
LAS BODEGAS DE DATOS COMO APOYO A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN ACERCA DEL NEGOCIO

RAQUEL ANAYA

INTRODUCCIÓN

El contexto dinámico y competitivo de la organización actual exige permanentes soluciones informáticas que apoyen efectivamente sus estrategias y objetivos. Las bodegas de datos - *Datawarehouse*, han incursionado en el mercado como una solución innovadora al problema del manejo de los datos enmarcando dicha solución mayormente, desde el punto de vista tecnológico, sin considerar los aspectos organizacionales y metodológicos involucrados.

Con la incursión de las bases de datos y principalmente con las bases de datos relacionales,⁽¹⁾ se dieron cambios organizacionales relevantes: las áreas funcionales perdieron autonomía en el manejo de sus datos, los cuales pasaron a ser elementos que debían integrarse y compartirse; se mejoraron los procesos administrativos de manejo de información y se dispuso de lenguajes de consulta y generación de reportes que agilizaron el tiempo de entrega de los informes solicitados por el usuario. Las bases de datos se definen como una solución administrativa y tecnológica a las **anomalías de actualización** de los datos (Date, 1.993). Se podría

(1) Conjunto de datos distribuidos en tablas donde cada tupla (registro) esta identificada por una llave primaria. Las asociaciones lógicas con otras tablas (o con ella misma) se establecen a través de atributos llamados llaves foráneas.

afirmar que las bodegas de datos son una solución administrativa y tecnológica a las **anomalías de beneficio o utilidad** de los datos.

En la mayoría de empresas puede presentarse anomalías que impiden un eficaz aprovechamiento de los datos. El problema más crítico es denominado el 'síndrome del pajar'(Goldratt, 1.990), consistente de una gran cantidad de información que proviene de diversas fuentes internas o externas sin que existan unas políticas o estrategias gerenciales que determinen cuál es la información relevante para monitorear la empresa y para dar asistencia al proceso de toma de decisiones. Si ya existe una madurez empresarial en el manejo de los datos como estrategia para tomar decisiones, puede suceder que no existan las herramientas o procedimientos adecuados para dotar a los niveles gerencial y de planeación de información originada por los diversos sistemas de información con el nivel de detalle, presentación o alcance requerido en estos niveles. Es normal entonces que los datos se desactiven de los sistemas⁽²⁾ una vez terminado su ciclo operativo, privando a la administración de la utilidad o beneficio que éstos podrían aportar

(2) La desactivación impide el acceso en línea de los datos y se hace copiando los datos a dispositivos de respaldo como cintas o disketes.

RAQUEL ANAYA. Ingeniera de Sistemas. Profesora del Depto. de Informática y Sistemas de la Universidad EAFIT.

como recurso para analizar el comportamiento pasado y actual de la organización e inferir comportamientos futuros.

La bodega de datos es definida como una colección de bases de datos integradas por temas y diseñadas para soportar la toma de decisiones (Inmon, 1.993). En un contexto más amplio se habla de *Datawarehouse* como un proceso estructurado de métodos, técnicas y consideraciones organizacionales que permiten integrar y manejar datos de varias fuentes con el propósito de obtener una vista consolidada y detallada de todo el negocio o parte de él (Eack, 1.996). El presente artículo, se acoge a esta última definición y plantea este proceso desde tres puntos de vista: El aspecto **organizacional** justifica la existencia de las bodegas de datos como respuesta a los requerimientos organizacionales. El aspecto **funcional** propone algunas estrategias metodológicas que guían el proceso de adopción de la bodega de datos en la organización; y el aspecto **tecnológico** presenta una visión general de los requerimientos tecnológicos que pueden soportar este proceso.

1. LAS BODEGAS DE DATOS Y LA ORGANIZACIÓN

Toda tecnología informática surge como un compromiso entre los requerimientos organizacionales y el avance de las ciencias de la computación (Madnick, 1.995). La bodega de datos, como tal, se da como un compromiso entre las exigencias ya definidas de los sistemas de información y el desarrollo de la tecnología de bases de datos. Desde el punto de vista organizacional es conveniente, entonces, revisar primero el papel de los sistemas de información y sus principales características. Un sistema de información puede definirse como el conjunto interrelacionado de procedimientos, personas, datos y tecnología informática que interactúan en forma coordinada con el objetivo de cumplir unos objetivos organizacionales (Alter, 1.992). Es decir, el sistema de información debe facilitar la manipulación de los datos de una empresa para proveer información que esté disponible cuando se requiere y para quien se requiere, disminuyendo la incertidumbre en el proceso de toma de decisiones.

