

---

# SISTEMA DE MONITOREO DE MERCADO: APLICACIÓN AL SECTOR ELÉCTRICO

---

RODRIGO PALMA BEHNKE\*

SHARO ESCOBAR\*

TOMÁS REID\*

## Resumen

*En un mercado específico, las variables de interés cambian dinámicamente. Si los actores que participan no se informan de los cambios oportunamente, las decisiones que toman pueden traducirse en una asignación ineficiente de los recursos. A modo de ejemplo, la introducción de competencia en el sector eléctrico ha motivado el desarrollo de herramientas para supervisar el mercado, de manera de detectar conductas anticompetitivas. Asimismo, los agentes de un mercado hacen uso de distintas fuentes de información e indicadores que les permiten desarrollar sus estrategias de negocios. En este sentido, el presente trabajo propone un esquema general para elaborar un sistema de monitoreo de mercado, evaluando su desempeño en una aplicación realizada al sector eléctrico.*

*Los pasos esenciales para construir un sistema de monitoreo de mercado son: identificar los requerimientos del negocio, modelar los datos adecuadamente, diseñar una arquitectura para editar y mostrar los datos, implementar el sistema en un lenguaje de programación adecuado y distribuir la información a los actores. Para lograr informar oportunamente sobre la situación del mercado, los resultados calculados deben mostrarse en un ciclo de monitoreo de corta duración enfocado en los elementos de interés. Para darle validez a los resultados, la información debe certificar su calidad mediante técnicas de Data Quality.*

**Palabras Clave:** Monitoreo de Mercado, Mercado Eléctrico, Data Quality.

---

\*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile

---

## 1. Introducción

---

### 1.1. Motivación y Objetivo

En los sectores productivos las variables de interés van cambiando dinámicamente, lo que hace necesario que los actores participantes se mantengan informados de lo que ocurre. Dicho de otra forma, una *visualización del mercado* es esencial como apoyo al proceso de toma de decisiones. Los *newsletters* que ofrecen empresas de información, pese a entregar un resumen de las noticias diarias de un sector productivo, filtradas con procesos de selección especializados, no permiten responder cabalmente a las necesidades de diagnóstico específicas de un agente de mercado. A modo de ejemplo, a través de estos servicios no es posible realizar de manera simple el cálculo temporal de un cierto indicador.

Sin embargo, en algunos sectores se han desarrollado plataformas de visualización específicas. Este es el caso de entidades bancarias y centros de inversión, donde pantallas muestran la evolución de las principales acciones, los indicadores macroeconómicos y aquellos representativos del estado de evolución de una bolsa de comercio, etc.

Esta idea desarrollada inicialmente en el mundo financiero es susceptible de ser replicada en otros sectores productivos, creando indicadores específicos que sean de utilidad para los usuarios y que les permitan tomar decisiones oportunas y con una adecuada base de información. Desde una perspectiva de evaluación social, este tipo de mecanismos contribuye a una mejor asignación de los recursos de un sistema.

En caso del sector eléctrico, se utiliza un volumen importante de información, tanto de la operación como de los resultados económicos asociados, lo que motiva la creación de indicadores que resuman la información así como de plataformas de visualización adecuadas, de modo de crear un soporte a las decisiones operativas y de inversión de los actores participantes.

En este contexto, el presente trabajo propone un esquema general para el diseño e implementación de un sistema de monitoreo de mercado, evaluando su desempeño en una aplicación realizada al sector eléctrico.

En el siguiente punto se presenta una visión general del sector eléctrico. En la sección dos se presentan las bases de un sistema de Monitoreo de Mercado. En la sección tres se presenta la propuesta para la construcción de un sistema de monitoreo de mercado. En la sección cuatro se presentan aspectos de la

implementación del sistema. Por último, en la sección cinco se entregan las conclusiones del trabajo.

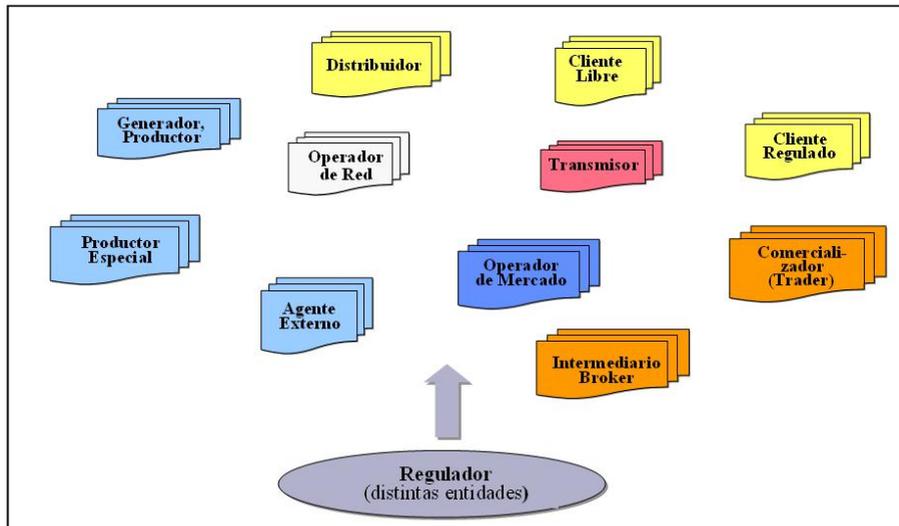


Figura 1. Actores del mercado eléctrico.

