

LOS META DATOS Y SU IMPORTANCIA EN UN DATA WAREHOUSE

Félix García Merayo*
Enrique Luna Ramírez**

RESUMEN

La tecnología Data Warehousing ha aparecido estos últimos años tras la convergencia entre las nuevas necesidades en el manejo de la información de las empresas y la capacidad que existe para integrar e implementar tecnologías aptas para responder a tales necesidades. Este trabajo intenta describir la lógica existente para construir uno de los componentes más importantes de un Data Warehouse: el repositorio de meta datos. Además, se discuten los esfuerzos realizados hasta el momento para la estandarización de los meta datos y los enfoques más relevantes para su representación, puntualizándose así, algunos temas de investigación en torno al tema de los meta datos en un Data Warehouse.

INTRODUCCIÓN

En la empresa actual se genera una gran cantidad de información que puede provenir de diversas fuentes. Esta información requiere de un tratamiento apropiado para que los responsables de tomar decisiones puedan sacar partido de ella. Para ello, resulta fundamental implementar una nueva informática de decisión para obtener una mejor comprensión del valor de las informaciones disponibles, definir indicadores de negocio pertinentes para facilitar la toma de decisiones y conservar la memoria de la empresa.

Para responder a estas necesidades, el nuevo papel de la informática es definir e integrar una arquitectura

que sirva como base a las aplicaciones de soporte a la toma de decisiones. Esta arquitectura global es el Data Warehouse (DW). El DW ha aparecido estos últimos años (inicio de los 90, Jarke *et al.*, 2000) tras la convergencia entre las nuevas necesidades en el manejo de la información de las empresas y la capacidad de integrar e implementar tecnologías aptas para responder a ello (Franco, 1997).

Un DW no se compra, se construye. Este trabajo intenta describir la lógica existente en la construcción del repositorio de meta datos de un DW, así como discutir los esfuerzos realizados hasta el momento para la estandarización de éstos (los meta datos) y los enfoques más relevantes para su representación, con el objeto de puntualizar algunos aspectos de investigación en torno a este tema. El trabajo está estructurado en dos partes principales. La primera parte permite comprender la tecnología Data Warehousing y sus objetivos. La segunda parte aborda el tema de los meta datos que, como lo han señalado diversos autores (Gardner, 1997; Gorczynska *et al.*, 1998; Sachdeva, 1998), es uno de los aspectos más importantes en el ciclo de desarrollo de un DW. El trabajo termina con las conclusiones y referencias correspondientes.

CONCEPTOS BÁSICOS

En esta sección se definen los conceptos necesarios para poder tratar el tema del desarrollo de un DW, y particularmente, el tema de los meta datos, punto de interés de este trabajo.

Iniciaremos por definir lo qué es un DW. Así entonces, la definición clásica de DW dada por Bill Inmon (Inmon, 1992), reconocido como el padre del DW, es la siguiente: "Un Data Warehouse es una colección de datos orientados al tema, integrados, no volátiles e historizados, organizados para dar soporte al proceso de ayuda a la toma de decisiones". Otras definiciones se pue-

* Doctor en Informática; Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España. E-mail: fgmerayo@fi.upm.es.

** Doctorando en Informática en la UPM; Profesor Titular del Instituto Tecnológico de Aguascalientes, México. E-mail: fp22067@zipi.fi.upm.es.

Este trabajo cuenta con el auspicio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT).

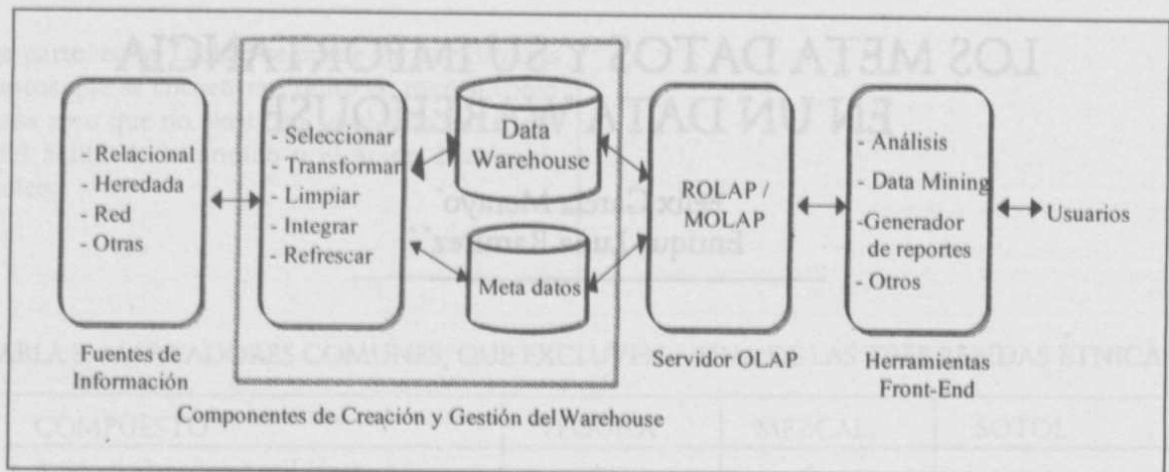


Figura 1. Arquitectura de un Data Warehouse.

den ver en Chaudhuri *et al.*, 1997. Esta colección de datos en un DW posee la arquitectura conceptual mostrada en la figura 1 (Chaudhuri *et al.*, 1997; Mohania *et al.*, 1999).