Los sistemas de información pueden ser divididos en dos grandes grupos (Boar, 1.992). En el primer

grupo se encuentran las **aplicaciones del negocio** que son aquellas que soportan las funciones básicas de la empresa, deben estar operando permanentemente y su disponibilidad y rendimiento es crítico para garantizar la eficiencia en las operaciones. En el segundo grupo se encuentran las **aplicaciones acerca del negocio**. Estas aplicaciones facilitan la recopilación, sumariación e interpretación de hechos pasados, a partir de las aplicaciones básicas, con el propósito de determinar una proyección al futuro. Aunque su disponibilidad no es crítica para las operaciones diarias, su eficiencia garantiza a largo plazo el nivel de competitividad de la empresa. Con este marco de referencia se pueden clasificar los principales tipos de sistemas de información existentes en la organización. (Cuadro No. 1).

Los **sistemas de procesamiento de transacciones (SPT)** recolectan y almacenan datos acerca de las operaciones que ocurren en la empresa (venta, compra, producción, etc.) y controla decisiones que son parte de la transacción. Son diseñados para asistir al nivel operativo de la organización en la ejecución de sus tareas. Son los primeros sistemas que se implementan en la organización. Los SPT pueden encontrarse en diferentes plataformas tecnológicas y sus datos pueden estar almacenados en una base de datos central, en bases de datos para un área específica o en un sistema de archivos exclusivo de una aplicación.

Los **sistema de información de apoyo a la toma de decisiones (DSS)** son sistemas orientados a optimizar la cadena de valores agregados de un producto como clave para aumentar la eficacia de los procesos y mantener estándares de calidad competitivos (Velásquez, 1.994) Apoyan una tarea clave especializada del nivel estratégico y de planeación. Utiliza información **interna generalmente extraída de los SPT contrastada con información externa**. Permite realizar de manera flexible análisis sobre la información almacenada.

El **sistema de información gerencial (SIG)** es un conjunto extenso y coordinado de subsistemas, diseñados según el estilo y funciones del personal a nivel gerencial, bajo unos **criterios de calidad establecidos**. Producen **información contrastada de una manera flexible y en diversas presentaciones** (Scott, 1.988)

CUADRO No. 1
Clasificación de los Sistemas de Información

	Sistemas del negocio	Sistemas acerca del negocio
Tipo de Sistemas	Sistemas de Procesamiento de Transacciones (SPT)	Sistemas de Soporte a la Toma de Decisiones (DSS) Sistemas de Información Gerencial (SIG)
Soporte de Datos	Base de Datos Centralizada base de Datos Departamentalizada Archivos propios de la aplicación	Bodega de Datos centralizada Bodega de Datos especializada
Nivel Organizacional	Operativo	Estratégico / Planeación

Como puede observarse, la definición de estos dos últimos sistemas de información se acoge perfectamente a la definición dada a las bodegas de datos. Podría entonces afirmarse que de la misma forma como la tecnología de bases de datos relacionales hizo posible la implantación efectiva de los **sistemas de negocio**, como soporte a las funciones operativas de la organización, la tecnología de bodegas de datos hace posible la implantación efectiva de los **sistemas acerca del negocio** como soporte a las funciones estratégicas y de planeación de la organización.

