

## Análisis del estado del arte y de la práctica en la aplicación del modelo CIM en empresas eléctricas



José Alfredo Sánchez López, Alfredo Espinosa Reza y Rosa Genoveva García Espinosa

### Resumen

Las empresas eléctricas han basado sus sistemas de información en diferentes modelos para almacenar, manejar e intercambiar datos entre sistemas y entre aplicaciones. Debido a esta variedad de formatos, la integración y actualización resultan complicadas y costosas.

Actualmente, diferentes empresas eléctricas alrededor del mundo están adoptando el modelo CIM para mejorar la interoperabilidad de sus sistemas de información interna y externamente.

Este artículo presenta el resultado de revisar el estado del arte en el desarrollo del modelo CIM, así como el estado de la práctica de su implementación y uso en empresas eléctricas, de manera que la información aquí contenida permita tener una visión más amplia acerca del desarrollo y utilización de este modelo, y sirva de soporte para la toma de decisiones en la adopción e implementación en los sistemas de información de las empresas eléctricas de México y otros países.

Diferentes empresas eléctricas, alrededor del mundo, han utilizado el modelo CIM para implementarlo en sus sistemas de información, con el propósito de mejorar la interoperabilidad, tener mayor control en el intercambio de datos, disminuir los costos de mantenimiento de *software* y garantizar el buen funcionamiento de sus sistemas de información de manera integrada.

### Introducción

La gran cantidad de formatos de intercambio de información, la dificultad de integración de los sistemas aislados dentro de cada empresa, la extensa variedad de paquetes de *software* y de arquitecturas disponibles, así como la necesidad de compartir información entre las diferentes compañías energéticas, se han convertido en un problema creciente.

Las organizaciones dedicadas al desarrollo de tecnologías de la información plantearon este problema y decidieron desarrollar y adoptar un modelo para la implementación e integración de sistemas de información en empresas eléctricas, en el que existiera un formato estándar para la descripción, manejo e intercambio de datos, con un menor costo de mantenimiento de *software* y que alcanzara una mayor interoperabilidad entre los sistemas de información (Nielsen y King, 2008).



Como respuesta a esta problemática, la *International Electrotechnical Commission* (IEC) desarrolló las normas IEC 61970 e IEC 61968, las cuales describen los componentes de un sistema eléctrico, considerando la transmisión, distribución y comercialización, así como las relaciones entre éstos. Ambos estándares conforman y definen el modelo denominado *Common Information Model* (CIM) para sistemas eléctricos.

El CIM es un modelo de información estándar para empresas eléctricas, basado en lenguaje UML (*Unified Modeling Language*). En este modelo se representan objetos del mundo real y sus relaciones, con el propósito de crear un sistema de información que pueda ser utilizado entre diferentes aplicaciones para el manejo e intercambio de datos (McMorran, 2007).

El modelo CIM está orientado hacia:

- Sistemas de Gestión de Distribución/Energía (EMS y DMS).
- Sistemas de Planeación de Distribución/Transmisión.
- Sistemas de Gestión de Bienes y Trabajo.
- Sistemas de Información del Cliente.
- Sistemas de Información Geográfica.
- Sistemas de gestión de fallas.
- Sistemas de gestión de personal y cuadrillas.

Diferentes empresas eléctricas, alrededor del mundo, han utilizado el modelo CIM para implementarlo en sus sistemas de información, con el propósito de mejorar la interoperabilidad, tener mayor control en el intercambio de datos, disminuir los costos de mantenimiento de *software* y garantizar el buen funcionamiento de sus sistemas de información de manera integrada.

El propósito de utilizar un modelo común de intercambio de datos es comenzar a implementar una infraestructura orientada a la red eléctrica inteligente o *Smart Grid*, cuya aplicación involucra tanto a las empresas eléctricas como a proveedores de tecnología y servicios de automatización, y por su puesto al consumidor (Mackiewicz, 2008).

“La electricidad fluye de la misma forma en cualquier parte del mundo, por lo tanto, podemos construir un modelo que todos podamos utilizar y del que todos podemos beneficiarnos [...] alcanzar estos grandes objetivos sería una tarea difícil de emprender sin el CIM” (Mackiewicz y Synder, 2008).

## CIM Users Group

El *CIM Users Group* (CIMug) es una organización sin fines de lucro que está dedicada a la promoción de la portabilidad e interoperabilidad de aplicaciones existentes, así como a la instalación fácil de nuevas aplicaciones a través del uso de estándares como el CIM, el bus de mensajes y la especificación de acceso común a datos. El CIMug no escribe estándares, su misión es gestionar y comunicar cuestiones relativas al modelo CIM, además de servir como el principal medio para su desarrollo y mejora (<http://www.cimug.com>; Saxton, 2008).

