

**DEPARTAMENTO DE ORGANIZACION DE EMPRESAS
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA**

**CONOCIMIENTO Y BASES DE DATOS:
UNA PROPUESTA
DE INTEGRACION INTELIGENTE**

Margarita ALONSO MARTINEZ

**TESIS DOCTORAL DIRIGIDA POR:
Prof. Dr. D. José María SARABIA ALZAGA**

4.1 EN TORNO A LAS BASES DE DATOS.

Las bases de datos constituyen un sistema de proceso de datos cuyo objetivo básico es el de conservar información y mantenerla disponible para su acceso de forma eficiente. El interés de los usuarios por la información contenida en una base de datos es debido, normalmente, a su significación en los procesos de toma de decisiones.

Las aplicaciones de bases de datos tienen cuatro componentes principales: datos, programas, dispositivos de almacenamiento y usuarios. Las principales ventajas que presentan respecto a los datos se refieren a su integración y la posibilidad de ser compartidos. Las bases de datos permiten la unificación de distintos ficheros de datos -integración- con eliminación de redundancias y repeticiones entre ellos. Los datos compartidos están accesibles por diversos usuarios, de forma aparentemente simultánea y para diferentes propósitos. Una misma base de datos puede ser percibida por distintos usuarios de forma variable,

dependiendo de las posibilidades de acceso de cada uno y en función de su interés por la información contenida

Respecto a los requerimientos de medios de almacenamiento, una base de datos reside físicamente en unidades de almacenamiento secundario, normalmente discos, que asociados a los dispositivos y controladores correspondientes, y a los canales de comunicación adecuados, conforman los requerimientos físicos de almacenamiento. Entre esta base de datos física -datos almacenados- y el usuario que intenta su acceso, se interpone un conjunto de programas cuyo objetivo es facilitar las operaciones de creación, acceso y manipulación de los datos. Los sistemas administradores de bases de datos proporcionan, al usuario, un entorno de alto nivel que facilita las operaciones con la base de datos.

Respecto a los usuarios, y atendiendo a como se produce su acceso a la base de datos, es posible la diferenciación en: programador de aplicaciones, usuario final, y administrador de la base de datos. El programador de aplicaciones incorpora las operaciones de base de datos a un programa de aplicación. Estos programas pueden controlar operaciones periódicas de acceso y proceso de la base de datos o pueden ser un soporte para el trabajo interactivo de un usuario final con la base de datos. El usuario final suele acceder a la base de datos, a través de un programa de aplicación especialmente diseñado, aunque también puede hacerlo a través del entorno estándar que ofrezca el sistema administrador de la base de datos. Por último, el administrador de la base de datos es la persona o grupo de personas responsables del control total del sistema, y tienen a su cargo la organización de tareas esenciales, como por ejemplo: decidir el contenido de información de la base de datos, decidir la estructura de almacenamiento y la estrategia de acceso, definir los controles de integridad y seguridad de los datos, asegurar los accesos de los distintos usuarios a la información requerida, definir las estrategias de copias de seguridad y recuperación de errores, etc.

Las bases de datos se configuran como un medio eficiente de almacenamiento de datos de forma que estén disponibles para diferentes aplicaciones. Estas, obtendrán de la base de datos información útil ¹⁸⁵ a través de las operaciones de consulta y proceso.

4.1.1 ORGANIZACION Y ACCESO A LOS DATOS.

La organización de los datos de una base de datos puede variar según las características del sistema administrador de base de datos utilizado. Es posible, sin embargo, diferenciar tres niveles en su concepción ¹⁸⁶: el nivel interno, relativo a la forma en que se almacenan los datos; el nivel externo, relativo a la forma en que los datos son vistos por un determinado usuario; y el nivel conceptual situado entre los anteriores, y relativo al contenido lógico global de la base de datos.

Los datos y las estructuras de almacenamiento necesarias para su acceso eficiente, constituyen el nivel interno. Se refiere, por tanto, a la base de datos física que reside permanentemente en un medio de almacenamiento secundario, normalmente disco. Diferentes bases de datos físicas puedan ser gestionadas por el mismo sistema administrador de bases de datos.

El nivel conceptual es una abstracción del mundo real que se corresponde con la percepción del diseñador-usuario. Los sistemas administradores de bases de datos proveen lenguajes de definición de datos, para describir el esquema conceptual y permitir su implantación por el esquema interno. El nivel conceptual de la base de datos puede contener todos los datos manejados por una organización, en una única base de datos, manteniendo esta información en un estado consistente, no contradictorio.

¹⁸⁵ Los términos Datos e Información se tratan generalmente en el texto como sinónimos. Sin embargo, si se entiende por dato, el conjunto no estructurado de números u otros símbolos; por información, datos estructurados susceptibles de interpretación por un usuario; y por conocimiento, el resultado de interpretar información que se acepta, generalmente, como cierta en un determinado dominio. La distinción es importante, de ahí que a pesar de utilizar como sinónimos los términos datos e información, y en ocasiones conocimiento, la diferencia se pondrá de manifiesto en los casos que lo requieran.

¹⁸⁶ DATE, C. J. (1.986): "An Introduction to Database Systems" Volume I Addison Wesley Massachusetts.

El nivel externo integra, usualmente, diferentes vistas parciales del esquema conceptual de la base de datos. Está orientado al usuario, permitiéndole un acceso parcial, en extensión y/o requerimientos a los datos. Se establece en función de las necesidades operativas del usuario.

La relación que se establece entre el nivel conceptual y el nivel interno de la base de datos, por un lado, y la relación entre el nivel conceptual y el nivel externo, por otro, deben registrar cierta independencia. En una base de datos eficiente el almacenamiento físico de los datos puede variar sin requerir alteración del esquema conceptual -independencia física de los datos-. En cuanto a la relación entre el esquema conceptual de base de datos y los esquemas externos debe ser tal que una modificación en el esquema conceptual, añadiendo o borrando registros lógicos por ejemplo, sólo debe afectar aquellas vistas a las que se añaden o borran los registros implicados. El resto de vistas no sufrirán modificación, como tampoco, los programas de aplicación que operan junto a éstas-independencia lógica de los datos-.