## 1.2. El Mercado Eléctrico

Un sistema eléctrico de potencia SEP es un conjunto de instalaciones que permiten generar, transportar y distribuir la energía eléctrica en condiciones adecuadas de tensión, frecuencia y disponibilidad. Este SEP permite el intercambio de productos eléctricos de forma no discriminatoria. Estos productos son: energía, potencia y servicios complementarios. Los países han desarrollado distintos modelos de mercados competitivos que permiten el intercambio de algunos de dichos productos, siendo Chile el primer país que introdujo competencia en el sector.

Participan en el sector eléctrico distintos actores, los cuales deben examinar el mercado de modo de buscar oportunidades de negocio (figura ??). Los generadores, productores y agentes externos como conexiones internacionales forman el grupo de los productores. Las empresas distribuidoras, clientes libres y clientes regulados forman el grupo de consumidores. Un actor especial es el transmisor, que permite el intercambio de los productos entre productores y consumidores. Como agentes del negocio están los broker y trader. El encargado de que todo el mercado funcione en condiciones adecuadas es el operador de red, cuyo campo de acción queda limitado por las reglas impuestas por los reguladores.

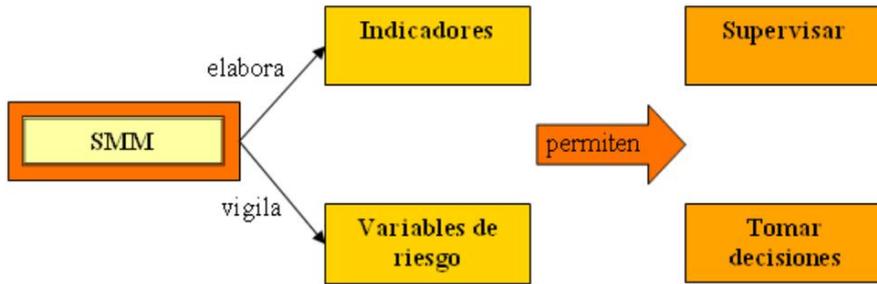


Figura 2. Definición de sistema de monitoreo de mercado.

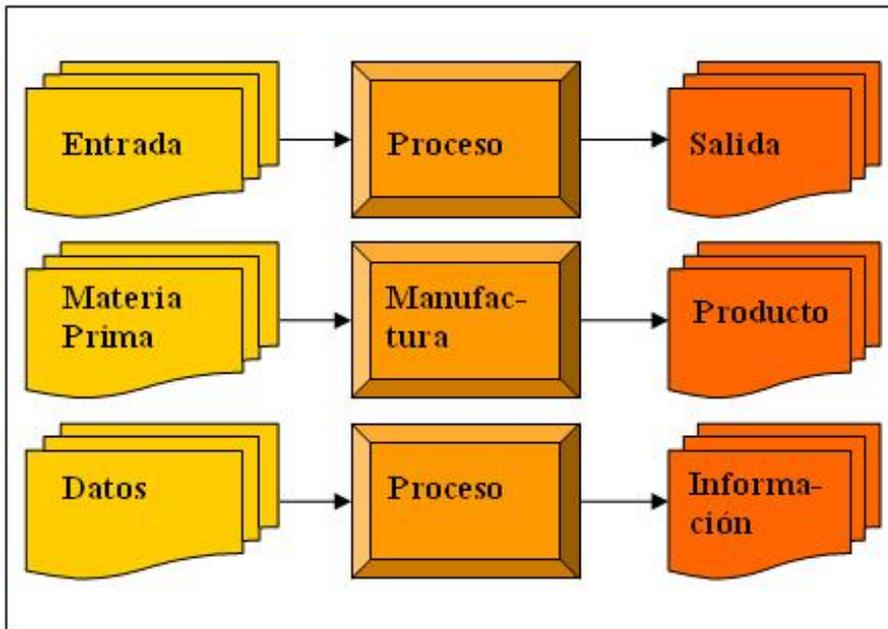


Figura 3. Analogía entre procesamiento de materias primas y procesamiento de datos [2].