La arquitectura de un DW incluye herramientas para extraer datos de diversas bases de datos operativas y fuentes externas; para limpiar, transformar e integrar estos datos; para cargar los datos dentro del DW; y para refrescar periódicamente el DW y así reflejar las actualizaciones en las fuentes y purgar los datos. Los datos en un DW son almacenados y gestionados por uno o más servidores OLAP (On-Line Analytical Processing, véase Chaudhuri *et al.*, 1997), que pueden ser MOLAP (Multidimensional On-Line Analytical Processing) o ROLAP (Relational On-Line Analytical Processing), y pueden presentar vistas multidimensionales de los datos hacia una gran variedad de herramientas front-end (herramientas de consulta, generadores de reportes, herramientas de análisis, y herramientas de data mining) y estas herramientas formatean los datos de acuerdo a los requerimientos del usuario. Finalmente, existe un repositorio para almacenar y gestionar los meta datos, y herramientas para monitorear y administrar el sistema data warehousing.

EL ROL DE LOS META DATOS EN UN DATA WAREHOUSE

El diseño del repositorio de los meta datos es uno de los aspectos más importantes para el éxito de un DW, aunque su valor en los proyectos de desarrollo de DWs ha sido subestimado (Gentry *et al.*, 1998; Ramasubbu,

1999; Sachdeva, 1998). Su importancia radica en el hecho de que todo el conocimiento sobre la creación de un DW es almacenado en el repositorio de meta datos. En esta sección se discutirán los conceptos asociados al tema de los meta datos tales como su definición, clasificación, gestión, arquitectura, y representación, entre otros, necesarios para una mejor comprensión del mismo.

Definición de meta datos

En general, los meta datos son definidos como información sobre los datos (Kimball, 1998; Ramasubbu, 1999), es decir, información sobre la estructura, contenido e interdependencias de los componentes del DW (Müller *et al.*, 1999). En un DW, los meta datos describen los tipos de datos en el DW, las definiciones física y lógica de los datos, consultas y reportes predefinidos, reglas de validación y orientadas al tema, definiciones de fuentes de datos, rutinas de transformación y de proceso e información del usuario. Los meta datos se refieren a cualquier cosa que define un objeto del DW (una tabla, una columna, una consulta, un reporte, una regla orientada al tema, o un algoritmo de transformación). Los meta datos guían los procesos de extracción, de limpieza y de carga, además de que hacen que las herramientas de consulta y los generadores de reportes funcionen correctamente (Gardner, 1997; Gorczyńska *et al.*, 1998; Kimball, 1998).

Clasificación de los meta datos

Usualmente, los meta datos son divididos en meta datos técnicos y meta datos semánticos u orientados al

tema (Marco, 1998; Müller *et al.*, 1999). Así, por ejemplo, los desarrolladores y administradores de un DW se interesan principalmente en los meta datos a un nivel de implementación técnica. Los desarrolladores de software usan los meta datos técnicos para conocer las definiciones física y lógica de los datos para poder diseñar y escribir aplicaciones, mientras que los administradores accesan a este tipo de meta datos para ejecutar sus tareas administrativas tales como la gestión de los objetos y usuarios del DW, afinamiento de la base de datos y almacenamiento de los datos. Por su parte, los usuarios finales, tales como los analistas y gerentes, que no están familiarizados con los formatos de descripción del DW tales como los archivos SQL-DDL de la base de datos, están interesados en entender la semántica orientada al tema y, por lo tanto, necesitan representaciones semánticamente ricas de la estructura y contenidos del DW. En la figura 2 se muestran algunos ejemplos de meta datos técnicos y semánticos.

A menudo, un repositorio de meta datos es usado para almacenar y gestionar todos los meta datos asociados a un DW. El repositorio permite compartir los meta datos entre las diversas herramientas y procesos utilizados para diseñar, establecer, usar, operar, y administrar un DW (Chaudhuri *et al.*, 1997; Gorczynska *et al.*, 1998). Este tema será discutido en la siguiente sección.