## Implementación del CIM en empresas eléctricas

A continuación se presentan algunas de las empresas que han decidido adoptar y utilizar el modelo CIM como parte de sus procesos sustantivos:

### a) PacifiCorp

Es uno de los mayores proveedores de electricidad en Estados Unidos, con 1.7 millones de clientes. Produce más de 10,400 MW a partir de diversas fuentes de energía.

En 1999, PacifiCorp adoptó el modelo CIM como estándar para la integración de aplicaciones, el cual se utilizó para el diseño de mensajería, bases de datos de nuevos proyectos y herramientas de mantenimiento del sistema EMS/SCADA. Para la creación, manejo y mantenimiento de los mensajes se utilizó *Xtensible MDI Workbench* (Pai y Dietz, 2007; Saxton, 2009).

Algunas de las conclusiones que resalta PacifiCorp incluyen:

- Tener un vocabulario común reduce mala interpretación semántica.
- La reutilización de los mensajes minimiza los costos de integración.
- Se requiere un mínimo de conocimientos en diseño de aplicaciones internas.

### b) Long Island Power Authority (LIPA)

Principal proveedor de energía eléctrica en Long Island, Nueva York, con más de 1.1 millones de clientes, es la tercera empresa eléctrica más grande de Estados Unidos.

LIPA está utilizando tecnología basada en el CIM para integrar y automatizar aplicaciones que combinen tiempo real y datos históricos provenientes de varios sistemas, para soportar centros de control de operaciones y administradores de datos. Además, su política para la estandarización e integración de datos está basada en el CIM.

Algunas de las características en el uso del modelo CIM en la compañía incluyen:

- Implementación de una infraestructura estándar para garantizar la compatibilidad de datos.
- Integración y actualización automática de datos, así como su sincronización y manejo entre varios sistemas.
- Utilización de un bus de integración (IB) basado en el CIM, a través del cual se accede a todos los datos SCADA de transmisión y distribución, usando XML para el envío y recepción de mensajes.
- Compatibilidad de datos entre aplicaciones provenientes de los diferentes sistemas e incluso de otras compañías.

- Integración de procesos y subprocesos utilizando una arquitectura tipo *Service-Oriented Architecture* (SOA) y procesamiento en tiempo real.
- Utilización de interfaces tipo *Generic Interface Definition* (GID) para la integración de diversas fuentes de datos con los históricos y de tiempo real.

“LIPA ya está observando los beneficios y está incrementando su compromiso con el concepto y la tecnología” (Hervey, 2008).

### c) California Independent System Operator Corporation (CAISO)

Compañía que tiene a su cargo la administración de la red de energía eléctrica en California, Estados Unidos. Recientemente aprobó un programa de actualización de sus sistemas de información llamado *Market Redesign and Technology Upgrade* (MRTU). Con este programa CAISO adoptó el CIM como modelo para direccionar su red de información tecnológica, de manera que el intercambio de datos entre sistemas y aplicaciones sea flexible y efectivo.

CAISO buscaba disminuir los costos de mantenimiento mediante el desarrollo de nuevos sistemas basados en una arquitectura más abierta y flexible. Dentro del proyecto MRTU la integración se llevó a cabo basándose en el modelo CIM, se utilizó el estándar CME (*CIM Market Extensions*) de la norma IEC 61970 para el Sistema de Mercado, para el envío de datos entre sistemas se utilizaron mensajes XML y se utilizaron interfaces API para el manejo de datos del EMS.

Los siguientes principios fueron propuestos e implementados en el programa MRTU:

- Utilizar el CIM como modelo para la integración e intercambio de datos entre aplicaciones y sistemas, los cuales pueden ser adquiridos de diferentes proveedores que manejen este estándar.
- Estudiar los sistemas que forman parte de la red de información tecnológica y determinar sus requerimientos para el intercambio de datos.
- Asegurar la compatibilidad con los sistemas de la empresa agregando las extensiones necesarias al modelo, ya que la naturaleza abstracta del CIM le da la flexibilidad de ser aplicado según los requerimientos de cada organización y sus diferentes proyectos, así como delimitar sus alcances. Las extensiones se agregaron definiéndolas como opcionales, de manera que pudiera soportar datos de entrada/salida sin que se conviertan en parte del estándar CIM y evitar la duplicidad al agregar un nuevo atributo.

- Modelar la gobernabilidad para asegurar que cualquier cambio en el protocolo de intercambio de datos esté aprobado por una autoridad, lo que ayuda a tener una mayor coordinación y control.

Como resultado, CAISO fue capaz de desarrollar un modelo semántico compatible con los sistemas de información legados de la empresa. Uno de los objetivos principales era lograr visualizar el congestionamiento en las líneas de transmisión con un día de adelanto, y no sólo en tiempo real.

