interruptor
	Abrir Interruptor
	Cerrar Interruptor
	Operación Local/Remoto
	Autorización de apertura
	Autorización de cierre
	Presión SF6

5.2 Asignación de los Nodos Lógicos del Sistema a partir de la lista de señales.

Después de la elaboración de la lista de señales del sistema se realiza la identificación y la elaboración de una lista de los Nodos Lógicos que representan a los dispositivos y las funciones del sistema en cuestión, organizadas de acuerdo a su grupo funcional, por ejemplo: protección, control y medición, descritas a partir de la cláusula 11.1 del apartado IEC 61850-5.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ

19, 20 y 21 de setiembre de 2012

Tabla II Asignación de Nodos Lógicos de las señales relacionadas al Interruptor 52-1

INTERRUPTOR		
Grupo Funcional	Señal	Nodo Lógico
DISYUNTORES	Interruptor	XCBR
	Posición del Interruptor	XCBR
CONTROL	Abrir Interruptor	CSWI
	Cerrar Interruptor	CSWI
	Operación Local/Remoto	CSWI
	Autorización de apertura	CILO
	Autorización de cierre	CILO
SUPERVISIÓN	Presión SF6	SIMG

Es importante resaltar que gran parte de las señales son representadas por los Datos y Atributos de los Nodos Lógicos, por lo que es necesario relacionar estas señales a las funciones definidas por la Norma IEC 61850. Por ejemplo, la señal *Posición del Interruptor* se representa mediante un objeto de dato del nodo lógico XCBR, y por consiguiente, en NL que representa esta señal es el XCBR.

5.3 Identificación de los Objetos de Datos de los Nodos Lógicos que representan al sistema.

Los objetos de datos o los datos, como son comúnmente conocidos, representan de manera más específica a las señales, porque poseen informaciones detalladas acerca de la función o el dispositivo virtualizado por un nodo lógico. Para detallar los objetos de datos de los nodos lógicos de la lista obtenida a partir del análisis del funcionamiento del sistema eléctrico hipotético, es necesario recurrir al apartado IEC 61850-7-4.

Tabla III Datos de los nodos lógicos de las señales relacionadas al Interruptor 52-1

INTERRUPTOR		
Señal	Nodo Lógico	Dato
Interruptor	XCBR	
Posición del Interruptor	XCBR	Pos
Abrir Interruptor	CSWI	OpOpn
Cerrar Interruptor	CSWI	OpCls
Operación Local/Remoto	CSWI	Loc
Autorización de apertura	CILO	EnaOpn
Autorización de cierre	CILO	EnaCls
Presión SF6	SIMG	Pres

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ

19, 20 y 21 de setiembre de 2012

5.4 Atributos del sistema eléctrico hipotético.

Los atributos, descritos anteriormente, son las variables que sufren alteración de sus valores y describen a bajo nivel las señales de un sistema eléctrico. La Norma IEC 61850 presenta los atributos a través de la clase de datos comunes (CDC).

Para identificar y asignar los atributos de los datos es obligatorio conocer el CDC del dato. Esa información es proporcionada por el apartado IEC 61850-7-4 y la descripción de los atributos de cada CDC se encuentra en el apartado IEC 61850-7-3.

Tabla IV Atributos de los nodos lógicos de las señales relacionadas al Interruptor 52-1

INTERRUPTOR			
Señal	Nodo Lógico	Dato	Atributo
Interruptor	XCBR		
Posición del Interruptor	XCBR	Pos	stVal
Abrir Interruptor	CSWI	OpOpn	phsA
Cerrar Interruptor	CSWI	OpCls	phsA
Operación Local/Remoto	CSWI	Loc	subVal
Autorización de apertura	CILO	EnaOpn	subVal
Autorización de cierre	CILO	EnaCls	subVal
Presión SF6	SIMG	Pres	instMag

5.5 Asignación de nodos lógicos, datos y atributos del sistema eléctrico hipotético de una subestación, acorde a la Norma IEC 61850.

Aplicando las directrices de este trabajo se obtiene la tabla de representación del modelo de nodos lógicos y objetos de datos de un sistema típico de una subestación.

Tabla V Nodos lógicos y atributos del sistema eléctrico hipotético.

Dispositivo / Función	Descripción	Nodo Lógico	Dato	Atributo
Interruptor	Interruptor	XCBR		
	Posición del Interruptor	XCBR	Pos	stVal
	Abrir Interruptor	CSWI	OpOpn	phsA
	Cerrar Interruptor	CSWI	OpCls	phsA
	Operación Local/Remoto	CSWI	Loc	subVal
	Autorización de apertura	CILO	EnaOpn	subVal
	Autorización de cierre	CILO	EnaCls	subVal
	Presión SF6: Baja	SIMG	Pres	instMag
Seccionador	Seccionador	XSWI		
	Posición del seccionador	XSWI	Pos	stVal
	Abrir seccionador	CSWI	OpOpn	phsA
	Cerrar seccionador	CSWI	OpCls	phsA