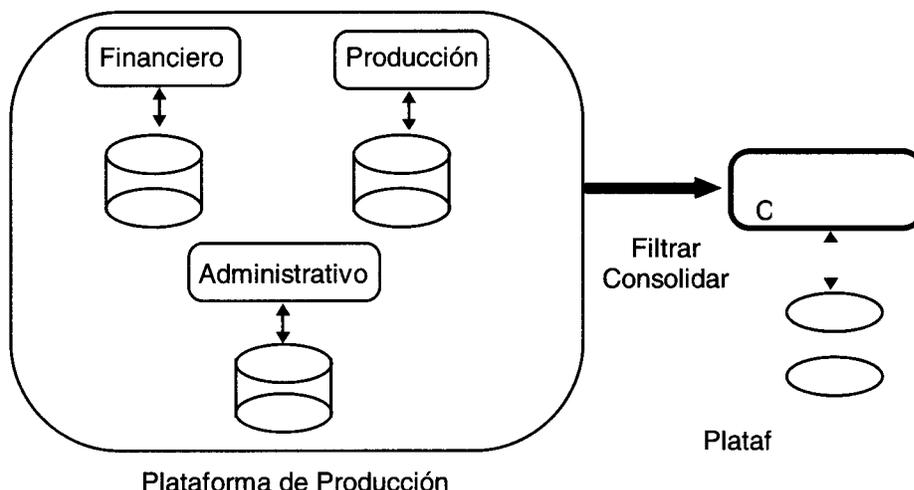
La diferencia entre estos dos grupos de sistemas de información radica en los diversos criterios de manipulación y percepción de los datos entre los niveles operativos y gerenciales (Cuadro no. 2). Mientras que en nivel operativo los datos tienen el nivel de detalle requerido para soportar el ciclo operacional de las transacciones de una función específica del negocio, en el nivel gerencial se manejan datos detallados o resumidos para representar de manera unificada la historia de la empresa (memoria organizacional) contrastándola, en algunos casos, con información externa. Mientras que en el nivel operativo el requerimiento de eficiencia radica en el tiempo de respuesta para validar, actualizar e imprimir datos de apoyo a tareas claramente definidas (estructuradas), en el nivel gerencial el requerimiento de eficiencia radica en la rapidez para filtrar, contrastar, graficar y recuperar grandes volúmenes de datos con una alta flexibilidad para el apoyo de tareas de toma de decisiones (no estructuradas).

Cuadro No. 2
Propiedades de los datos según el nivel organizacional

Propiedad	Nivel Operativo	Nivel estratégico /planeación
Nivel de detalle de los datos	Detallados	Detallados/Resumidos
Tipo de tarea	Estructurada	No estructurada
Tipo de operación	Validar, actualizar, imprimir	Filtrar, contrastar, resumir, consolidar
Origen de los datos	Internos	Internos, externos
Permanencia de los datos	Ciclo operacional	Memoria organizacional
Requerimiento de respuesta	Tiempo de actualización	Tiempo de consulta
Alcance	Orientado a una función	Visión unificada del negocio
Estrategia de modelamiento	Orientado a procesos	Orientado a datos

Las bodegas de datos son entonces unas bases de datos con funcionalidades específicas para el apoyo efectivo de los sistemas de información en los niveles estratégicos y de planeación de la empresa, que se alimenta a partir de la información almacenada en los sistemas de información operativos (figura no. 1).

Figura No. 1
Visión general de las Bodegas de Datos



2. METODOLOGÍA

El proyecto de adopción de una bodega de datos en la organización es un proceso que requiere un conjunto estructurado de pasos, criterios, normas y herramientas. Se trata básicamente de un proyecto de diseño de base de datos y por lo tanto, su estrategia de desarrollo debe girar alrededor del modelo de datos (I/S Analyzer, 1.994). Este proyecto sigue los lineamientos generales de una metodología de desarrollo de un sistema de información: factibilidad, análisis, diseño, construcción, puesta en marcha (Fig. No.2).

La bodega de datos es definida como un proceso estructurado de métodos, técnicas y consideraciones organizacionales que permiten integrar y manejar datos de varias fuentes con el propósito de obtener una vista consolidada y detallada de todo el negocio o parte de él.

Etapas de factibilidad: En esta etapa se define como proyecto estratégico la adopción de la bodega de datos en la organización que cuente con el apoyo efectivo del nivel gerencial. Se definen las áreas de la organización que se van a involucrar

en el proyecto y se identifican los grupos de datos que van a servir de insumo para la construcción de la bodega de datos. Este proyecto será viable en la medida en que el área de informática ya haya atendido adecuadamente las necesidades de información en el nivel operativo y exista en los niveles gerenciales y de planeación una conciencia de la importancia de los datos como herramienta para analizar y proyectar la empresa.