La implementación del CIM dentro de CAISO permitió minimizar los problemas causados por la transformación innecesaria de datos en el sistema de tiempo real. Asimismo, la utilización del modelo CIM en esta empresa demostró que al estandarizar los sistemas de intercambio de datos, el uso de recursos se hace más efectivo y las actualizaciones se llevan a cabo de manera más rápida y menos costosa (Haq et al, 2008).

#### d) Électricité de France (EDF)

Es uno de los más grandes productores de electricidad en el mundo, es la principal compañía eléctrica en Francia que se dedica a la generación y distribución de energía. En 2003 producía el 22% de la electricidad de la Unión Europea, principalmente a partir de energía nuclear.

En 2004, EDF inició un proyecto llamado *Cimergy*, para automatizar sus procesos empresariales con el propósito de establecer una metodología, herramientas y estándares para implementar una infraestructura basada en integración semántica, lo cual permite agrupar muchas fuentes de datos en una sola entidad de información (Lambert, 2006). Los objetivos del proyecto *Cimergy* incluyen lo siguiente:

- Reducir el tiempo de diseño teniendo una estructura y vocabulario comunes.
- Reducir errores de funcionamiento causados por incoherencia en la información.
- Implementación más rápida de las aplicaciones de funcionalidad y de los procesos de negocios.
- Reducir costos de mantenimiento y extensión de aplicaciones.

Uno de los enfoques del proyecto fue el desarrollo de interfaces API basadas en CIM, las cuales se definieron para aplicaciones de alto, medio y bajo voltaje, algunas se pusieron en operación conectadas al sistema GIS de EDF. Asimismo, otras de estas interfaces se llevaron a cabo como prototipos trabajando bajo perfiles CIM y fueron demostradas durante pruebas de interoperabilidad, organizadas por el *Electric Power Research Institute* (EPRI). Las pruebas de interoperabilidad son esenciales para estabilizar el CIM y expandir su uso

en el mercado, así como para obtener retroalimentación acerca de cómo se está implementando en otras empresas eléctricas y proveedores (Lambert, 2008).

Algunos beneficios que se obtuvieron con este proyecto son:

- Metodología reusable, debido al diseño extensible y adaptable.
- Integración más rápida de los sistemas de aplicación, ya que la información permite mejorar la capacidad de EDF para reaccionar más pronto ante los cambios empresariales, al mismo tiempo que provee la información correcta a los usuarios.
- Mejorar la capacidad de integrar procesos de negocio entre aplicaciones *Commercial off-the shelf* (COTS), disminuyendo la dependencia de vendedores individuales.

También se desarrolló un proyecto piloto para los Centros de Distribución de EDF, el cual involucra la integración de los sistemas GIS-DMS de la empresa. El propósito fue renovar estos sistemas con los siguientes objetivos:

- Asegurar la integración del sistema DMS en el ambiente de aplicaciones de EDF.
- Limitar el mantenimiento manual del DMS y de las aplicaciones a las que se conecte.
- Resolver incoherencias semánticas.
- Mantener y aumentar la independencia de las aplicaciones.

**e) El Modelo MSITE**

El objetivo de un modelo de intercambio global es tener la posibilidad de reutilizar el mismo modelo para todos los sistemas de intercambio de información en el ámbito.

EDF desarrolló un modelo de intercambio y en 2007 dio a conocer la primera versión de MSITE, un modelo estándar basado en el CIM para ERDF (*Électricité Réseau Distribution France*), quitando o agregando las extensiones necesarias para el sistema, principalmente para la descripción de los niveles de voltaje. La versión más reciente es MSITE 2.1 (actualizada en 2009).

Características:

- Dedicado a la descripción de la red de distribución de EDF.
- Rango de información más amplio que el de *Common Distribution Power System Model* (CDPSM).
- Utiliza la información del CIM que se adapte mejor a las necesidades de control de activos.
- La evolución de su ciclo de vida se basa en las necesidades de EDF, no en las versiones del CIM.

- Si hay necesidad de hacer una nueva extensión se toma en cuenta la última versión del CIM.

En 2008, EDF estableció un plan de ejecución para implementar esta "Aproximación al CIM" en su sistema de información. Este plan toma en cuenta el estado del modelo de referencia 61968 y lo establecido por el IEC WG14 a finales de ese mismo año.

Uno de los retos de distribución para el 2015 es el desarrollo de una plataforma de integración CIM llamada DIGI2TAL (*Distribution Grid Intelligence InTegrAtion Laboratory*), su función será facilitar la integración de nuevos prototipos relacionados con las necesidades de negociación de las empresas eléctricas (como el control de voltaje o predicción de cargas), así como promover la reusabilidad e interoperabilidad, por lo que se planearon llevar a cabo pruebas de interoperabilidad hacia finales de 2009.

El propósito de la empresa es que en los próximos años se pueda generalizar el uso del modelo MSITE para los proyectos de operación de *Électricité de France* (Efantin et al, 2009).