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ

19, 20 y 21 de setiembre de 2012

	Operación Local/Remoto	CSWI	Loc	subVal
	Autorización de apertura	CILO	EnaOpn	subVal
	Autorización de cierre	CILO	EnaCls	subVal
Transformador de Potencia	Transformador de Potencia	YPTR		
	Temperatura Alta Devanado AT	YPTR	HPTmp	instMag
	Temperatura Alta Devanado BT	YPTR	HPTmp	instMag
	Bajo nivel de aceite Tanque Principal	SIML	Lev	instMag
	Temperatura alta del aceite	SIML	Tmp	instMag
	Tensión de Fase	MMXU	PhV	phsA
	Corriente de Fase	MMXU	A	phsA
	Potencia Activa de Fase	MMXU	W	phsA
	Potencia Reactiva de Fase	MMXU	VAr	phsA
	Potencia Aparente de Fase	MMXU	VA	phsA
Transformador de Corriente	Transformador de Corriente	TCTR		
	Corriente	TCTR	Amp	instMag
	Calidad de la medición	TCTR	Amp	q
Transformador de Voltaje	Transformador de Voltaje	TVTR		
	Voltaje	TVTR	Vol	instMag
	Calidad de la medición	TVTR	Vol	q
Interfaz H-M	Interfaz Hombre Máquina	IHMI		
Protección Diferencial	87 Activar Protección Diferencial del Transformador	PDIF	Op	general
	87 Partida Protección Diferencial del Transformador	PDIF	Str	general
	87 Dirección Falla Diferencial	PDIF	Str	dirGeneral
Protección de Sobrecorriente	50 Activar Protección Sobrecorriente Instantánea	PIOC	Op	general
	50 Partida Protección Sobrecorriente Instantánea	PIOC	Str	general
	51 Activar Protección Sobrecorriente Temporizada	PTOC	Op	general
	51 Partida Protección Sobrecorriente Temporizada	PTOC	Str	general

A partir de la tabla de nodos lógicos, datos y atributos del sistema eléctrico se puede obtener un gráfico de asignación de funciones a los dispositivos electrónicos inteligentes (IED). Como la Norma IEC 61850 garantiza la libre asignación de funciones este trabajo asignó, en carácter demostrativo, funciones distribuidas en 4 IEDs. El IED1 y el IED4 representan a dispositivos controladores de vano, el IED2 a un dispositivo de medición y supervisión del transformador de potencia y el IED3 a un dispositivo de protección del transformador.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ

19, 20 y 21 de setiembre de 2012

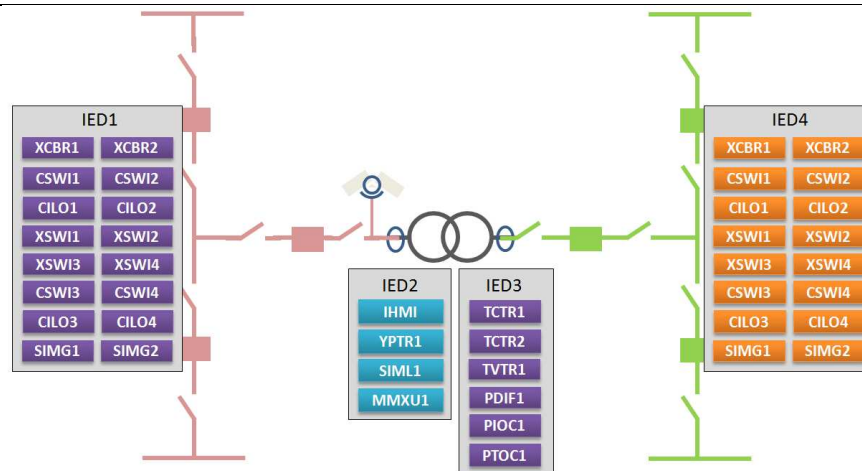


Figura 5 Asignación de funciones a Dispositivos Electrónicos Inteligentes.

6. CONCLUSIÓN

El Modelo de Objeto de la Norma IEC 61850 consiste en la representación virtual de los dispositivos y funciones de medición, supervisión, protección y control de un sistema eléctrico de potencia. Este modelo es crucial para la implementación del estándar internacional porque permite gestionar toda la información del sistema de comunicación de una subestación u otro sistema eléctrico, proporcionando una estructura y una semántica bien definida.

El modelo de nodos lógicos y objetos de datos permite la creación de archivos SCL (Lenguaje de descripción de la Configuración de Sistemas) mediante las herramientas de ingeniería. Estos archivos SCL pueden ser utilizados para la especificación de equipos en cuanto a la cantidad de nodos lógicos, datos y atributos, y de soporte en el proceso de actualización tecnológica de un sistema eléctrico convencional. De esta manera se logra estandarizar los sistemas eléctricos acorde a la IEC 61850.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] IEC 61850-5: Communication requirements functions and device models.
- [2] IEC 61850-7-1: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Principles and Models.
- [3] IEC 61850-7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment - Abstract communication service interface (ACSI).
- [4] IEC 61850-7-3: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Common Data Classes.
- [5] IEC 61850-7-4: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Compatible logical node classes and data classes.
- [6] L. Aranda, R. Ramos, J. Bogarin, H. Legal. Proceso de especificación y modelado de datos del sistema integrado de supervisión, control y protección del seccionamiento de la línea de 500 kV de la Subestación Margen Derecha de Itaipu Binacional. XIV ERIAC. 2011