---

## 2. Sistema de monitoreo de mercado - SMM

---

Como se observa en la figura ??, un sistema de monitoreo de mercado se define como una entidad destinada a vigilar variables de riesgo y elaborar índices de desempeño que permitan visualizar conductas anticompetitivas y oportunidades de inversión, verificando si se realiza una asignación eficiente de los recursos disponibles.

## 2.1. Bases de la calidad de información

En un sistema de monitoreo de mercado, la materia prima son los datos y los productos son la información (2). Esto se observa en la figura ??.

Para entender la información como un producto de calidad, debe ser (10): accesible, interpretable, contextualizada e intrínseca. Considerando las dimensiones anteriores, se puede definir una visión y principios para un sistema de información como lo realiza la U.S. Security and Exchange Commission en (4) y el Australian Biodiversity Information Services en (3).

En cuanto a la visión que debe tener un sistema de monitoreo de mercado, éste debe corresponder a una herramienta de soporte a la supervisión y toma de decisiones en el sector al cual esté enfocado, basada en datos confiables, respaldados con fuentes adecuadas y con resultados claros, reproducibles y justificados.

Los principios que debe tener el SMM son:

**Utilidad:** Responder interrogantes de los usuarios y ser alimentado por ellos mismos (feedback).

**Objetividad:** Tener indicadores claros, exactos, autocontenidos (completos) e imparciales.

**Integridad:** Los datos deben ser consistentes respecto a sus atributos y se deben documentar las fuentes.

**Transparencia:** Los errores de consistencia deben estar disponibles mediante alarmas automáticas.

---

## 3. Propuesta. Pasos para la construcción de un SMM

---

Para tener un sistema de monitoreo de mercado debe construirse un almacén de datos sobre el cual se calculen indicadores los cuales se visualicen en una plataforma adecuada. Estos datos son integrados con más frecuencia por las empresas para obtener información exacta, a tiempo y útil (5). En la figura ?? se observan los pasos propuestos para la construcción de un sistema de monitoreo de mercado.

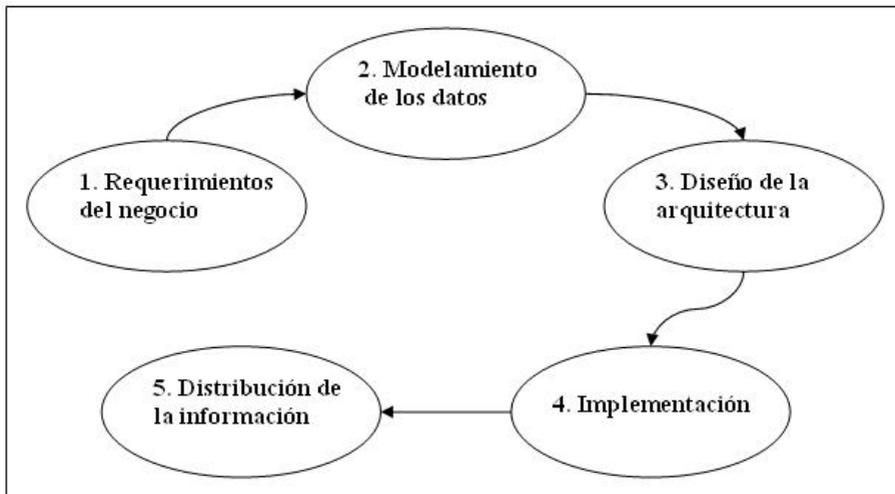


Figura 4. Pasos para la construcción de un sistema de monitoreo de mercado [5].

### 3.1. Requerimientos del negocio

Corresponde a identificar las preguntas del negocio desde los usuarios del sistema de monitoreo de mercado. Se consigue esta información mediante encuestas y jornadas de trabajo en grupo. Es necesario saber:

- Qué quieren ver.
- Qué tipo de trabajos realizan.
- Qué desafíos que enfrentan.
- Qué tipo de decisiones deben tomar.

Al poder ser muchos y distintos los usuarios de un sistema de monitoreo de mercado, la alternativa más viable para definir los requerimientos es la realización de una encuesta, ejemplificada en la figura ???. Los resultados permiten identificar las variables e indicadores de mayor interés de modo que el SMM cumpla con el principio de utilidad.

#### 3.1.1. Variables de riesgo e indicadores en el caso eléctrico

Las variables de riesgo vigiladas por el proceso de monitoreo de mercado en el caso eléctrico y los indicadores elaborados deben cumplir con los siguientes criterios (1):

- Permitir la realización de un adecuado análisis a las empresas participantes y del mercado como un todo.

	Muy importante	Importante	Indiferente	Poco importante	Irrelevante
Variable 1					
Variable 2					
etc...					

Figura 5. Ejemplo de encuesta para identificar los requerimientos del negocio.

- Ser factibles de implementar desde el punto de vista de la adquisición de información o en base a información estimada con una adecuada precisión.
- Ser la cantidad estrictamente necesaria.