El sistema administrador de base de datos gestiona el enlace entre los distintos niveles ante las peticiones de acceso de los usuarios. Cuando se produce una petición de acceso, -localizar, modificar, borrar e insertar datos- en un determinado lenguaje de manipulación de datos y por un determinado usuario, el sistema administrador de bases de datos recibe y analiza la petición, a través del esquema externo definido para el usuario, que se comunica con el esquema conceptual y con el esquema interno, realizando sobre la base de datos almacenada las operaciones necesarias para dar solución a la petición planteada.

Un gráfico ilustrativo de los tres niveles mencionados, los programas de usuario, el sistema administrador de la base de datos y sus relaciones, es el que se ofrece en la Figura 22.

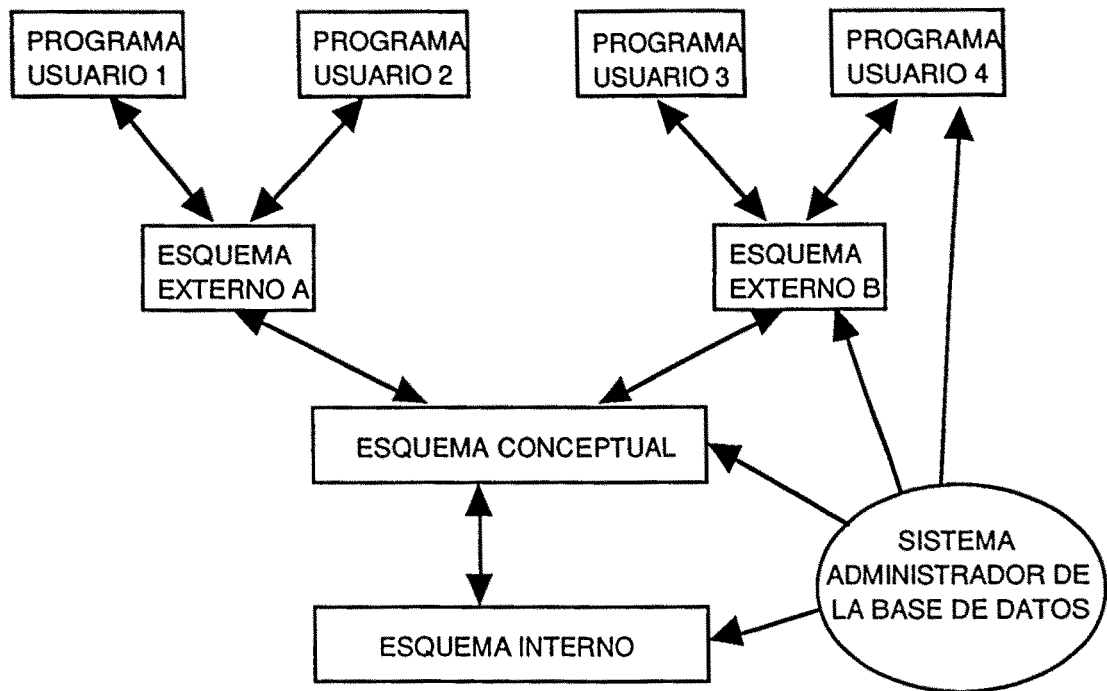


Fig. 22. Niveles de abstracción de una Base de Datos ¹⁸⁷

4.1.2 CONTROLES SOBRE DATOS Y ACCESOS A LAS BASES DE DATOS.

La validez de los datos y su protección contra alteraciones, pérdidas y accesos no autorizados deben ser objeto de control que, establecido por el administrador de la base de datos, es de hecho efectuado por el sistema administrador de la base de datos o por programación.

Un primer control se refiere a la validez o integridad de los datos. Las restricciones de integridad se establecen, principalmente, en la definición de la base de datos, de tal modo que, toda ocurrencia válida de la base de datos debe

¹⁸⁷ MORA MONTE, E., ALONSO MARTINEZ, M. (1.990): "Bases de Datos: 1. Definición y Diseño". Actualidad Financiera nº 12 pags. 768-782

satisfacer las restricciones de integridad definidas. Estas pueden estar referidas, por ejemplo, al rango de valor de los datos, al formato en el que se presentan, a la no duplicidad de valores, a ajustar su valor a la definición de dominio, etc. Estas restricciones una vez definidas son, normalmente, controladas de forma automática por el sistema administrador de base de datos al realizar operaciones de inserción y borrado de datos.

En cuanto a la seguridad de la base de datos, ésta presenta distintos aspectos. La identificación de usuarios, es uno de ellos, y se refiere a los diferentes derechos asignados a los distintos usuarios para el acceso a porciones variables del contenido de la base de datos. Estos derechos pueden incluir desde permisos de operaciones de sólo lectura hasta operaciones de inserción borrado o modificación de los datos de mayor trascendencia. La identificación de usuarios se realiza mediante el empleo de palabras clave o contraseñas. La seguridad de los datos se facilita con la utilización de los esquemas externos, para restringir el acceso de los usuarios a determinadas partes de la base de datos y limitar los tipos de operaciones a efectuar sobre aquéllos.

Relacionado con los derechos de acceso de los distintos usuarios está el derecho de concesión de accesos de unos usuarios a otros. El sistema efectúa éste control a través de una tabla actualizada del "estatus" correspondiente a cada usuario para conocer los límites de su posibilidad de acción.