Gestión de los meta datos

El beneficio de gestionar los meta datos técnicos de un DW es similar al beneficio que se obtiene de gestionar los meta datos en un ambiente de procesamiento de transacciones OLTP (On-Line Transaction Processing). Los meta datos técnicos integrados y consistentes crean un ambiente de desarrollo más eficiente para el staff técnico responsable de construir y mantener los sistemas de procesamiento de decisiones (Gardner, 1997). Un beneficio adicional en el ambiente data warehousing es la habilidad de rastrear cómo cambian los meta datos a lo largo del tiempo. Por su parte, los beneficios obtenidos gracias a la gestión de los meta datos semánticos son exclusivos de un ambiente de procesamiento de decisiones (ambiente OLAP) y son la clave para explotar el valor de un DW una vez que ha sido puesto en operación (White, 1999).

La figura 3 (Müller *et al.*, 1999; White, 1999) muestra el flujo de los meta datos a través de un sistema de procesamiento de decisiones, moviéndose desde los sistemas fuente, a través de las herramientas de extracción

y transformación, hacia el DW y sus Data Marts¹ asociados, y este flujo es usado por las herramientas de inteligencia orientada al tema y las aplicaciones analíticas.

Como se observa en la figura 3, la arquitectura de un DW puede ser vista como una arquitectura general de tres capas. La primera capa contiene todos los sistemas involucrados en la gestión de los datos operativos (Capa Operativa). La segunda capa está compuesta por el DW, y sus DMs asociados, visto como una copia centralizada de los datos operativos relevantes (Capa del DW). La tercera capa incluye todas las herramientas y aplicaciones utilizadas por los usuarios finales para propósitos de, por ejemplo, navegación, análisis de datos, y data mining. En particular, esta capa contiene herramientas OLAP que operan sobre DMs multidimensionales.

Los meta datos se extraen al nivel de la Capa Operativa. En particular, los meta datos técnicos se extraen usualmente de catálogos DBMS, libros de copias COBOL², herramientas de movimientos de datos, o exportaciones de esquemas de herramientas CASE. En este contexto, un repositorio de meta datos debería satisfacer los siguientes requerimientos básicos (Müller *et al.*, 1999):

- Ser capaz de soportar la colección de meta datos técnicos.
- Proporcionar un enfoque de representación uniforme para almacenar los diferentes tipos de meta datos técnicos.
- Ser capaz de exportarlos en uno de los formatos estándar de meta datos tal como el formato MDIS (discutido más adelante).
- Proporcionar una interfaz adecuada para los administradores y desarrolladores.

Además, un repositorio que contiene meta datos semánticos debería cubrir los siguientes elementos orientados al tema:

- **Modelo conceptual de la empresa:** Esta importante funcionalidad de un repositorio de meta datos incluye la representación de alto nivel de un modelo de datos de la empresa, sus conceptos orientados al tema y sus relaciones. Sobre la base de este modelo de em-

1 Data Mart (DM): base de datos orientada al tema puesta a disposición de los usuarios en un contexto de decisión descentralizado (Franco, 1997).

2 Libro de copias COBOL: descriptor de la estructura de archivos usados por COBOL para interpretar los archivos planos (Müller *et al.*, 1999).

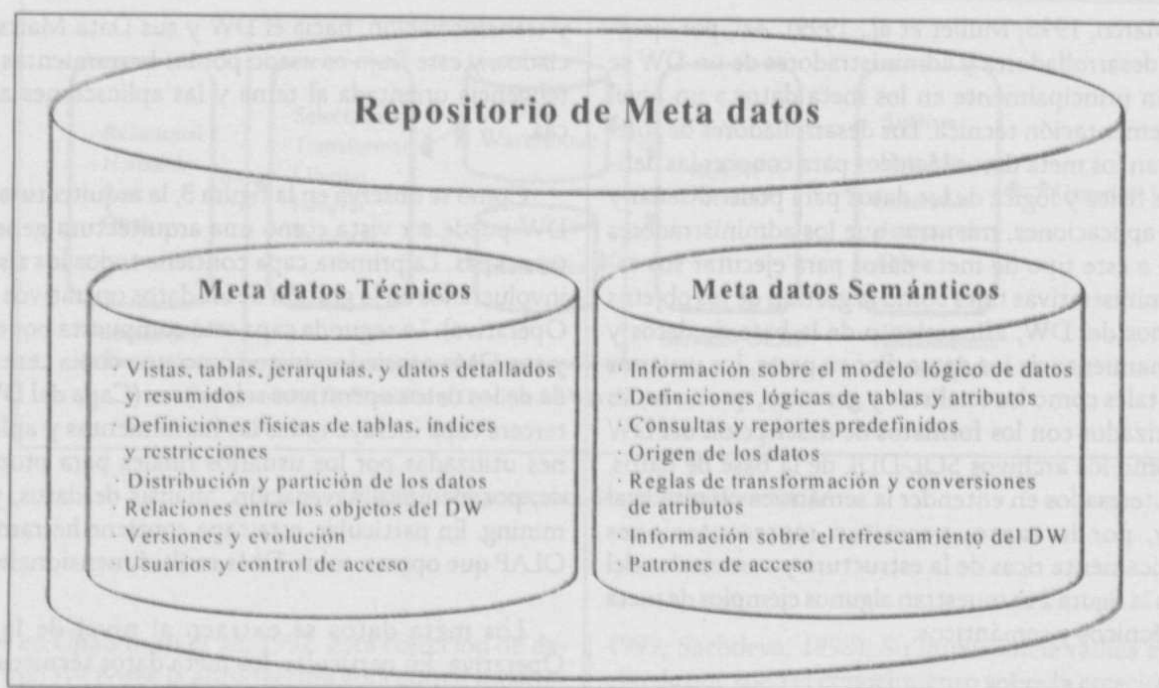


Figura 2. Ejemplos de meta datos técnicos y semánticos.