Considerando lo anterior, los indicadores propuestos se han organizado en función al tipo de análisis que realizan:

**Situación de operación del sistema:** En esta categoría se agrupan parámetros sobre la operación del sistema, con la finalidad de supervisar su evolución. Ejemplos de ellos son: demanda, reserva, congestiones, operación, despacho real v/s programado, cotas de embalses, mantenimiento de unidades, estadística de fallas, etc.

**Situación de operación del mercado:** Agrupa parámetros del mercado en sí, como precio spot, precio de combustibles, costos de operación de centrales térmicas, costo de oportunidad de embalses, etc.

**Estructura del mercado:** Muestran las características estructurales del sistema que pudiesen configurar la existencia de circunstancias para el ejercicio de poder de mercado. Ejemplos de ellos son la capacidad instalada y la concentración del mercado.

**Desempeño y poder de mercado:** Evalúan el desempeño y tratan de establecer la existencia de ejercicio de poder de mercado reflejando la existencia de comportamiento competitivo.

Una lista exhaustiva de los indicadores propuestos para cada grupo se encuentra en (1).

### 3.2. Modelamiento de los datos y aplicación al sector eléctrico

Para construir los indicadores propuestos en la sección anterior, es necesario que los datos de entrada se guarden en una estructura que se adapte al sistema de monitoreo de mercado. Para el caso eléctrico se propone el siguiente diseño conceptual y lógico de los datos de entrada.

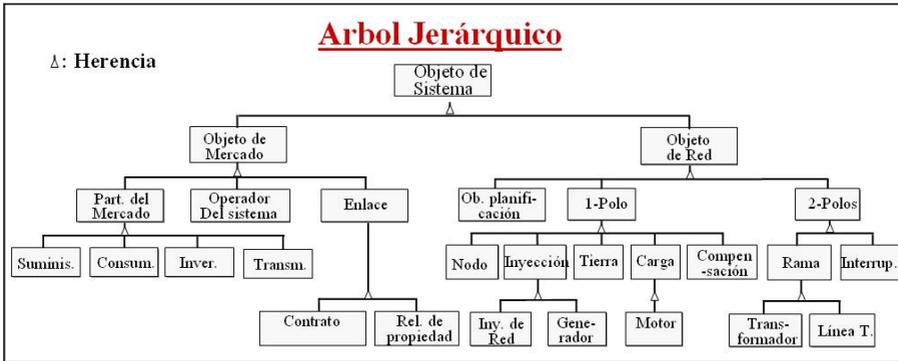


Figura 6. Diagrama de relaciones de los elementos del SMM en el caso eléctrico.

**DISEÑO CONCEPTUAL:** Se requiere identificar qué necesita de los datos la BD para satisfacer los requerimientos del negocio, independiente del sistema utilizado para manejar las bases de datos. Como resultado de este proceso se logra un diagrama de relaciones como en una clase orientada al objeto.

En el sector eléctrico el grupo propone dividir los datos de entrada en 3 bases de datos: red eléctrica, mercado eléctrico y red hidráulica, que en el caso de países dependientes del agua para la generación como Chile, esta última resulta de suma importancia. El diagrama de relaciones obtenido para la red eléctrica y el mercado se observa en la figura ?? . Por ejemplo, un generador es un tipo de inyección, que a la vez es un elemento de 1 polo, que a la vez es un elemento de la red, que a la vez es un elemento del sistema. Así, un generador hereda todos los atributos de sus clases superiores.

En la figura ?? se muestran los atributos de cada objeto perteneciente a la base de datos de la red. Por ejemplo, una relación de propiedad tiene los atributos propios y heredados de las clases superiores que se observan en el cuadro 1.