## Tecnología utilizada para la implementación del CIM

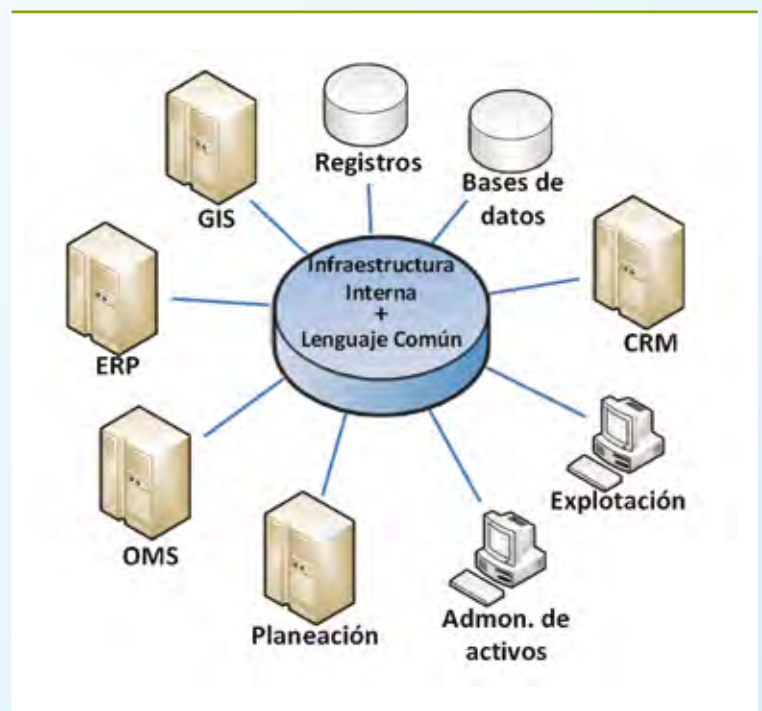
### SOA (Service Oriented Architecture)

SOA es un conjunto de directrices destinadas a acoplar interfaces funcionales definidas. Estas interfaces encapsulan los procesos empresariales, es decir, las tareas específicas de comercialización como la conexión del servicio, la alta de nuevos clientes, etc.

La construcción de aplicaciones se realiza mediante la conexión de los servicios en conjunto, dentro de flujos de negocio y a través de una técnica llamada orquestación. Los servicios son expuestos a los usuarios mediante WSDL (*Web Services Definition Language*), un método específico de aplicación de SOA, el cual hace los servicios más accesibles a través de protocolos de Internet (Zhu, 2003).

Generalmente SOA utiliza el lenguaje XML para la creación de los mensajes que se intercambian entre servicios. No obstante, es importante subrayar que SOA es un marco de referencia, una arquitectura que por sí sola no puede ser implementada, a menos que tenga una aplicación.

Figura 1. Visión de SOA (Arquitectura Orientada a Servicios).

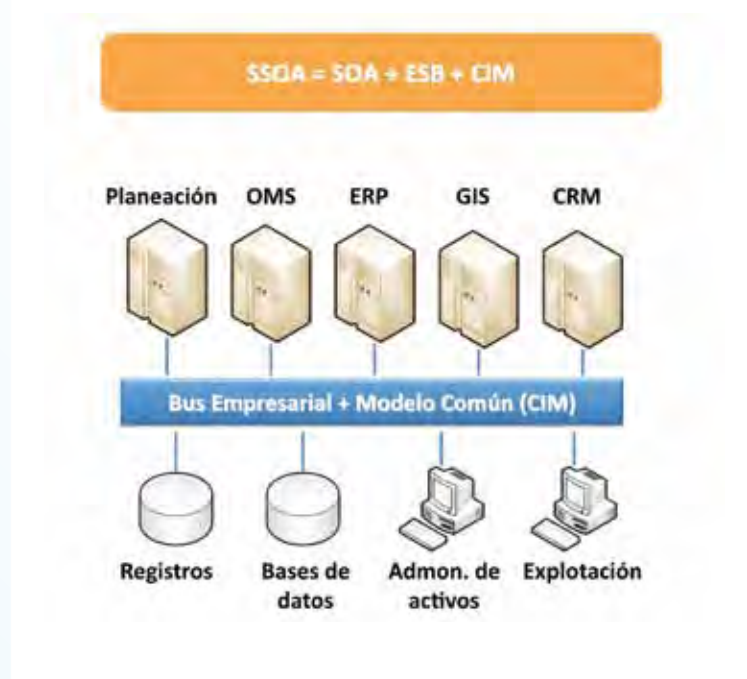


## SSOA (Semantic Service Oriented Architecture)

SOA únicamente establece, por sí sola, la arquitectura, estructura, medios y formatos de mensajes, por ejemplo WSDL y XML, pero el mensaje enviado entre aplicaciones puede contener cualquier secuencia o información en cualquier orden, estructura o jerarquía, independientemente de si la aplicación que lo recibe está capacitada para interpretarlo adecuadamente.