presa, el usuario que no esté familiarizado con lenguajes de consulta tal como SQL, se puede informar sobre los datos que son proporcionados por el DW.

- **Modelo de datos multidimensionales:** Esta parte del modelo conceptual de la empresa informa a los usuarios sobre que dimensiones³, tipos de dimensiones, hechos⁴, cubos de datos⁵, y principios de agregación existen en los DMs.
- **Dependencias entre el modelo conceptual orientado al tema y el modelo de datos físicos:** Ya que los tipos de meta datos descritos anteriormente sólo proporcionan vistas orientadas al tema del DW, las dependencias entre esta capa orientada al tema por una parte, y las capas operativa y del DW por otra, también tienen que ser representadas dentro del repositorio.

Una representación explícita de estos elementos da soporte a los usuarios orientados al tema en las si-

guientes tareas:

- **Navegación:** a lo largo de una vista orientada al tema de los datos coleccionados en el DW o en los DMs.
- **Consultas adhoc:** al nivel de conceptos orientados al tema sin tener que conocer los detalles técnicos de los lenguajes de consulta. Si el repositorio de meta datos representa las conexiones entre el modelo conceptual de la empresa y los datos físicos, la consulta puede ser automáticamente trasladada a los programas de consulta que accesan al DW o a los DMs.
- **Data Mining:** Ya que los meta datos semánticos usualmente representan asociaciones semánticas y jerarquías de especialización de los conceptos orientados al tema de una forma explícita, la generación de este tipo de meta datos, basada en hipótesis, en combinación con la filtración de resultados puede soportar al data mining.

Esfuerzos de estandarización

Existen varios esfuerzos paralelos en la industria que han conducido a algún desarrollo de estándares de meta datos, entre los que destacan dos de ellos. El primero llevado a cabo por la Meta Data Coalition, establecida en 1995, ha conducido a la Meta Data Interchange Specification, llamada MDIS (Meta Data Coalition,

3 Dimensión: eje de análisis asociado a los indicadores; corresponde normalmente a los temas de interés del DW, por ejem., dimensión temporal, dimensión cliente... (Franco, 1997).

4 Hecho: dato numérico que sirve de base para la definición de los indicadores en un modelo multidimensional (Franco, 1997).

5 Cubo de datos: denota una organización multidimensional de los hechos en los conceptos, orientados al tema, del dominio (Müller et al., 1999).