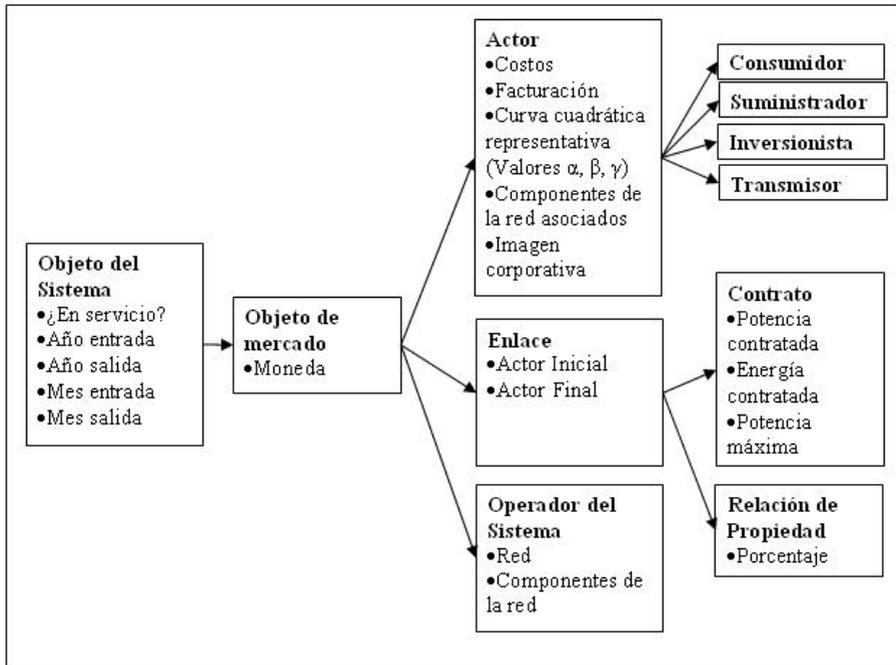


Figura 7. Ejemplo de los campos necesarios para describir cada elemento del editor de mercado, basado en la herencia de los campos de las clases superiores.

- ¿En servicio?	- Moneda
- Año entrada	- Actor inicial
- Año salida	- Actor final
- Mes entrada	- Porcentaje
- Mes salida	

Cuadro 1: Atributos del objeto *relación de propiedad*.

**DISEÑO LÓGICO:** Se lleva lo anterior al formato en que serán almacenados. Para el almacenamiento y la carga de esta base de datos orientada al objeto, se hace uso de archivos fuentes en formato ASCII y bases de datos relacionales. La información contenida en la base de datos puede ser modificada en línea, a través de los editores de red y de mercado.

### 3.3. Diseño de la arquitectura

Una arquitectura de software consiste en un conjunto de patrones y abstracciones coherentes que proporcionan el marco de referencia necesario para la guiar la construcción del software para un sistema de información (8).

El modelamiento de los datos orientado al objeto descrito en la sección

anterior, ha sido implementado como un sistema distribuido basado en una estructura de tipo cliente-servidor. Una estructura cliente - servidor supone que algunas funciones se realizan mejor en procesos locales y otras es mejor realizarlas de manera centralizada (7). La figura ?? muestra la arquitectura del paquete de programación desarrollado. Las flechas grises representan servicios requeridos por parte de los clientes a los respectivos servidores, en tanto que las de color negro simbolizan un mero intercambio de datos. Las bases de datos BDR, BDM y BDH constituyen la parte medular del sistema, siendo sus servicios solicitados por todas las componentes del sistema. De esta forma, se permite un acceso controlado a la información de los objetos del sistema. La información contenida en la base de datos puede ser modificada en línea, a través de los editores de red, de mercado e hidráulico. Estos editores, junto con un sistema de información geográfica, disponen de interfaces gráficas que permiten una comunicación flexible hombre-máquina. La biblioteca manejadora de eventos posibilita, tanto el uso de los dispositivos de entrada y salida como la capacidad de interactuar con la base de datos a través de protocolos y servicios internet (6).

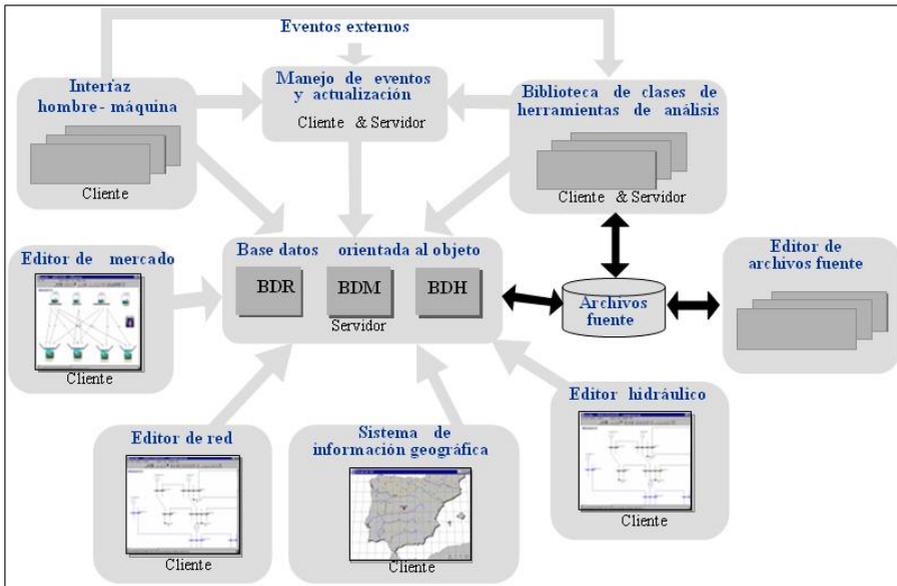


Figura 8. Arquitectura del sistema de monitoreo de mercado.