SSOA es la aplicación de la arquitectura de servicios SOA a través de un bus de servicios empresariales (ESB) que provea las características necesarias para la implementación, así como el uso de un modelo de información y lenguaje común que facilite la integración de aplicaciones a la infraestructura establecida, de manera que los mensajes enviados entre aplicaciones estén obligados a respetar un esquema y/o modelo semántico común.

Figura 2. Arquitectura semántica basada en estándares.



### Bus empresarial para transporte de mensajes

Existen diferentes tipos de buses destinados a mejorar la interoperabilidad de los sistemas de información. A continuación se revisa brevemente la tecnología existente (IBM, 2007; Ran y Kumar, 2004):

- *Enterprise Information Bus (EIB)*: Topología arquitectónica que integra todas las fuentes y sistemas de información de soporte, provee entidades de información para las aplicaciones a través de diversos protocolos.
- *Message Bus Integration (Message Oriented Middleware - MOM)*: Se utiliza para transmitir mensajes entre aplicaciones, generalmente de manera asíncrona.
- *Service Integration Bus (SIB)*: Es un grupo de uno o más servidores de aplicaciones que proporcionan servicios de mensajería asíncrona.
- *Enterprise Service Bus (ESB)*: *Software* arquitectónico tipo *middleware*. Es una infraestructura de conectividad utilizada para integrar aplicaciones y servicios dentro de un ambiente SOA. Un ESB no implementa la arquitectura, sino que provee los elementos para que ésta pueda ser implementada.

Para la implementación del modelo CIM en los sistemas de información, es necesario contar con una herramienta que permita traducir los datos provenientes de las diferentes aplicaciones a un lenguaje común.

### Bus para la empresa eléctrica

Algunas de las empresas eléctricas que han adoptado el modelo CIM han utilizado el *Utility Integration Bus (UIB)*, desarrollado por la empresa SISCO, como plataforma de integración para sus sistemas de información. Algunas de las características del UIB son las siguientes ([www.sisconet.com](http://www.sisconet.com)):

- Soporta un modelo común de intercambio de datos, en particular, es compatible con el modelo CIM, lo que simplifica la integración de tareas, minimiza las transformaciones de formatos y ofrece un contexto global de la información.
- Las aplicaciones acceden a las funciones del UIB utilizando interfaces estándar de tipo API.
- Los servicios para el intercambio de datos utilizan una arquitectura tipo SOA.
- Utiliza XML para el intercambio de datos de entrada/salida a través de mensajes.

## Ventajas de utilizar un Bus de Integración

- La compatibilidad con estándares internacionales implica menos dependencia de tecnologías particulares de cada proveedor.
- Permite cambiar o mover las fuentes de datos y las aplicaciones sin afectar la integración previa, es decir, las actualizaciones se realizan de manera más rápida y menos costosa.
- Permite aislar las aplicaciones, de manera que son independientes del almacenamiento, representación y localización interna de los datos en el *bus* y de la forma en que manejen los datos otras aplicaciones.
- Disminuye sustancialmente los costos y el esfuerzo asociado a la implementación y mantenimiento de interfaces de datos entre sistemas.

“El UIB puede alcanzar la integración de varios sistemas heterogéneos de una compañía eléctrica de manera efectiva y acelerar la construcción de sus sistemas de información” (Le, 2005).

## Herramientas Open Source

La comunidad interesada en el desarrollo y difusión de las normas que definen el modelo CIM, ha desarrollado varias herramientas tipo *Open Source*, gratuitas y de código abierto, las cuales están disponibles para

todos los que estén interesados en el tema, entre las más importantes están:

- *CimTool*. Herramienta de propósito general para manejo de modelos, perfiles y esquemas derivados del CIM y otros estándares. Apoya el desarrollo y validación de modelos semánticos. Además, se encuentra desarrollada en formato tipo *plugin* de la plataforma Eclipse ([www.cimtool.org](http://www.cimtool.org)).
- *CimSpy*. Herramienta de la empresa Power info, sirve para explorar y validar archivos CIM/XML, fue diseñada para proveer un ambiente integrado de soporte para el intercambio del modelo CIM. Esta herramienta es usada en las pruebas de interoperabilidad del modelo CIM y se ejecuta sobre Microsoft Internet Explorer 5+ sin necesidad de conexión a Internet. Existen versiones empresariales con funcionalidad extendida, como el manejo de información geospacial de forma gráfica con herramientas GIS integradas ([www.powerinfo.us/open-source/cimspy.html](http://www.powerinfo.us/open-source/cimspy.html)).
- *CimVian*. Herramienta de la empresa UISOL, brinda la capacidad de visualizar, analizar y editar esquemas RDF basados en CIM, así como archivos de instancias CIM/XML de manera gráfica. Permite manejar múltiples instancias CIM, así como realizar búsquedas y validaciones del modelo (<http://uisol.com/cimvian>).