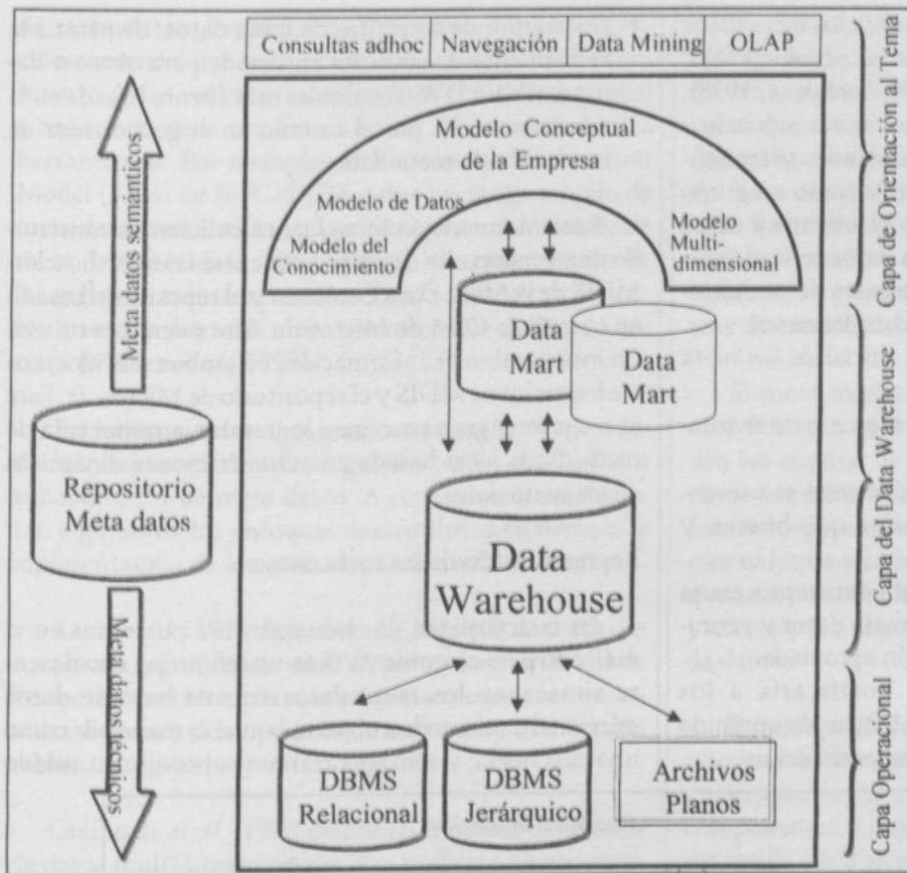


Figura 3. Gestión de los meta datos en un Data Warehouse.

1997). Este enfoque modela información de esquemas de diferentes tipos de almacenes de datos tales como los relacionales, multidimensionales, orientados a objetos, sistemas de bases de datos tipo red o jerárquicos, además de estructuras de archivos. MDIS no es exclusivo del data warehousing y está limitado a las relaciones entre los esquemas. No cubre la parte de los meta datos semánticos y ofrece poco soporte para propósitos de movimiento de datos (Müller *et al.*, 1999). Un segundo esfuerzo, hecho por Microsoft Corp., está basado en el estándar del Unified Modeling Language (UML) del Object Management Group. El Repositorio de Microsoft (Bernstein *et al.*, 1999), llamado Open Information Model (OIM), proporciona un formato común para que las herramientas compartan la información que describe a los objetos, componentes y módulos a lo largo del ciclo de vida del desarrollo de una aplicación. Este repositorio ofrece una interfaz de meta datos y capacidades de exportación para el intercambio de meta datos entre repositorios. Microsoft también anunció que hará futuras extensiones al modelo OIM que soporten todas las formas de meta datos en el proceso data warehousing: reglas de extracción y transformación, mapeos de datos e información del modelo de datos.

rentes fases. Los usuarios de un DW deberían contar no sólo con meta datos que sean precisos, sino también contextuales, ya que de otra manera se podría obtener información engañosa y ambigua, la cual puede conducir a decisiones equivocadas. Así, la arquitectura de los meta datos en un proyecto data warehousing debería ser un punto obligatorio y bien planificado de toda la arquitectura del DW en su conjunto (Marco, 1998; Sachdeva, 1998). Es importante que la arquitectura de los meta datos pueda ser fácilmente extendida, especialmente bajo el enfoque de los DMs, que están siendo cada vez más populares debido a su filosofía de "piensa globalmente, actúa localmente". En la medida que se agreguen más DMs, la arquitectura de los meta datos debería ser fácilmente extensible.

En el futuro, los meta datos adquirirán mucha más importancia dada la unión (complementación) que existe entre la tecnología Web y el Data Warehousing (Franco, 1997; Sachdeva, 1998). Esta unión resultará en un browser de meta datos como punto de acceso a la información orientada al tema. Los meta datos se convertirán en un componente crítico de la arquitectura de cualquier DW. La figura 4 muestra una representación lógi-

Un enfoque reciente, basado en el Extensible Markup Language (XML), para intercambiar un rango amplio de meta datos es el formato XML Metadata Interchange, llamado XMI y desarrollado por el Object Management Group. Su objetivo es intercambiar datos de programación de los desarrolladores que trabajan con tecnología de objetos sobre Internet. Sin embargo, este formato no está orientado al data warehousing.

Arquitectura de los meta datos

Ya sea que se esté construyendo un sólo DM o un DW complejo para una gran compañía, la arquitectura de los meta datos debería ser una parte integral del proceso de diseño. Desarrollar una arquitectura al inicio del proyecto ayuda a tener una visión a futuro, guiando al equipo del proyecto data warehousing a través de las dife-

ca de una propuesta de arquitectura para los meta datos en un DW que considera la unión de la tecnología Web y el Data Warehousing (Marco, 1998; Sachdeva, 1998). El repositorio de meta datos puede estar centralizado o distribuido dependiendo de las necesidades y requerimientos organizacionales. Este se vería como un grupo de almacenes de datos, compuestos de objetos y datos relacionales. El gestor de meta datos sería el componente esencial de la arquitectura de meta datos e idealmente consistiría en los siguientes componentes:

- **Captura de meta datos:** captura inicial de los meta datos desde diversas fuentes.
- **Sincronizador de meta datos:** procesos para mantener los meta datos actualizados.
- **Motor de búsqueda de meta datos:** sería el componente front-end para los usuarios que buscan y accesan a los meta datos.
- **Gestor de resultados de meta datos:** procesaría los resultados de la búsqueda de meta datos y permitiría al usuario hacer una selección apropiada.
- **Notificador de meta datos:** notificaría a los suscriptores sobre cualquier cambio en el contenido de los meta datos dependiendo del perfil del usuario.