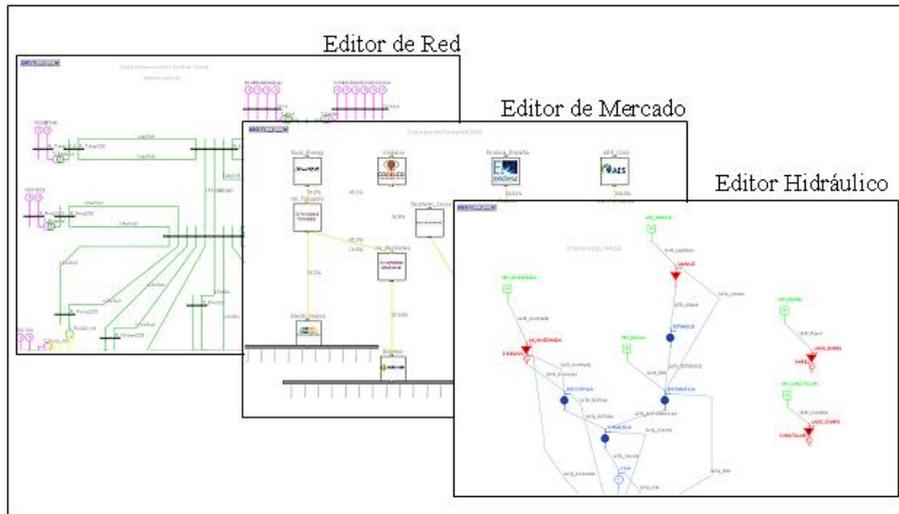


Figura 9. Editores del programa.

---

## 4. Implementación del SMM

---

### 4.1. Estructura general

De acuerdo a la propuesta general de diseño presentada en la sección anterior, es factible comenzar la etapa de implementación, correspondiente al montaje sobre una plataforma preexistente. La arquitectura planteada se programa en el lenguaje Java ya que está orientado al objeto lo que hace fácil modelar los datos según lo planteado. En la figura ?? se observan los editores de red, de mercado e hidráulico desarrollados. Estos editores sirven para ingresar la información a las bases de datos de manera gráfica. También se puede ingresar información a través de algún programa que pueda operar con bases de datos como MS ACCESS, lo que permite el manejo de los grandes volúmenes de información de las fuentes, como las identificadas en la figura ?? para el caso eléctrico.

En esta etapa es importante incluir sistemas de validación que evalúen la rigurosidad y completitud de los datos (3). Así, medidas de calidad de datos implementadas en el sistema de monitoreo de mercado eléctrico son:

- Rangos de tiempo en que son válidos los datos, basado en la idea de que cada dato tiene un ciclo de vida o vigencia.

- Alarmas automáticas frente a inconsistencias de los datos (ej: la suma de participación de los diños de una empresa determinada resulta mayor a 100%).
- Registro de las fuentes en una base de datos y posibilidad de consultarlas.