## Estado del arte: CIM para modelos dinámicos

Actualmente el trabajo que se está realizando sobre el CIM está enfocado hacia el desarrollo de un modelo dinámico. El *Electric Power Research Institute* (EPRI) inició este proyecto en marzo de 2008. Los objetivos principales consisten en desarrollar un modelo común y un conjunto de interfaces basados en CIM, que soporten el intercambio de modelos dinámicos y de datos entre aplicaciones de planificación y equipos proveedores, así como entre operaciones y aplicaciones de planificación.

Este proyecto nace a partir de diferentes necesidades:

- Realizar estudios de evaluación dinámica como:
  - Análisis de contingencia.
  - Evaluación de condiciones que conducen a un evento catastrófico.
  - Determinar los puntos donde la red necesita ser actualizada.
- Realizar estudios implica llevar a cabo simulaciones, las cuales requieren modelos dinámicos de generadores, cargas y otros dispositivos de red:
  - Modelos mucho más detallados que los que se utilizan para estudios de flujo de carga.
  - Modelos dinámicos cada vez más complejos con múltiples variaciones.

- Modelos que necesiten múltiples fuentes de datos de diferentes sistemas.
- Tipos de Modelos Dinámicos: Modelos estándar (aquellos aprobados por IEEE, WECC, RFC, etc.) y modelos definidos por el usuario (bloques compuestos por modelos con parámetros escritos por el usuario).

Se crearon tres equipos para trabajar sobre este proyecto: *Standard Model Team*, *User-Defined Model Team*, *CIM Modeling Team*. Los principales logros que se han alcanzado son: la determinación de los requerimientos para un modelo dinámico de intercambio de datos, lo que conduce a la compilación de éstos para el perfil de intercambio. El siguiente paso es realizar el mapeo basándose en el modelo CIM (Saxton, 2008).

Herramientas clave que se deberán desarrollar:

- Extensiones para el modelo CIM UML.
- Enfoque de modelado para manejar modelos dinámicos.
- Nuevos perfiles de intercambio para la interoperabilidad entre aplicaciones de planificación, aplicaciones de operaciones avanzadas, manejo de bienes y fabricantes de equipo.
- Definición estándar para los casos base de las operaciones.
- Una plantilla para los proveedores de equipos, de manera que puedan proporcionar modelos dinámicos.

## El modelo CIM en México

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una empresa del gobierno Mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica para más de 30 millones de usuarios. En 2006, la Gerencia de Supervisión de Procesos (GSP) del Instituto Investigaciones Eléctricas (IIE) obtuvo un contrato para desarrollar un proyecto con la Subdirección de Distribución de la CFE, con el objetivo de integrar un simulador de redes de distribución de media y alta tensión.

### Simulador del SED

El proyecto integró un Simulador del Sistema Eléctrico de Distribución (SED), con la característica de que además de las funciones de ingeniería de distribución de los paquetes DMS/EMS comerciales, considerara la posibilidad de reutilizar la información existente en los sistemas de la CFE y permitiera integrar información en línea de los sistemas SCADA de los centros de control, logrando ejecutar las funciones de ingeniería de distribución y considerando el estado operativo actual del SED.

En la primera etapa del proyecto se estableció el modelo CIM como el modelo de referencia para la definición de un Centro de Operación Divisional de la CFE, para que los sistemas actuales de apoyo a la operación se integren en un ambiente de sistemas interoperables y se logre una verdadera sinergia entre la información que cada uno maneja, hasta ahora, de manera aislada.

Los requerimientos principales para la implementación del SED fueron:

- Para validación del concepto, el modelo CIM deberá implementarse en un modelo físico mediante una base de datos relacional.
- La base de datos principal del simulador deberá estar basada en un manejador estándar y comercial de bases de datos relacionales.
- El modelo implementado para el simulador deberá aceptar extensiones de clases para adecuar su operación a los requerimientos de la CFE.

- Con el objeto de mantener un esquema de implementación lo más cercano posible al modelo conceptual del CIM, cada clase del modelo debe ser interpretada y convertida como una tabla o entidad de datos en el modelo físico.

### Validación de concepto: Mapeo del modelo CIM

En el proyecto se llevó a cabo un análisis detallado para interpretar el modelo CIM para sistemas DMS y EMS (ambas normas), con el objeto de implementar la base de datos principal del SED con el esquema definido por CIM.

En este sentido, se desarrolló un procedimiento semi-automatizado para "mapear" el modelo conceptual definido en las normas a un modelo físico sustentado en una base de datos tipo relacional (RDBMS).