Etapas de análisis: El objetivo de esta etapa es determinar qué datos estarán almacenados en la bodega de datos para ser consultados por los niveles estratégicos y de planeación. Se construye un modelo conceptual de la bodega de datos que representa los grupos de datos relevantes para el proceso de toma de decisiones, la forma como éstos se interrelacionan y los criterios de calidad e integridad de los mismos. Este modelo conceptual puede ser construido utilizando la técnica conocida como modelo Entidad-Relación⁽³⁾, acompañado de un diccionario o catálogo de términos que describe el significado de cada elemento. Existen tres fases para la elaboración del modelo conceptual:

Fase Descendente: El modelo se va construyendo en interacción con los usuarios gerenciales y estratégicos. A través de entrevistas o reuniones de discusión se determina los datos claves, indicadores o cifras estadísticas que se manejan,

(3) Representación gráfica de la semántica de los datos en entidades u objetos con sus atributos y las asociaciones entre ellas.

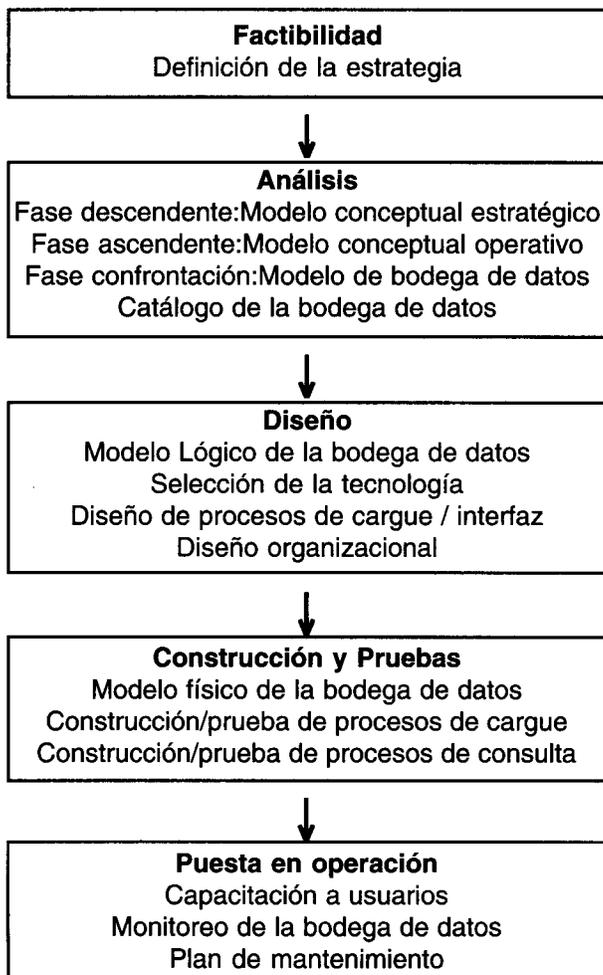
la forma como estos usuarios utilizan los reportes generados por los sistemas de información actuales y el proceso de transformación que ellos realizan (manual o automáticamente). Se parte de conceptos generales que representan grupos de datos los cuales van siendo refinados y detallados en iteraciones sucesivas.

Fase Ascendente: Se parte de los sistemas de información existentes abarcados en el proyecto, con el objetivo de identificar contenidos, formatos, estructuras y significado de los datos almacenados en las diversas bases de datos o sistemas de archivos. Este inventario es llevado luego a una representación con mayor abstracción utilizando el mismo modelo Entidad-Relación. El tener estos modelos en un mismo lenguaje de representación facilita su análisis sin tener en cuenta los detalles de implementación.

Fase de Confrontación: El propósito de esta fase es establecer la relación semántica entre los modelos generados en las dos fases anteriores. Mientras el primer modelo representa una visión global y estratégica de los datos desde el punto de vista gerencial, el segundo modelo representa una visión operacional de los mismos. Es entonces importante establecer qué elementos de datos representan el mismo concepto (datos equivalentes), qué elementos de datos existen en el modelo estratégico que no aparecen en el modelo operacional (datos nuevos) y qué elementos de datos del modelo operativo guardan alguna relación con los del modelo gerencial, pero deben sufrir un proceso de transformación o de control de calidad antes de llegar a la bodega de datos (datos transformados).