- **Disparador de consultas de meta datos:** dispararía la herramienta de consulta apropiada para obtener datos desde un DW o cualquier otra fuente basada en la selección hecha por el usuario en el gestor de resultados de meta datos.

Recientemente, la Meta Data Coalition ha construido una versión alfa de un puente entre la especificación MDIS de la Meta Data Coalition y el repositorio basado en el modelo OIM de Microsoft. Este puente permitirá un intercambio de información, en ambos sentidos, entre los archivos MDIS y el repositorio de Microsoft. Este es un primer gran paso para lograr una arquitectura de meta datos ideal basada en actualizaciones dinámicas de los meta datos.

Representación de los meta datos

En la actualidad, las herramientas existentes en el mercado para el ambiente data warehousing usualmente almacenan los meta datos en una base de datos relacional u orientada a objetos, la cual es manejada como una caja negra, y sólo soportan un subconjunto aislado

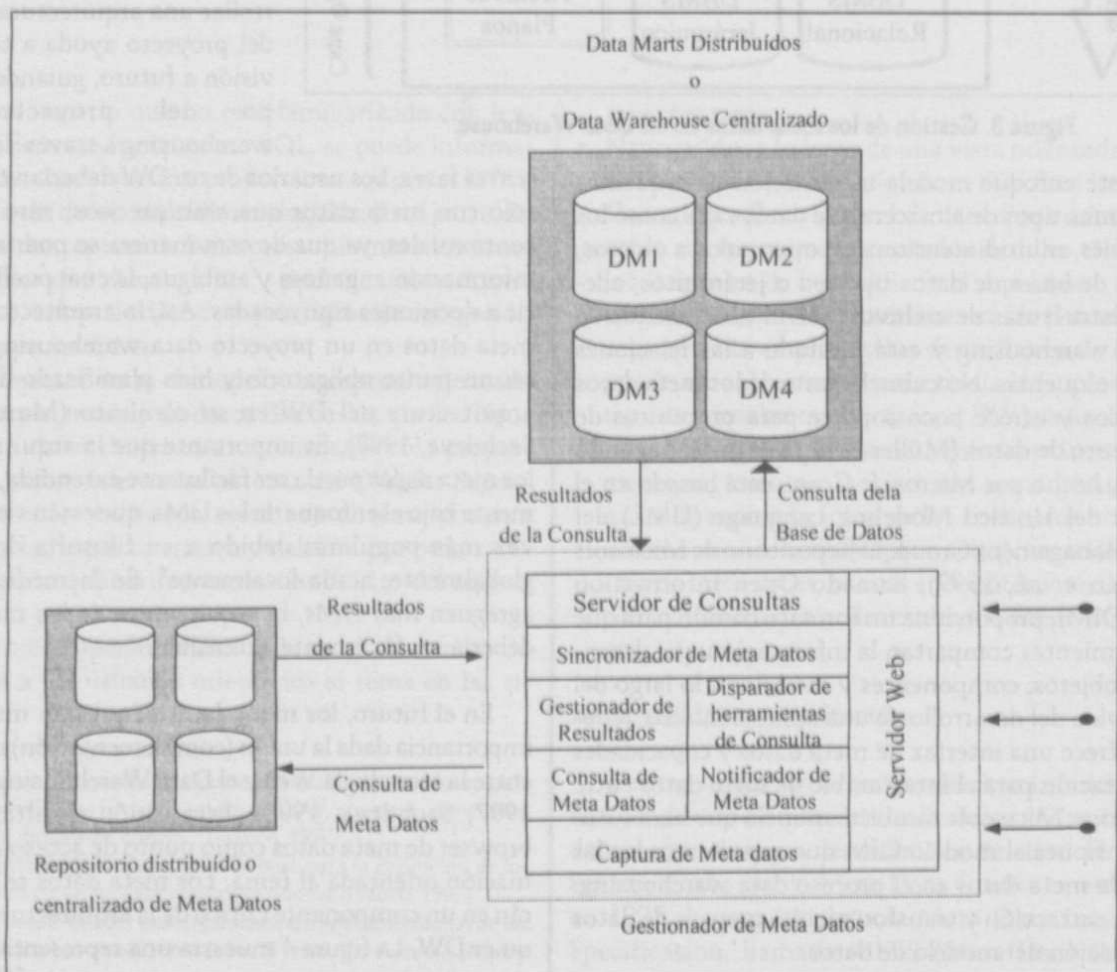


Figura 4. Arquitectura de los meta datos en un Data Warehouse.

de meta datos. En particular, no existe ninguna solución comercial que integre los meta datos para el movimiento de los datos técnicos, análisis multidimensional y modelado de la semántica en un DW con una única herramienta. Por ejemplo, el Repository Information Model (RIM) de ROCHADE cubre un rango amplio de meta datos semánticos y multidimensionales además de meta datos técnicos. Sin embargo, la representación de las reglas de transformación sobre la capa técnica y entre los meta datos técnicos y semánticos no llega a ser clara (Müller *et al.*, 1999).