El establecer controles de seguridad e integridad de los datos implica un conjunto de operaciones que se pueden agrupar en: a) definición de las restricciones apropiadas, normalmente durante el diseño de la base de datos; b) especificación de las acciones a tomar cuando estas restricciones son incumplidas, normalmente anular la operación que implique el no cumplimiento de la restricción; y c) disposición de un sistema que controle las operaciones de los usuarios y detecte cualquier violación de las restricciones definidas,

Cuando el acceso a la base de datos se produce por más de un usuario a la vez, con ejecución simultánea de distintos programas o del mismo programa en diferentes sesiones de trabajo, se plantea un problema de concurrencia en el acceso a la base de datos, cuya solución implica el proceso de control de transacciones.

Se considera una transacción *aquella unidad de programa, que actualiza, y cuya ejecución conserva la consistencia de la base de datos*¹⁸⁸, incluye, por tanto, una secuencia de diversas operaciones de acceso y manipulación del contenido de una base de datos, susceptibles de modificar el estado de la base de datos manteniendo la integridad de la información.

Un sistema que soporta control de transacciones garantiza que durante la ejecución de una transacción y ante cualquier error o fallo en el proceso de la base de datos, las operaciones de actualización realizadas quedarían como no hechas, de tal modo, que una transacción o se ejecuta completamente o es totalmente cancelada. Los sistemas administradores de bases de datos que soportan control de transacciones disponen de las instrucciones que permiten marcar: el inicio de una transacción, su fin con ejecución satisfactoria, o su fin con ejecución con error. Es responsabilidad del usuario programador indicar las correspondientes acciones a realizar ante los posibles resultados de ejecución de una transacción.

En los procesos de transacciones y ante errores o fallos en el sistema de proceso, la restauración de la base de datos es posible a través de la información contenida en un fichero *"log"* o *"journal"*- que registra cada operación de actualización y, por tanto, el estado de cada transacción. A partir de *"log"* el sistema puede reconstruir la situación anterior al fallo, deshaciendo aquellas transacciones no concluidas en su totalidad o concluidas con error, y haciendo efectivas las transacciones terminadas satisfactoriamente.

¹⁸⁸ MORA MONTE, E., ALONSO MARTINEZ, M. y SANCHEZ ALVAREZ, L. (1.992): "Una modelización de programas de entrada-salida, con control de concurrencia, en bases de datos relacionales centralizadas". Actualidad Financiera nº 19 pags. 65-73

Si el fallo se produce en el medio de almacenamiento que registra la información de la base de datos y ésta queda parcialmente destruida, la reconstrucción requiere una copia de seguridad de la base de datos, referida a la situación anterior a la del error y, la utilización del fichero "log" con el registro de las incidencias del proceso de transacciones en el momento de la situación de error.

Los conflictos en los accesos "simultáneos" a la base de datos se controlan mediante el bloqueo de los datos implicados, para impedir su actualización "simultánea" por más de un usuario. Una posibilidad de control se establece, por ejemplo en el caso de una actualización, a partir del bloqueo de los datos implicados directamente en la operación de actualización, además de aquellos con los que están relacionados a través de alguna restricción definida en el conceptual de la base de datos. El desbloqueo de todos los datos, y por tanto su disponibilidad para cualquier usuario se produce inmediatamente después de finalizada la operación.

Cuando el acceso a la base de datos se produce a través de un programa de aplicación escrito en un lenguaje receptor, bien un lenguaje de programación convencional bien un lenguaje de programación propio del sistema administrador de bases de datos. La verificación del cumplimiento de los controles establecidos sobre los datos puede ser realizado, también, por el programa de aplicación. La consecuencia es un control exhaustivo de las restricciones impuestas a datos y accesos y la especificación en cada caso de las acciones correspondientes al no cumplimiento de aquellas.

Cuando el acceso se efectúa directamente a través del entorno que ofrezca el sistema administrador de la base de datos, los controles de integridad debe realizarlos el sistema, por lo que pueden no ser suficientes para la problemática que se está reflejando.

4.2 LAS BASES DE DATOS Y LA GESTION INTEGRADA DE DATOS EN LA EMPRESA.

Las bases de datos, como el conjunto de los datos referidos a un problema concreto, y la estructura que los organiza, junto con los sistemas administradores de bases de datos, como conjunto de programas que permiten su control, su almacenamiento persistente y su acceso eficiente, constituyen un sistema de proceso rápido, exacto y fiable, dirigido a la manipulación de grandes volúmenes de información.

La utilización de las bases de datos para el control eficaz de los procesos asociados a la gestión es una necesidad en empresas de cierto tamaño. Los avances en las prestaciones de los ordenadores y, paralelamente, del software orientado al procesamiento de datos, permiten abordar la compleja administración de un empresa en extensión, planteando la definición y utilización de aplicaciones que controlen los distintos aspectos de la gestión.

Un sistema administrador de bases de datos para permitir el diseño de una aplicación que integre los distintos aspectos de la gestión de la empresa, debe reunir ciertas características ¹⁸⁹ como son las de disponer de:

- a) Un modelo abstracto de datos que facilite al usuario el establecer la descripción de cada uno de los objetos diferenciados sobre los que se almacena información, las relaciones entre ellos, su semántica y restricciones.
- b) Un lenguaje de alto nivel para la manipulación de los datos que facilite la expresión de las operaciones de acceso.

El modelo de datos relacional propuesto por Codd en 1.970 ¹⁹⁰ es un modelo ampliamente usado en el diseño de las actuales bases de datos.

Una razón importante de la popularidad de este modelo, es la de soportar

¹⁸⁹ ULLMAN, J.D. (1.988): "Principles of Database and Knowledge-Base Systems" Volume I Computer Science Press. Maryland.

¹⁹⁰ CODD, E.F. (1.970) "A relational model for large shared data banks". En ULLMAN, J.D. "Principles of Database and Knowledge-Base Systems" Volume I Computer Science Press. Maryland.

un poderoso pero simple lenguaje declarativo en el que expresar las operaciones con los datos.