Gran parte del esfuerzo de esta etapa radica en lograr una unificación de los criterios y conceptos alrededor de los datos que serán representados en la bodega de datos.

Figura No. 2
Guías generales del proceso de adopción



La tecnología de bases de datos relacionales hizo posible la implantación efectiva de los **sistemas de negocio**, como soporte a las funciones operativas de la organización, la tecnología de bodegas de datos hace posible la implantación efectiva de los **sistemas acerca del negocio** como soporte a las funciones estratégicas y de planeación de la organización.

Los resultados de esta fase permiten realizar un estimativo inicial del costo en tiempo y recursos humanos y tecnológicos de la implantación de la bodega de datos y la funcionalidad de la misma. Por ejemplo, si existe un alto volumen de datos nuevos que son de origen interno, esto puede indicar que todavía existen áreas operativas de la organización que aún no han sido sistematizadas. En este caso, podría ser más conveniente adelantar primero estos proyectos de desarrollo. Si existe un alto volumen de datos nuevos de origen externo (censos de población, datos de cámara de comercio, etc.) se deben analizar las fuentes de

suministro de los datos y proponer estrategias para su actualización eficiente. Si existe un alto volumen de procesos de verificación o de control de calidad, se debería evaluar si estos controles se incorporarían a las aplicaciones operativas, lo cual implicaría cambios en los sistemas existentes.

Etapa de Diseño: El objetivo de esta etapa es definir la forma como se traduce a una implementación adecuada las necesidades propuestas en la etapa anterior. Este diseño abarca cuatro aspectos:

Diseño de la bodega de datos: El modelo conceptual de la bodega de datos debe ser normalizado.⁽⁴⁾ El modelo lógico es una representación en registros de la bodega de datos desde el punto de vista del diseñador o técnico. Algunos autores (Batini, 1.994) proponen heurísticas que permiten traducir un modelo Entidad-Relación a un modelo relacional normalizado. Otro factor que debe ser considerado es el aspecto de distribución. Para una empresa grande con tendencia a la descentralización, puede ser más conveniente tener una bodega de datos por regional o por área funcional. En el último caso se debe determinar qué datos son propios de cada área funcional.

Diseño Tecnológico: Definir los recursos de máquina, de programas y de infraestructura de comunicaciones necesarios para la operación de la bodega de datos. Por razones de eficiencia, es conveniente que ésta sea manejada en un computador diferente al que maneja los sistemas operativos (plataforma gerencial y plataforma de producción) y que además estas dos estén integradas a través de una red de comunicaciones. Actualmente la tecnología más apropiada para implementar este proyecto se conoce como Cliente - Servidor (Berson, 1.992). En esta tecnología las operaciones de manejo de la base de datos son realizadas por una máquina dedicada (servidor) la cual atiende, a través de la red, requerimientos realizados por terminales (clientes) que tienen capacidad de manejo gráfico.

Diseño de Procesos: Diseñar los procesos de transformación y cargue de los datos. Si los datos de origen interno se encuentran almacenados en

una tecnología de base de datos, normalmente estas herramientas ofrecen utilidades para exportar los datos a otros ambientes. Si los procesos de transformación y control de calidad son complejos, se requiere la construcción de programas especiales que hagan las veces de filtro o depurador de los datos. Si los datos son de origen externo, se deben definir los procesos de adquisición, depuración y cargue. Si se trata de atender usuarios gerenciales que ya tienen claramente definidas las consultas que requieren y su forma de presentación, se debe entonces entrar a diseñar la forma como este usuario interactuará con el sistema.

Diseño Organizacional: Se deben definir los roles y las responsabilidades para la administración y operación de la bodega de datos. Si la organización ya tiene definido el cargo de Administrador de Datos, éste podría ser el perfil más adecuado para realizar su administración. Se deben aclarar aspectos como frecuencia con que se "refrescan parcialmente"⁽⁵⁾ los datos en la bodega de datos (horaria, diaria, semanal), tiempo de retención de los datos en la Bodega o proceso de limpieza de la bodega de datos.