Debido a la complejidad del proceso se requiere aplicar una herramienta de análisis que convierta, mediante instrucciones, el modelo conceptual a un modelo físico y se eliminen inconsistencias de relaciones. Posteriormente este modelo se toma y se procesa con una herramienta de *software* generada como parte del proyecto para establecer el nuevo modelo en formato *script* y se corrijan los problemas de tipos de datos compuestos y de tipo diferente a una base de datos relacional estándar (Espinosa et al, 2007).

Figura 3. Esquema de mapeo del modelo CIM de las normas IEC 61968 y 61970 a un modelo físico.

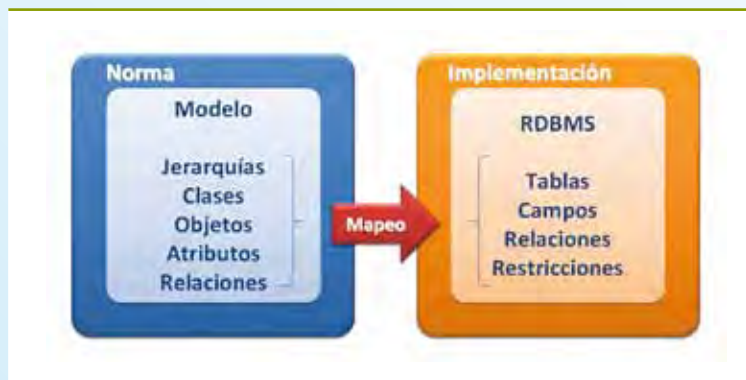


Figura 4. Secuencia para la generación de una base de datos relacional partiendo del modelo CIM.



## Arquitectura para la integración de sistemas

Hoy en día se están definiendo los requerimientos y especificaciones funcionales de una arquitectura de integración de sistemas de apoyo a la Operación y Gestión de la Distribución. Dicha arquitectura se encuentra basada en un *Bus* de Integración de Servicios Empresariales y el CIM, como modelo conceptual y normativo, de forma que se permita enlazar diversos sistemas institucionales de la CFE, mediante el desarrollo y aplicación de interfaces tipo *Generic Interface Definition* (GID).

Con esta infraestructura se pretende incrementar las capacidades de integrar y compartir información a nivel divisional, ya sea mediante el desarrollo de "Adaptadores CIM" o mediante la adopción de una norma que presente guías para el diseño, desarrollo y/o adquisición de nuevos sistemas, utilizando al modelo CIM como base.

### Nuevos sistemas de la empresa eléctrica

Cualquier nuevo sistema de apoyo a la Operación y Gestión de la Distribución en la empresa eléctrica podrá utilizar el beneficio de contar con la infraestructura de integración de sistemas basada en el modelo CIM, por lo que desde su concepción y especificación se deberá considerar el cumplimiento con las normas y considerar su interconexión mediante las interfaces API tipo *Generic Data Access* (GDA).

Para el caso de los futuros sistemas de la CFE, las interfaces GDA podrán estar integradas de forma natural al sistema, o bien, ser integradas posteriormente mediante el desarrollo de un "Adaptador CIM". Lo más conveniente es que desde su concepción estos sistemas cuenten con la visión y cumplimiento del modelo CIM, para reducir costos y facilitar la integración a la arquitectura de la CFE (Espinosa, 2009).



## Conclusiones

Algunas de las compañías eléctricas más importantes en el mundo han abierto sus puertas a la implementación del modelo CIM, como parte de sus procesos sustantivos. La experiencia reportada muestra resultados positivos en la mayoría de los casos, ya que el modelo facilita el intercambio de información entre sistemas y aplicaciones, se minimizan los errores debidos a inconsistencias en las bases de datos, y sobre todo, los proveedores y desarrolladores de tecnología ahora cuentan con un estándar a cumplir, lo cual reduce la incompatibilidad de formatos entre sistemas, se reducen los costos generados debido al mantenimiento y actualización, y se mejoran los sistemas empresariales para la comercialización de la energía.

La implementación del modelo CIM implica mejorar la eficiencia de una empresa eléctrica y sobre todo optimizar la calidad en el servicio que se brinda a millones de clientes. La retroalimentación acerca de su uso permite mejorar el modelo y cooperar con su desarrollo, así como extender y promover su uso entre la comunidad, de manera que se pueda aplicar el

concepto de *Smart Grid* de forma extensiva, ya que apoya en la solución de muchas dificultades en la gestión de la operación de la red eléctrica actual.

Un ejemplo que se presenta de manera muy común en el sistema de transmisión: la sobrecarga en horas pico provoca la caída de voltaje de transmisión, por lo que su estabilización y mantenimiento resulta cada vez más complicado y costoso. En cambio, si se utilizara una red inteligente, el sistema sería capaz de tomar una decisión coherente con base en la información proveniente del sistema físico, tomar en cuenta parámetros como la frecuencia del sistema, voltaje, precio, perfiles, entre otros y responder a fallas en el servicio en tiempo real y de manera eficiente.