- c) El correcto proceso de transacciones que permita el acceso concurrente, a la base de datos, de varios usuarios a la vez.
- d) Controles de acceso a los datos para discriminar entre usuarios y controlar la validez de los datos. Es necesario, por un lado, prevenir accesos no autorizados y, por otro, proveer a los usuarios de medios para visualizar, en su caso, parte de los datos de la base sin necesidad de ver todo el conjunto.

El control de la validez de los datos requiere que el usuario establezca los requisitos, restricciones, que aquellos deben cumplir para mantener la integridad de la base de datos.

- e) Métodos de recuperación de datos ante errores o caídas del sistema. Ante cualquier fallo, tanto del ordenador como del sistema administrador de la base de datos, que implique pérdida de información de la base de datos, debe estar previsto un procedimiento adecuado de recuperación para restaurar la base de datos al estado anterior a la ocurrencia del fallo.

4.2.1 EL MODELO RELACIONAL DE DATOS

El modelo relacional de datos reúne las características asociadas a un eficaz sistema administrador de bases de datos. La base de datos, en el modelo relacional, se concibe como un conjunto de tablas, estableciéndose una correspondencia entre el concepto de tabla y el concepto matemático de relación del cual el modelo recibe su nombre.

Una relación se puede expresar matemáticamente como un subconjunto del producto cartesiano de una lista de dominios, entendiendo por dominio ¹⁹¹ el conjunto de

¹⁹¹ CODD, E.F. (1.986) "An Evaluation Scheme for Database Management Systems that are claimed to be Relational" International Conference on Data Engineering 2end. Computer Society Press. Los Angeles.

todos los valores válidos que puede tomar una columna de la tabla. Cada columna de la base de datos pertenece a un dominio y es de ese dominio de donde puede tomar valores. Distintas columnas de la base de datos pueden compartir un mismo dominio.

Al materializar una relación como una tabla, cada fila de la tabla se corresponde con una "tupla" de valores y cada columna con un componente de la lista de dominios. Las columnas de la tabla tienen un nombre asociado que se denomina *atributo*. El conjunto de nombres de atributos en una relación se denomina *esquema de la relación*. Así, una colección de esquemas utilizados para representar información se denomina *esquema relacional de la base de datos* y los valores actuales de las relaciones constituyen la base de datos relacional.

La creación del esquema relacional de la base de datos es una decisión del diseñador y consiste en definir las tablas que integra, los atributos que configuran cada tabla, la propuesta del atributo o atributos que determinan unívocamente cada fila -claves de unicidad-, y las restricciones entre relaciones. Esta es una tarea no trivial, que permite definir el esquema conceptual de la base de datos.

El modelo relacional incorpora un lenguaje de alto nivel para consulta, borrado, inserción y modificación de información. El SQL (Structured Query Language) es un lenguaje de consulta desarrollado por IBM, ¹⁹² que nació a partir de un sistema experimental de bases de datos conocido como Sistema R, y es actualmente un lenguaje ampliamente usado en las bases de datos comerciales. El lenguaje SQL incluye instrucciones para la definición de datos e instrucciones para manipulación de datos.

Un lenguaje de definición de datos permite al usuario establecer las especificaciones relativas a la estructuración de los datos y su acceso. Se utiliza, por tanto, en el diseño de la base de datos y en las modificaciones de ese diseño, pero no permite actuar sobre los propios datos.

¹⁹² ASTRAHAN, M. M. (1.976) "System R: a relational database management system". En ULLMAN, J.D. "Principles of Database and Knowledge-Base Systems" Volume I Computer Science Press. Maryland.

Una orden clave del lenguaje de definición de datos es la que permite crear una nueva relación. Es la orden: "CREATE TABLE R" seguida por la lista de atributos y sus correspondientes tipos de datos. En la orden R es el nombre de la nueva relación a crear. Se requiere una orden CREATE TABLE por cada una de las relaciones que integrarán la base de datos.

Las operaciones que afectan a los datos implican órdenes del lenguaje de manipulación de datos. Estas permiten llevar a cabo consultas, inserciones, borrados y modificaciones de los datos. Las operaciones de manipulación de datos se puede efectuar mediante la ejecución interactiva de las correspondientes órdenes o pueden incorporarse a un lenguaje de programación para su empleo desde una aplicación externa al sistema administrador de bases de datos. Se comentan a continuación, abreviadamente, las órdenes de manipulación de datos más importantes del lenguaje SQL.

La orden SELECT permite efectuar consultas al contenido de la base de datos. y se configura como la de más "potencia" del lenguaje. La forma más sencilla de su escritura es:

```
SELECT  Ri.A1,.....,Rj.Ar  
FROM    R1,.....,Rk  
WHERE   P
```

Donde R₁,.....,R_k es una lista de nombres de relaciones, y R_i.A₁,.....,R_j.A_r es una lista de referencias de componentes a obtener; la nomenclatura "R_j.A_i" identifica el atributo A_i de la relación R_j.

P es una expresión que establece condiciones para la consulta e incluye operadores lógicos AND, OR y NOT y operadores de comparación como, por ejemplo, =, <=, >=.

La inserción de nuevas filas, "tuplas", en una relación se realiza a través de la orden INSERT. Una forma de escritura de esta orden es:

INSERT INTO R
VALUES (v_1, \dots, v_k)

Donde R es el nombre de una relación y v_1, \dots, v_k es una lista de valores de los atributos de R. Para la sintaxis expresada los atributos tienen una determinada ordenación que se corresponde con la mencionada en la instrucción de creación de la relación. Los valores son asumidos y se corresponden con los atributos en ese mismo orden.

El borrado de filas se especifica mediante la orden DELETE con la siguiente forma de escritura:

DELETE FROM R
WHERE P

Donde R es un nombre de relación y P es la expresión que establece la condición de borrado. El efecto de la orden es, producir el borrado de cada fila de la relación R que verifique como cierta la condición.