Etapa de Construcción y Pruebas: En esta etapa se elaboran los programas necesarios para la captura o depuración o transformación de los datos y la programación de la interfase. Se ejecutan los procesos de prueba para el cargue de la bodega de datos y las pruebas de ejecución de consultas por parte de los usuarios finales.

Etapa de Puesta en Marcha: El objetivo de esta etapa es colocar en operación la bodega de datos. Se realizan los procesos de capacitación a los usuarios finales en el uso de catálogos y en la creación de sus propias consultas y a los usuarios técnicos en los procesos de depuración y mantenimiento y monitoreo.

Como toda solución estratégica, periódicamente se debe estar evaluando su efectividad. Las condiciones y criterios bajo los cuales fue diseñada pueden variar, ya sea por cambios en la misión o políticas corporativas, cambios en el entorno, o por cambios relevantes en los índices de

(4) La normalización es el proceso de aplicar transformaciones sucesivas a las tablas para eliminar la redundancia de datos, teniendo en cuenta el principio de dependencia funcional.

(5) Se emplea este término para indicar que el proceso de actualización es selectivo: sólo se transfieren los nuevos datos existentes en los sistemas operativos.

administración que haga que los nuevos gerentes reevalúen la información que se considera estratégica.

3. TECNOLOGÍA

Desde el punto de vista tecnológico, el proyecto de implantación de una bodega de datos debe estar soportada por un conjunto de herramientas informáticas de alta productividad con funcionalidades especializadas tanto para los usuarios finales como para los usuarios técnicos encargados de la administración. Algunas de estas facilidades se definen como básicas y pueden, incluso, estar incorporadas en el propio manejador⁽⁶⁾ de la base de datos - SMBD (Figura No.3) otras funcionalidades se pueden clasificar como avanzadas y permiten un manejo especializado, a un mayor costo (Figura No.4).

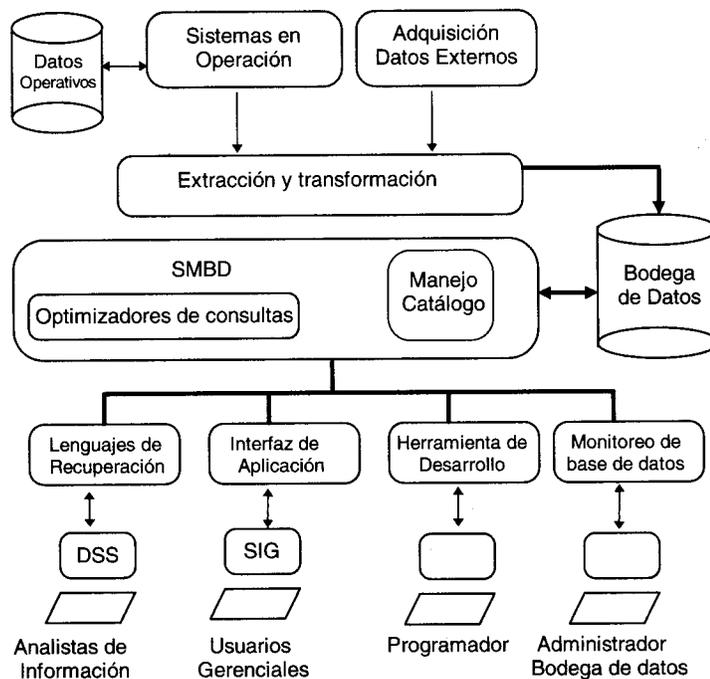
Extracción y Transformación de datos: Se debe contar con funcionalidades que permitan hacer la correspondencia entre los datos de los sistemas operativos y los datos que se almacenarán en la bodega de datos. Este módulo debería tener

facilidades como aplicar funciones estadísticas a un conjunto de datos de entrada para producir datos consolidados, proveer parámetros que definan la frecuencia de refresco, (que este proceso de actualización se realice en forma automática y controlar el cargue selectivo de los datos) en forma automática y de manera selectiva.

Optimizadores de Consultas: Por el alto volumen de datos que se maneja, se requieren algoritmos eficientes para proveer un tiempo de respuesta inmediato. Algunas de estos algoritmos están estrechamente asociados con la arquitectura interna de la base de datos como el manejo de la memoria en paralelo, la distribución de los datos en el disco o la capacidad de multiprocesamiento.