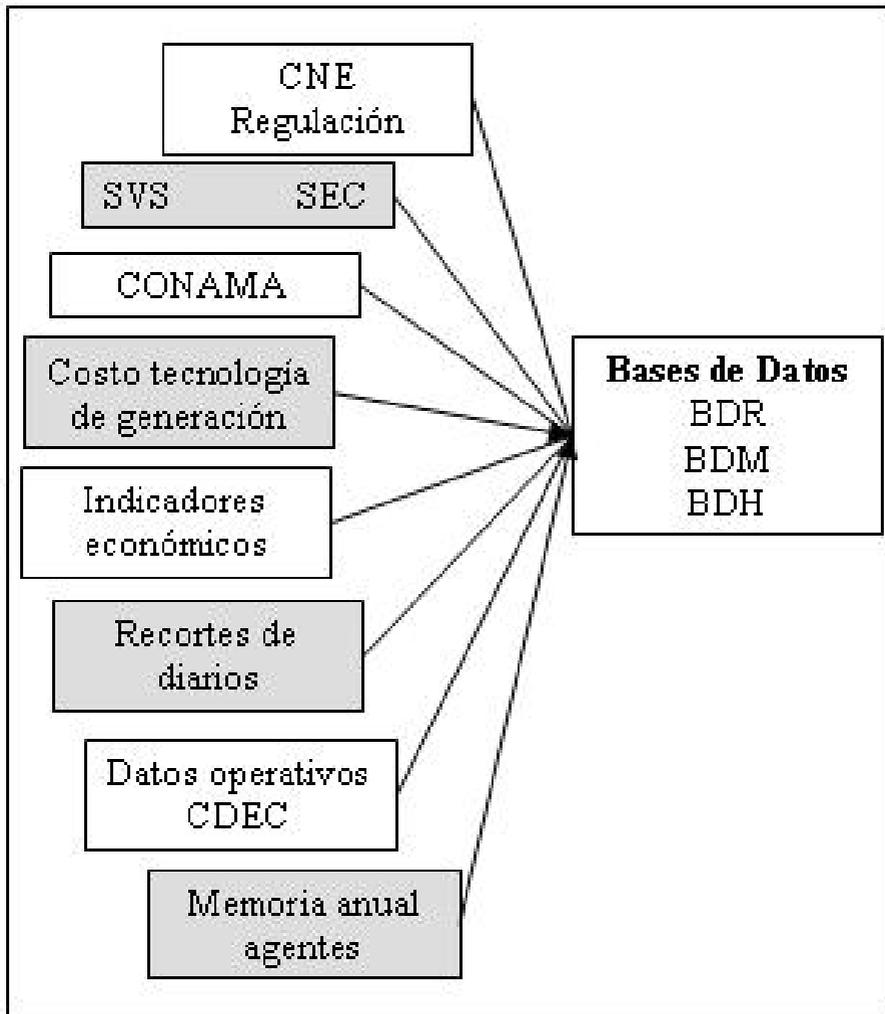


Figura 10. Fuentes de información de las bases de datos en el sistema de monitoreo del mercado eléctrico.

#### 4.2. Distribución de la información

Para la distribución de la información se utilizan herramientas de visualización y reportes adecuados. Existen un sinnúmero de alternativas para mostrar información: tablas, números, gráficos (de columnas, de líneas, circulares, de barra, etc.), colores, agujas, flechas, animaciones, películas, contornos

de colores, entre otros, algunos de los cuales se adaptan de mejor forma a un mercado eléctrico (9). En la sección siguiente se plantea una forma de distribuir la información a través de un ciclo de monitoreo.

Visualizar todas las variables e indicadores en todos los puntos del sistema disponible no resultaría práctico. Luego la herramienta de monitoreo de mercado debe tener una aplicación que recorra el mercado con una ventana de tiempo móvil, sobre elementos de interés.

En el caso mostrado en la figura ??, se elige el tiempo de inicio y fin del monitoreo junto con el tamaño de la ventana. En la misma ventana, se elige qué variables se quiere monitorear, el tipo de visualización y los elementos de interés. Al comenzar el ciclo, el tiempo se actualiza al año y mes de inicio para luego recorrer en forma secuencial el editor de red donde se muestra la evolución de los precios en 3 barras, el editor de mercado donde se ve la repartición de la energía generada entre 5 empresas y el editor hidráulico donde se muestra con un gráfico de aguja el nivel de un embalse. Una vez recorrido los 3 editores, se actualiza el tiempo del sistema, redibujando los gráficos correspondientes para mantener la ventana de tiempo seleccionada.

Esta propuesta puede ser aplicada en términos prácticos a los sistemas nacionales como es el caso del sistema interconectado central SIC (11)

---

## 5. Conclusiones

---

En este trabajo se propone una forma de elaborar sistemas de monitoreo de mercado, basado en técnicas de extracción de conocimiento de bases de datos. La aplicación general al caso del mercado eléctrico busca validar los conceptos propuestos.

Se propone una visión y un listado de principios que debe cumplir un SMM basado en las dimensiones de la teoría de calidad de datos, de modo de certificar la información. Los principios son utilidad, objetividad, integridad y transparencia.

El primer paso de la construcción de un SMM pasa por identificar los requerimientos del negocio. En el caso eléctrico, se han identificado variables divididas en 4 grupos: situación de operación del sistema; situación de operación del mercado; estructura del mercado; y desempeño y poder de mercado.