Una orden de modificación presenta, en su aspecto más sencillo, las siguientes características:

UPDATE R
SET $A_1 = \beta_1, \dots, A_K = \beta_K$
WHERE P

Donde, R es una relación a la que pertenecen las filas a modificar, P es la expresión que establece la condición de modificación, y los cambios se indican en la cláusula SET. Por cada fila que satisface la condición P se sustituye el componente A_i por β_i donde los A_i son nombres de atributos y los β_i son expresiones, que una vez evaluadas se asigna su resultado como nuevo valor del atributo.

El control de transacciones es otra característica importante de los sistemas administradores de bases de datos. Ese control se plantea como necesario en aquellos

procesos de bases de datos con posibilidad de acceso concurrente para actualización de información ¹⁹³.

Una operación de actualización de datos pueden implicar un número determinado de operaciones de inserción, modificación, borrado o consulta sobre una o más tablas de la base de datos. Para asegurar la consistencia de la base de datos y eludir información incompleta o contradictoria, es necesario asegurar la ejecución completa de todas las instrucciones implicadas en el proceso. El control de transacciones pretende que las complejas operaciones que puede integrar una actualización aparezcan como atómicas, implicando la correcta ejecución de todas sus instrucciones o bien, en caso de fallo, de ninguna de ellas.

Los fallos en el sistema informático pueden ser debidos a errores en la ejecución de alguna de las instrucciones de la transacción, errores del sistema administrador de la base de datos o paradas, voluntarias o involuntarias, del ordenador. En los tres casos, la anomalía o paralización puede producirse en un punto intermedio del proceso, lo que conduciría a un resultado incorrecto y, por tanto, a un estado de inconsistencia de la base de datos. Una transacción no terminada correctamente no debe afectar al estado de la base de datos. Por tanto, el contenido de la base de datos debe restaurarse a la situación en que estaba en el momento de iniciarse la ejecución de la transacción.

Una transacción está ejecutada si se completó correctamente. Una transacción ejecutada realiza actualizaciones y transforma la base de datos a un nuevo estado consistente. El efecto producido en la base de datos por una transacción ejecutada sólo puede anularse escribiendo y ejecutando una transacción compensadora.

Una transacción ha de estar en uno de los siguientes estados:

- a) Activa, es decir, iniciada.
- b) Parcialmente ejecutada, después de comprobar la última instrucción. Durante el proceso, de activa a parcialmente ejecutada, las filas afectadas por actualizaciones se bloquean para impedir su acceso por otros usuarios.

¹⁹³ Varios programas o diferentes ejecuciones del mismo programa acceden simultáneamente a la base de datos con posibilidad de realizar operaciones de lectura y escritura sobre su contenido.

- c) Fracasada, después de descubrir que no se puede seguir con la ejecución normal.
- d) Abortada, después que la transacción haya "retrocedido" y la base de datos quede en el estado que tenía antes de iniciarse aquélla.
- e) Ejecutada, cuando ha terminado correctamente.

La relación entre los distintos estados se establece en la Figura 23 ¹⁹⁴

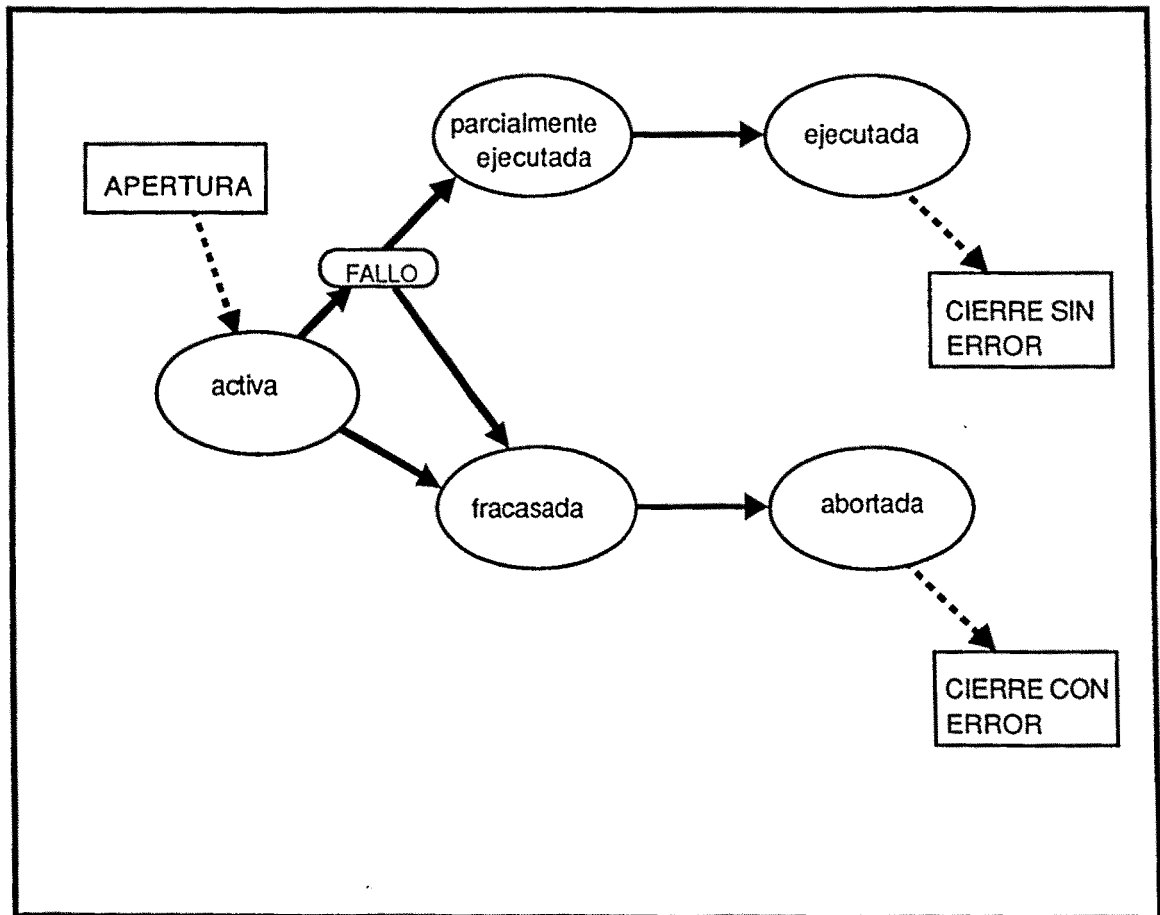


Fig. 23. Estados de una transacción.