Existen considerables esfuerzos de investigación en esta área. Algunas soluciones avanzadas como OLAP *On Line Analytical Processing* permiten tener un almacenamiento de datos multidimensional donde los datos son almacenados con redundancia (no normalizado) con el objetivo de minimizar el tiempo de recuperación de los datos eliminando el costo en tiempo de la operación *join*⁽⁷⁾.

Figura No. 3
Componentes funcionales básicos en un ambiente de bodega de datos



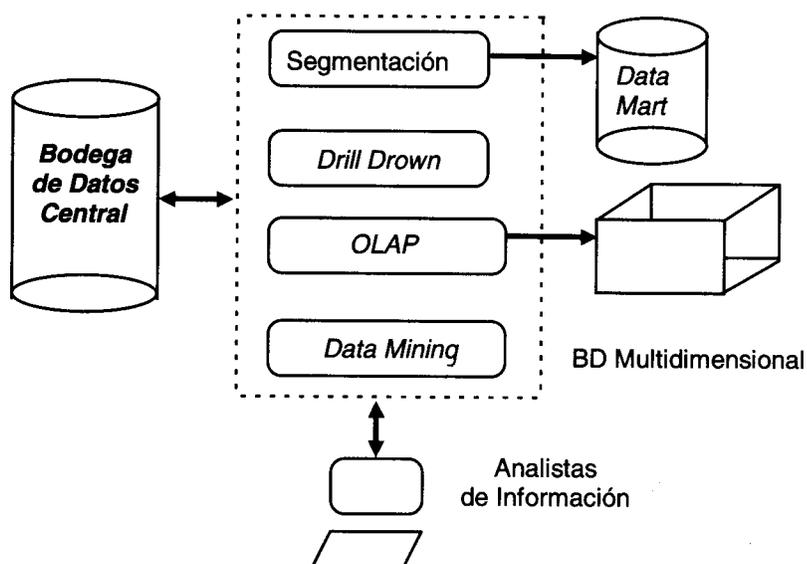
(6) Recibe el nombre de manejador el conjunto de programas que facilitan la actualización, consulta y acceso a la base de datos.

(7) Join o union natural es la operación más costosa en tiempo de los modelos relacionales: Requiere la combinación de tuplas de diferentes tablas a través de su llave foránea.

Lenguajes de Recuperación: Por la diversidad de datos que se maneja y el tipo de consultas que los usuarios realizan, se requieren herramientas amigables para que el usuario final arme sus propias consultas y modifique la forma de presentación de la misma. Existen en el mercado herramientas con versiones de SQL⁽⁸⁾ donde la consulta se define en forma gráfica y los datos son recuperados de la base de datos y cargados por ejemplo en una hoja de cálculo. Un facilidad avanzada conocida con el nombre de *Drill Down* permite partir de unos datos globales hasta llegar en forma anidada al rango de datos requeridos. Estos lenguajes de recuperación apoyan los requerimientos definidos para los sistemas DSS, donde se requiere una alta flexibilidad en la forma como son consultados o correlacionados los datos por los analistas de información.

Ambientes gráficos de desarrollo: Esta facilidad es requerida para programar consultas cuando ya se tienen establecidos claramente los datos que intervienen, la forma como éstos son correlacionados y el tipo de presentación deseada. Este tipo de acceso a la bodega de datos es válido como apoyo a los SIG donde se provee al nivel gerencial de la información precisa sin incurrir en el esfuerzo de exploración y flexibilidad que requieren los analistas de información.

Figura No. 4
Funcionalidades avanzadas en un ambiente de bodega de datos



Correlación de datos: Como una funcionalidad avanzada, sería deseable que el sistema facilitara el descubrimiento de asociaciones existentes entre la cantidad de datos almacenados para conocer patrones de comportamiento o reglas de conocimiento en la base de datos. Esta estrategia se conoce con el nombre de Minería de Datos - *Data Mining*. Este es un campo de investigación abierto que permite incorporar a las bases de datos, los mecanismos de razonamiento utilizados en el área de inteligencia artificial.