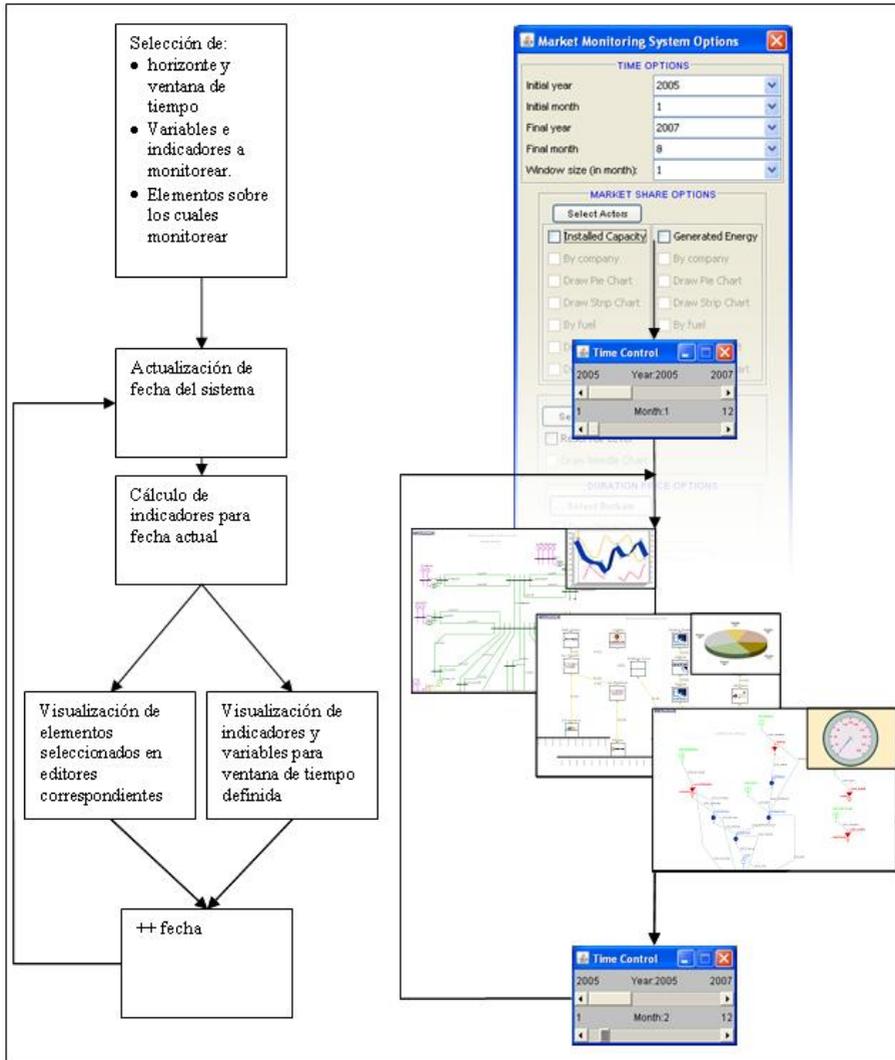


Figura 11. Diagrama de flujo del ciclo de monitoreo.

El siguiente paso es modelar los datos. Para el caso eléctrico se dividen los datos en 3 grupos: base de datos de la red, base de datos del mercado y base de datos hidráulico, construyendo un árbol jerárquico con atributos heredados que permitan la organización correcta y la posterior implementación. Luego se propone una arquitectura cliente - servidor que permite que aplicaciones interactúen con las bases de datos simplificando la programación.

La implementación se realiza en el lenguaje Java ya que es un lenguaje orientado al objeto y simplifica la programación con el modelamiento de los datos propuestos. Para la distribución de la información se utilizan los editores de las bases de datos interactuando con formas de visualización gráficas.

Por último, se plantea un ciclo de monitoreo que corre sobre el sistema de monitoreo de mercado, visualizando en el horizonte de tiempo seleccionado y sobre los elementos deseados, las variables e indicadores de interés, logrando que el usuario en minutos se informe del estado del mercado.

**Agradecimientos:** Al Núcleo Milenio: *Sistemas Complejos de Ingeniería* por el apoyo brindado en la elaboración y financiamiento de este trabajo.

## Referencias

- [1] Escobar, S. *Sistema de monitoreo de mercado para el análisis de riesgo en el segmento de generación eléctrica en sistemas hidrotérmicos*. Tesis magíster en ciencias mención ingeniería eléctrica. Borrador, 2007.
- [2] Wang, R., Storey, V., Firth, C. *A framework for analysis of data quality research*. IEEE transactions on knowledge and data engineering, Vol , No. 4. August 1995.
- [3] Chapman, A. D. 2005. *Principles of data quality, version 1.0*. Report for the global biodiversity information facility, Copenhagen.
- [4] SEC 2002. *Final data quality assurance guidelines*. United States Securities and Exchange Commission. [www.sec.gov/about/dataqualityguide.htm](http://www.sec.gov/about/dataqualityguide.htm) Consultado el 27 de Agosto de 2007.
- [5] Sen, A., Sinha, A. *Toward developing data warehousing process standards: An ontology-based review of existing methodologies*. IEEE transactions on man and cybernetics. Vol.37, NO. 1. January 2007.
- [6] Handschin, E., Müller, L., Nikodem, L., Palma, R. *Modelo Orientado al Objeto para la simulación y gestión de Mercados Eléctricos Competitivos*. IEEE-Andescon 99, Isla Margarita Venezuela, 1999.
- [7] Davey, B., Tatnall, A. *Tools for client - server computing*. International conference on software engineering: education and practice, 1996.
- [8] Wikipedia. *Arquitectura software*. [http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura\\_software](http://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_software) Consultado el 24 de Septiembre de 2007.
- [9] Laufenberg, M.J. *Visualization approaches integrating real time market data*. Power Systems Conference and Exposition, Octubre 2004. IEEE PES.
- [10] Mielke, M. *Information Quality principles and foundations*. Taller de calidad de datos, la base para una mejor toma de decisiones. Santiago, Chile. Septiembre 2007.

- [11] T. Reid M., R. Palma-Behnke, S. Escobar *Sistema de Monitoreo de Mercado Aplicación al Sector Eléctrico*. Anales del Instituto de Ingenieros, diciembre, 2007.