En forma similar al mercado comercial, la mayoría de los enfoques de investigación están limitados a subconjuntos de meta datos. A continuación se discuten algunos de los enfoques desarrollados en torno a la representación de los meta datos en un DW.

Katic *et al.*, 1998 describen un enfoque de meta datos para la seguridad de un DW, pero no van más allá de los meta datos técnicos más etiquetas de cadenas orientadas al tema y descripciones de atributos y nombres de tablas.

Golfarelli *et al.*, 1998 describen modelos detallados de datos multidimensionales que pudieran servir como base para las vistas orientadas al tema de datos OLAP. Sin embargo, no describen explícitamente los meta datos para las interdependencias entre las estructuras multidimensionales y los espacios de los conceptos orientados al tema que no están organizados de una forma multidimensional.

Jeusfeld *et al.*, 1998 proporcionan un modelo de meta datos comprensible en el contexto de medir la calidad de los componentes de un DW. El enfoque cubre un rango amplio de meta datos técnicos y semánticos. Está basado en la base de datos Concept-Base (Jarke *et al.*, 1995) y usa una lógica de descripción como enfoque fundamental de representación. Aunque formalmente es muy fuerte, el uso de la lógica hace que este enfoque sea difícil de aplicar en ambientes específicos de data warehousing. Gorczyńska *et al.*, 1998 proponen un modelo para representar los meta datos en un DW y lo describen para datos multidimensionales. Este modelo está basado en el modelo entidad-relación y es independiente del enfoque usado para modelar los datos multidimensionales (ROLAP o MOLAP). Dado que el modelo está diseñado para catalogar sólo datos multidimensionales, éste necesita ser extendido para poder representar la información técnica sobre los DWs, así como los datos operativos.

Müller *et al.*, 1999 proponen un modelo, basado en UML, para la representación uniforme de las interdependencias entre los meta datos técnicos y los meta datos semánticos, así como para su integración. Sin embargo, este enfoque no considera la redefinición de meta datos técnicos en el repositorio y su propagación hacia las herramientas afectadas (arquitectura bidireccional), ni el soporte de consultas a nivel semántico y su translación automática hacia los programas de consulta al nivel del DW.

El meta modelo MDIS de la Meta Data Coalition está diseñado para representar los meta datos para todos los objetos de un DW, incluyendo las fuentes de datos de cualquier tipo de base de datos, reglas de transformación, y esquemas de bases de datos. Sin embargo, este enfoque está limitado a las relaciones entre los esquemas, no cubre la parte de los meta datos semánticos y ofrece poco soporte para propósitos de movimiento de datos.

El modelo OIM del Object Management Group proporciona un formato común para que las herramientas compartan la información que describe a los objetos, componentes y módulos a lo largo del ciclo de vida del desarrollo de una aplicación. Este enfoque ofrece una interfaz de meta datos y capacidades de exportación para el intercambio de meta datos entre repositorios, pero no ofrece representaciones que soporten todas las formas de meta datos en el proceso data warehousing.

CONCLUSIONES

- En la actualidad, las empresas generan una gran cantidad de información que es necesario saber utilizar para sacarle el mayor provecho en pro de la toma de decisiones. En este sentido, la tecnología Data Warehousing proporciona un soporte importante para lograr este propósito.
- Durante la construcción de un DW, un aspecto importante que debe ser considerado al inicio del proyecto es la arquitectura del DW, ya que esta ayuda a tener una visión a futuro, y por lo tanto, servirá de guía a los miembros del equipo a lo largo de las diferentes fases del desarrollo del DW.
- Respecto a los meta datos, éstos son una componente fundamental de un DW, ya que son estos los que se encargan de guiar los procesos de extracción, limpieza, transformación y carga de los datos dentro del DW. En particular, la arquitectura de los meta datos debería ser una parte integral, y bien planificada, de toda la arquitectura de un DW en su conjunto, ya

que de esto dependerá la buena gestión de los meta datos y, por lo tanto, el buen funcionamiento del DW.