Segmentación: Cuando las bodegas de datos apoyan un grupo especializado de usuarios, podría ser conveniente tener la facilidad de obtener a partir de la bodega de datos, una vista con datos exclusivos para un fin específico. Esta presentación de la bodega se conoce con el nombre de *Data Mart*. Este segmento con información de un solo tema es almacenada, normalmente, en un equipo diferente al que se encuentra la bodega centralizada.

Monitoreo de los datos: Desde el punto de vista del administrador de la bodega de datos, se deberían proveer facilidades para el mantenimiento de la bodega como rutinas eficientes de limpieza, reporte de estadísticas que permitan monitorear el nivel de actividad (número de usuarios que la utilizan tiempo promedio de respuesta, etc.) y manejo del inventario detallado de la distribución física de los datos.

(8) SQL (Structured Query Language) es el lenguaje de consulta estándar en la industria de base de datos.

Manejo del catálogo: Por la gran cantidad de datos almacenados en la bodega de datos, con estructuras y nombres que no son conocidas por los usuarios, se hace necesario un mecanismo eficiente y automático para que el usuario final pueda explorar información acerca de los datos, conocidos como **metadatos**. Con el manejo automático del catálogo, los usuarios finales podrían consultar el significado de los datos almacenados en la bodega de datos, su origen, la transformación que éstos sufren y los criterios de calidad que tienen asociados .

Conclusiones

Más que una tecnología, la adopción de la bodega de datos en la organización es un proyecto que, partiendo de unos lineamientos generales o metodología, se diseña según las características propias de la empresa. El factor clave del éxito es el apoyo gerencial al proyecto y la conciencia organizacional de los datos como recurso estratégico de la organización.

La metodología de creación de la bodega de datos debe estar apoyada en el manejo de modelos de datos que proveen el nivel de abstracción adecuado para definir los elementos de datos que serán utilizados para monitorear el comportamiento de la organización, con la participación activa de los niveles estratégico y de planeación.

Más que una tecnología, la adopción de la bodega de datos en la organización es un proyecto que, partiendo de unos lineamientos generales o metodología, se diseña según las características propias de la empresa. El factor clave del éxito es el apoyo gerencial al proyecto y la conciencia organizacional de los datos como recurso estratégico de la organización.

El proyecto de implantación de una bodega de datos debe concebirse de manera gradual y centrarse alrededor de herramientas informáticas

de alta productividad. Sin embargo es importante considerar el retorno a la inversión de este tipo de proyectos. Podrían existir soluciones pequeñas donde la tecnología existente sirve para satisfacer una unidad funcional de la organización, para luego abarcar otras áreas y dar mayor funcionalidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Alter Steven, Information Systems: a management perspective. New York: Benjamin Cummings Publishing Company. 1992
- Batini C.,Ceri S., Navathe S. Diseño conceptual de bases de datos. Un enfoque de entidades - interrelaciones. México: Addison Wesley. 1994.
- Berson, Alex. Client / Server architecture. New York: McGraw Hill, 1992.
- Boar, Bernard H. Implementing Client/Server computing: a strategic perspective. New York: McGraw Hill, 1992.
- Date, C. J. Introducción a los sistemas de base de datos. 5 ed. México: Addison Wesley Iberoamericana. 1993. Vol 1.
- Eack, P. Datawarehouse program for the caribbean / latin america area, a position & strategy guide. NCR, 1996
- Goldratt, Eliyahu M. El Síndrome del Pajar: cómo extraer información del océano de datos. Monterrey: Ediciones Castillo, 1990
- Case Studies. How to Build and design datawarehouse to Improve information access. I/S Analyzer. Vol 33 No. 11, Nov. de 1994.
- Case Studies. How to give end users online analytical processing. I/S Analyzer. Vol 34 No. 5, Sept. 1995.
- Inmon W. Building the datawarehouse. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- Madnick, Stuart E. Integration technology: the reinvention of the linkage between information systems and computer science. En : Decision Support Systems, The International Journal. Vol. 13 March de 1995.
- Scott, George M. principios de sistemas de información. México: McGraw Hill, 1988.
- Velázquez, Jesús M. Genex-Optex Herramientas rápidas para la implementación de sistemas de información de apoyo a la toma de decisiones. En: Revista Sistemas ACIS No. 60. 1994.