¹⁹⁴ MORA MONTE, E., ALONSO MARTINEZ, M. y SANCHEZ ALVAREZ, L.(1.992): "Una modelización de programas de entrada-salida, con control de concurrencia, en bases de datos relacionales centralizadas". Actualidad Financiera N° 19 pags. 65-73

Para el control de transacciones los lenguajes de manipulación de datos, como el SQL, disponen de instrucciones que se corresponden con las operaciones de: apertura de transacción, cierre de transacción sin error y cierre de transacción con error.

El marcar con una instrucción el inicio de una transacción, normalmente una orden BEGIN, provoca el automático y progresivo bloqueo de las filas afectadas por instrucciones de inserción, borrado o modificación, a medida que se produce la ejecución de éstas instrucciones en la transacción.

El cierre de la transacción sin error, identificado normalmente por una orden COMMIT, produce el desbloqueo de las filas bloqueadas en la transacción que se cierra, además de producir en la base de datos los cambios previstos.

El cierre de la transacción con error, normalmente una orden ROLLBACK, provoca la "restitución" de las filas afectadas a la situación previa al inicio de la transacción y, posteriormente, el desbloqueo de las mismas.

En el proceso de transacciones es usual disponer de una herramienta que asegure la protección, contra pérdida de datos, en caso de producirse fallos en el sistema. Se trata de la utilización de un registro permanente, -un fichero LOG-, que almacena todos los cambios producidos en la base de datos, además de almacenar el estado de cada transacción. Es la herramienta en la que se apoya el sistema para reconstruir la base de datos en caso de error.

Los fallos en el sistema informático pueden no ser la única causa de pérdida o alteración no deseada de la información contenida en la base de datos. El sistema administrador de la base de datos debe proveer, también, facilidades al usuario para impedir, por ejemplo, accesos no autorizados, destrucción o alteración indebida de la información y la introducción accidental de inconsistencias.

Uno de los pilares en los que se apoya la seguridad de una base de datos es la posibilidad de establecer controles de acceso a los usuarios. Estos controles admiten que diferentes usuarios puedan tener diferentes derechos sobre distintas bases de datos o sobre diferentes partes de una misma base de datos. Estos derechos pueden incluir, a su

vez, el acceso a determinadas operaciones de manipulación de datos. El método más común de identificación de usuarios es la asignación de una clave "password".

Los lenguajes de manipulación de datos disponen de instrucciones adecuadas para asignar permisos de acceso y de operación a usuarios identificados de la base de datos. En SQL la instrucción GRANT establece las condiciones de acceso a una tabla. Los posibles privilegios son WRITE, que incluye las operaciones de inserción, borrado, y modificación de datos y READ que permite solo el acceso para consultas. La correspondiente instrucción para revocar privilegios de acceso es la orden REVOKE.

Los esquemas externos, vistas, son también un mecanismo de protección de la base de datos. La protección se efectúa ya en su creación, al indicar la porción de la base de datos accesible al usuario. Pero también es posible definir para una vista las mismas limitaciones de acceso ya comentadas para una tabla.

Por otra parte, el establecimiento de restricciones de integridad a los datos son una forma de asegurar que los cambios realizados en la base de datos, por usuarios autorizados, no van a conducir a una inconsistencia de la información.

Básicamente, hay dos tipos distintos de restricciones de integridad: estructural y la definida sobre los valores almacenados. El primer tipo, concierne a la estructura de la base de datos y puede, a su vez, subdividirse en restricciones de unicidad y otras restricciones estructurales. Las restricciones de unicidad, por su importancia, tienen un tratamiento aparte, y permiten controlar la no duplicidad de los atributos definidos como claves de unicidad en una tabla. Entre las otras restricciones estructurales, se pueden mencionar las de jerarquía, exclusión, etc.

Un segundo tipo de restricciones de integridad, concierne a los valores actuales almacenados en la base de datos. Normalmente, se orientan a restringir los posibles valores de un atributo dentro de algún rango, o a expresar una relación aritmética entre atributos.

Por último, el sistema administrador de la base de datos debe incluir algún procedimiento de recuperación que, en caso de fallo del sistema de proceso de

información, permita detectar éste y restaure la base de datos al estado anterior al de ocurrencia del fallo.

Los fallos del sistema de proceso de información con el que se trabaja, pueden ser debidos a diferentes causas: errores lógicos, caídas del sistema, fallo de algún elemento de almacenamiento secundario. La recuperación de la base de datos al estado anterior al de ocurrencia del error, tiene un punto de referencia importante en la información almacenada en el fichero LOG, ya comentado en el proceso de transacciones.