La aplicación del concepto *Smart Grid* también permitirá el desarrollo de normas para la comunicación y la interoperabilidad de las aplicaciones y equipos conectados a la red eléctrica, incluyendo la infraestructura de servicio, de manera que se pueda mejorar la confiabilidad, seguridad y eficiencia de la red eléctrica.

## Referencias

- T. Nielsen, L. King, *The Common Information Model for Distribution, An Introduction to the CIM for Integrating Distribution Applications and Systems* (1016058), Utility Integration Solutions, Inc. (UISOL), for EPRI, November 2008.
- A. W. McMoran, *An Introduction to IEC 61970-301 & 61968-11: The Common Information Model*, Institute for Energy and Environment, Department of Electronic and Electrical Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, UK, January 2007.
- R. Mackiewicz, *CIM Users Group, Who we are?*, CIGRE 2008 General Meeting, Paris, France, December 2008.
- R. Mackiewicz, A. Snyder, *Smart Grid Panel – Q&A*, CIM Users Group Meeting, Redmond, December 17, 2008.
- En internet: <http://www.cimug.com>
- T. Saxton, *Introduction to CIM and Its Role in the Utility Enterprise*, CIM User Group Meeting; Redmond, Washington, December 2008.
- V. Pai, J. Dietz, *CIM Implementation at Pacifcorp*; Pacifcorp Presentation, June 2007.
- T. Saxton, *Justifying the Use of the CIM in the Utility Enterprise*, IEEE Power System Conference and Exhibit, Seattle, Washington, March 18, 2009.
- M. D. Hervey, *LIPA Takes a Journey on the Integration Bus*, Long Island Power Authority, February 1, 2008.
- E. Haq, X. Wang, S. X. K. Hu, K. Colmer, K. Hunter, B. Iverson, H. Garton, *Application of CIM Extensions Principles and Guidelines in Modeling CAISO Market System*, IEEE Power and Energy Society, General Meeting, July 2008.
- E. Lambert, *A methodological Approach for Using CIM in Projects*, PSCE 2006.
- E. Lambert, *Return of Experience regarding use of IEC CIM standard in Distribution*, IEEE 2008.
- C. Efantin, D. Ilhat, J. Fremont, P. Forestier, T. Coste, E. Lambert, *CIM for smartgrids*, EDF R&D, CIM User Group, Genval, Belgium, 2009.
- J. Zhu, *A Web-Services-Based Framework for Integration of Power System Application*, IEEE Power&Energy Magazin, November-December 2003.
- IBM, *WebSphere Enterprise Service Bus Technical Overview*; December 2007.
- R. Ran, S. Kumar, *Enterprise Information Bus service on-demand portals Part 2*; Weblogic Journal, SYS CON; November-December 2004.
- SISCO Brochure, *SISCO's Utility Integration Bus – UIB Standardized Extensions to Middleware for Utilities*, en internet: [www.sisconet.com](http://www.sisconet.com)
- H. Le, *Application of utility integration bus based on IEC standards in information integration of electric utilities*; Relay Press, China, v 33, n 22, pp.68-71, November 16, 2005.
- En internet: <http://www.cimtool.org>
- En internet: <http://www.powerinfo.us/opensource/cimspy.html>
- En internet: <http://uisol.com/cimvian>
- T. Saxton, *CIM for Planning and CIM for Dinamic Models-Project Report*, CIM User Group, Vasteras, Sweden, June 13, 2008.
- A. Espinosa Reza, J. F. Borjas Díaz, T. M. Calleros Torres, *Especificación funcional del simulador- IIE/GSP/13155/01/P*, IIE, Diciembre 2007.
- A. Espinosa Reza, T. M. Calleros Torres, *Especificación de la arquitectura funcional del CORD- IIE/GSP/13650/04/P*, IIE, Mayo 2009.
- E. Lambert, *Return of experience using CIM: methodology, tools, studies*, EPCC, Ullensvang, Norway, June 2007.
- M. Donnelly, *Defining the Smart Grid*, CIM User's Group Meeting, December 2008.
- B. Williams, R. Mackiewicz, G. Robinson, M. Donnelly, A. Snyder, *Defining the Smart Grid - Ask the Experts!*, Panel Session, Redmond, WA, December 2008.

**JOSÉ ALFREDO SÁNCHEZ LÓPEZ** [[jasl@iie.org.mx](mailto:jasl@iie.org.mx)]

Ver currículum en la pág. 54.

**ALFREDO ESPINOSA REZA** [[aer@iie.org.mx](mailto:aer@iie.org.mx)]

Ver currículum en la pág. 54.