- La arquitectura del repositorio de los meta datos de un DW es crítica para integrar eficientemente los diversos tipos y fuentes de meta datos que existen en una compañía y para proporcionar acceso a los mismos, a los usuarios. La integración de los meta datos es un aspecto bastante complejo debido a la gran variedad de tipos y fuentes de meta datos que usualmente es necesario almacenar en el repositorio, de manera que las compañías requieren construir interfaces eficientes para obtener muchos de estos meta datos desde las diversas fuentes, además de interpretarlos e integrarlos dentro del repositorio.
- Con toda seguridad, las arquitecturas para la integración de meta datos llegarán a ser más simples y más fáciles de implementar cuando los grupos dominantes (Meta Data Coalition y Object Management Group) definan un estándar global, mientras tanto, las compañías deben depender de herramientas e interfaces no estandarizadas. Un estándar global permitirá a los vendedores de herramientas construir interfaces para integrar la mayor parte (quizás no todos) de los tipos y fuentes de meta datos y almacenarlos en el repositorio.
- Una vez que la tarea de integrar los meta datos llegue a ser más fácil, muy probablemente las compañías desearán agregar mayor funcionalidad a sus repositorios. Esto traerá como consecuencia la necesidad del desarrollo de arquitecturas aún más avanzadas. Así por ejemplo, en una arquitectura bidireccional los meta datos son redefinidos en el repositorio mismo, y posteriormente enviados de regreso hacia su fuente original. Este tipo de arquitectura será realidad cuando surja un estándar y los diferentes vendedores modifiquen sus aplicaciones para trabajar con este estándar.
- Otro aspecto importante de los meta datos de un DW es su representación. Una representación explícita de los meta datos da soporte a los usuarios orientados al tema en las tareas de navegación, consultas *ad hoc* y data mining. Existen algunas propuestas en torno a este tema, unas más completas que otras, pero todas ellas adolecen de alguna carencia de acuerdo a lo discutido en la sección correspondiente a la representación de los meta datos.
- Finalmente, y teniendo en cuenta las conclusiones anteriores, podemos decir que en este trabajo se han discutido varios aspectos importantes abiertos a la investigación en torno al tema de los meta datos en un DW, lo cual puede servir como base para futuros trabajos. En este sentido, más adelante se presentará una

propuesta referente a la arquitectura y representación de los mismos, así como el desarrollo del prototipo que de ésta se derive.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Bernstein, P.A. et al.: "Microsoft Repository Version 2 and The Open Information Model", Information Systems, Vol. 24, No. 2, 1999, pp. 71-98.
- 2.-Chaudhuri, S. et al.: "An Overview of Data Warehousing and OLAP Technology", SIGMOD Record, Vol. 26, No. 1, March 1997, pp. 65-74.
- 3.-Franco, J.M.: "Le Data Warehouse, Le Data Mining", Editions Eyrolles, Paris, 1997.
- 4.-Gardner, S.R.: "Data Warehouses and Metadata: The Importance of Metadata Management", Data Mining, Data Warehousing, and Client/Server Databases. Proceedings of the 8th International Database Workshop. Springer-Verlag Singapore, 1997, pp. 61-71.
- 5.-Gentry, C. et al.: "The Value of a Metadata Initiative", Journal of Data Warehousing, Vol. 3, No. 1, 1998, pp. 44-50.
- 6.-Golfarelli, M. et al.: "The Dimensional Fact Model: a Conceptual Model for Data Warehouses", International Journal of Cooperative Information Systems, Vol. 7, No. 2&3, 1998, pp. 215-247.
- 7.-Gorczyńska, R. et al.: "Modeling Meta Data for Multidimensional Data", Journal of Data Warehousing, Vol. 3, No. 4, Winter 1998, pp. 32-42.
- 8.-Inmon, W.H.: "Building the Data Warehouse", QED Technical Publishing Group, 1992.
- 9.-Jarke, M. et al.: "ConceptBase - a deductive object base for meta data management", Journal of Intelligent Information Systems (Special Issue on Advances in Deductive Object-Oriented Databases), Vol. 4, No. 2, 1995, pp. 167-192.
- 10.-Jarke, M. et al.: "Fundamentals of Data Warehouses", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000.
- 11.-Jeusfeld, M.A. et al.: "Design and Analysis of Quality Information for Data Warehouses", Proc. 17th International Conference on Conceptual Modeling (ER'98), Singapore, Nov 16-19, 1998.
- 12.-Katic, N. et al.: "A Prototype Model for Data Warehouse Security Based on Metadata", Proceedings DEXA 98.
- 13.-Kimball, R.: "Meta Meta Data Data", DBMS, Vol. 11, No. 3, March 1998, pp. 18-20.
- 14.-Marco, D.: "Managing Meta Data", DM Review Magazine, March 1998.
- 15.-Meta Data Coalition: "Metadata Interchange Specification", Vers. 1.1, Aug. 1997, <http://www.MDCinfo.com/standards/toc.html>.
- 16.-Mohania, M. et al.: "Advances and Research Directions in Data Warehousing Technology", Australian Journal of Information Systems, Vol. 7, No. 1, 1999, pp. 41-59.
- 17.-Müller, R. et al.: "An Integrative and Uniform Model for Metadata Management in Data Warehousing Environments", Proceedings of the International Workshop on Design and Management of Data Warehouses (DMDW'99), Heidelberg, Germany, 1999.
- 18.-Ramasubbu, R.: "The Power of Meta Data", DM Review Magazine, April 1999.
- 19.-Sachdeva, S.: "Meta Data Architecture for Data Warehousing", DM Review Magazine, April 1998.
- 20.-White, C.: "Managing Distributed Data Warehouse Meta Data", DM Review Magazine, February 1999.