4.2.2 UNA PROPUESTA DE INTEGRACION DE DATOS EN LA EMPRESA.

La propuesta de integración de gran parte de los datos disponibles e internos a la empresa, mediante una única aplicación, tiene interés para ésta si la aplicación garantiza ciertas características básicas de funcionamiento. Bajo el supuesto inicial, de un correcto diseño informático de la estructura de datos, son características a destacar:

- a) **Fiabilidad, asegurando respuestas correctas del proceso de ejecución.**

La confianza en el buen funcionamiento de la aplicación se refuerza, si ésta es capaz de:

- * **LLevar a cabo un control automático de la validez de los datos, a través del establecimiento de las restricciones apropiadas sobre los mismos.**
- * **Realizar el mantenimiento automático, de los datos a partir de su utilización. La ejecución de cualquier operación de manipulación de datos, debe dar lugar automáticamente a las actualizaciones necesarias sobre el resto de datos implicados.**
- * **Permitir su acceso y operación sólo a usuarios reconocidos.**

- b) **Facilidad de utilización por el usuario.**

La aplicación debe establecer una comunicación amable con el usuario, lo que se consigue mediante un entorno de trabajo construido a partir de

pantallas, y ventanas superpuestas sobre las pantallas, y cuya gestión corresponde a un programa que se comunica con el usuario a través de secuencias de control -teclas de función-, menús, y campos de entrada-salida. Con éste objetivo se aplica:

- * El orientar en su manipulación a los usuarios mediante información suficiente, facilitándoles la tarea de su utilización mediante documentación escrita y ayudas interactivas en la aplicación.
 - * El admitir complejas consultas a su contenido, incluso consultas no programadas mediante acciones directas.
- c) Acceso controlado a la aplicación por parte de las distintas secciones administrativas de la empresa.

El servicio que debe prestar la aplicación debe extenderse, con acceso concurrente, a todas las secciones administrativas de la empresa interesadas en los datos que contiene. Mostrándose selectiva al permitir el acceso y la manipulación de información útil a los distintos usuarios.

Los beneficios que la empresa puede obtener de la integración de datos son entre otros:

- a) Asegurarse datos actualizados no redundantes evitando, así, incoherencias entre los datos.
- b) Agilidad operativa en los niveles de gestión de utilización de la información.
- c) Empleo concurrente de información completa y accesible por las distintas áreas administrativas de la empresa.
- d) Disponer de información integrada a los niveles de gestión que alcanza la aplicación.

Se propone un ejemplo de aplicación en el que se integran los siguientes subsistemas de información: contabilidad, control presupuestario, personal, almacén y compras, proveedores y clientes. En el diseño y creación de la estructura de datos, punto de partida de la aplicación, se toma como base el modelo relacional de datos, implicando

en esa tarea de diseño la definición de los atributos, la definición de la estructura de tablas, la definición de los atributos clave, y el establecimiento de los enlaces entre tablas.

Las Figuras 24 y 25 muestran el resultado del diseño de la base de datos de la aplicación.

Las tablas, que la constituyen, se representan mediante rectángulos identificados por su nombre. Los enlaces entre tablas se indican mediante líneas orientadas que expresan una relación de dependencia entre las dos tablas que unen. La orientación se corresponde con una relación jerárquica (restricción) "padre-hijo" que apunta en la dirección de la tabla hijo. Las flechas que incorporan un círculo blanco indican, la admisión de valores nulos en el atributo o atributos, de la tabla hijo, por los que se establece el enlace. Por último, la conexión entre las tablas de ambas figuras, se produce a través de conectores identificados mediante una letra.

Las operaciones de proceso dan al usuario final una visión parcial de la base de datos, en función del entorno de trabajo en el que aquél actúe, y le permitirán, de acuerdo con su identificación, llevar a cabo operaciones de altas, bajas y modificaciones sobre los datos de su interés, además de, realizar consultas programadas a la base de datos.

Todas las operaciones mencionadas se canalizan, normalmente, a través de menús y pantallas interactivas que en distintos grados de detalle muestran o solicitan del usuario la información necesaria para llevar a cabo la operación indicada.

Los listados, con información más general, y los informes escritos, sobre ciertos contenidos de la base de datos, se solicitan, también, a través de menús apropiados y las correspondientes opciones ofrecidas.

La previsión de procesos especiales, normalmente operaciones poco frecuentes, y de operaciones diferidas, de efecto no inmediato sobre aquélla, se contemplarían también en la aplicación y darían respuesta, por ejemplo, a operaciones de control de ruptura de "stocks" generando la correspondiente orden de compra o, a operaciones de verificación previa de datos, como en el caso de recepción de facturas de proveedores.

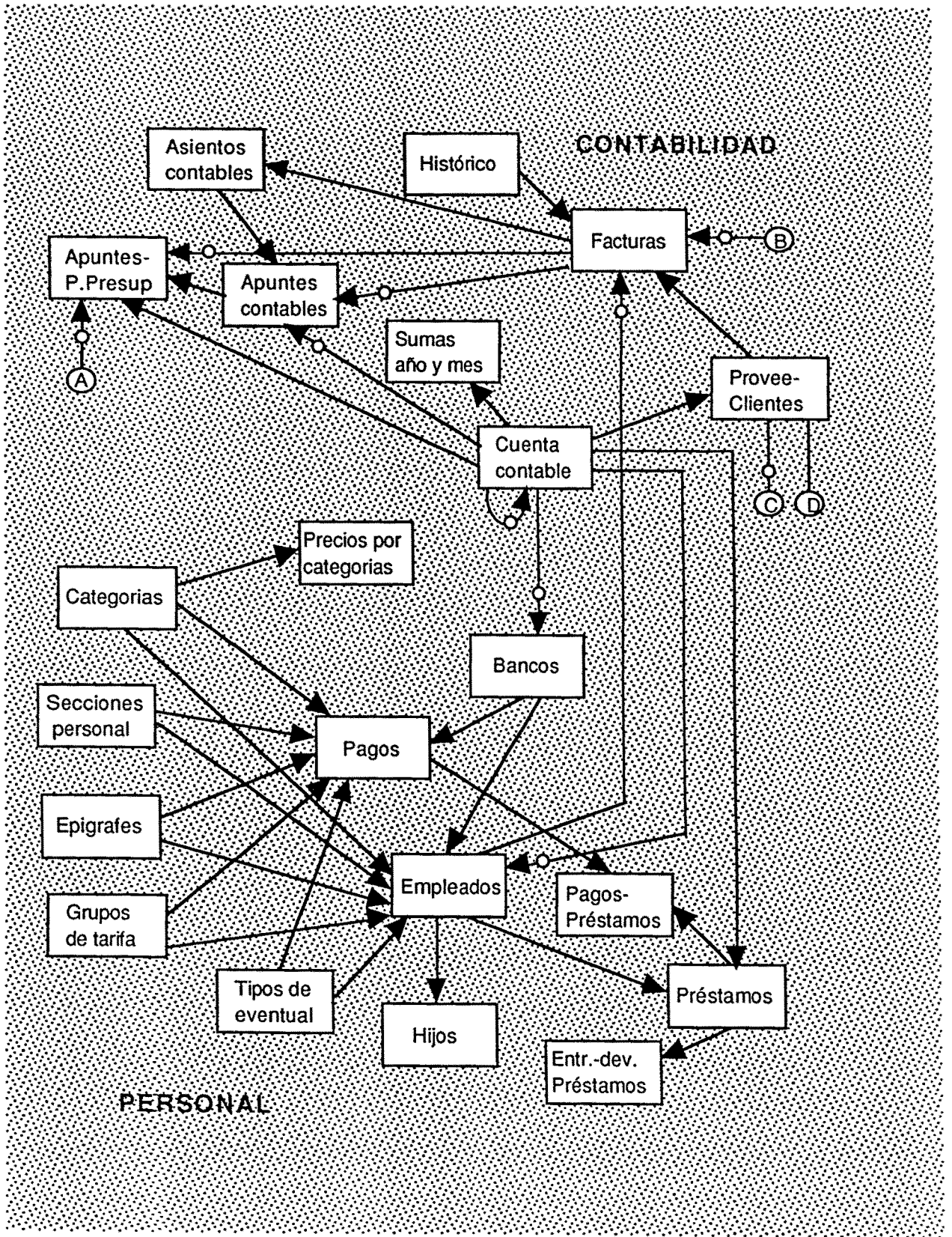


Fig. 24. Esquema de tablas y subsistemas

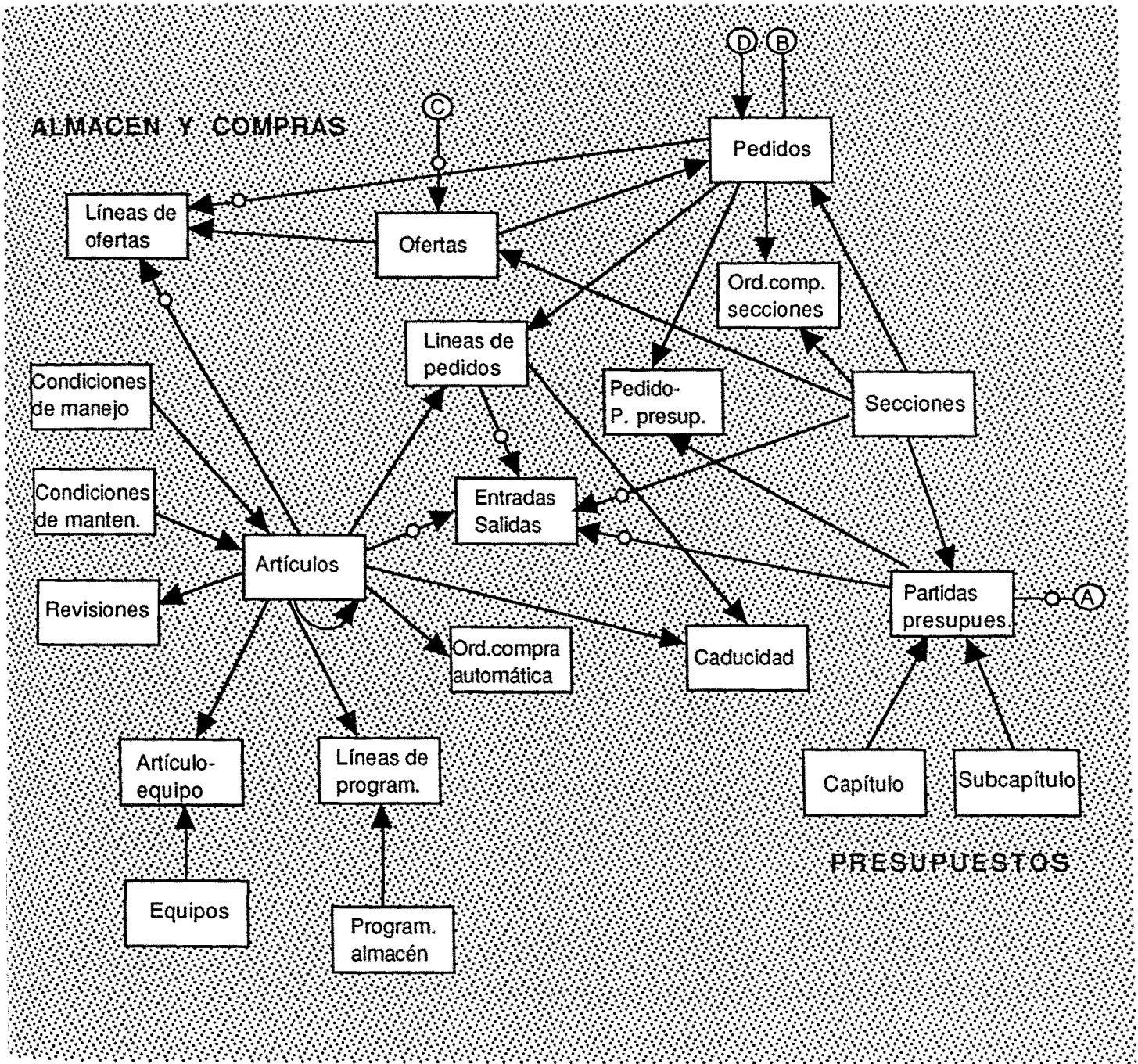


Fig. 25. Esquema de tablas y subsistemas.

La programación de una aplicación que integre los distintos aspectos de la gestión de una empresa, conduce a procesos ágiles y seguros que evitan gran parte de la duplicidad de la información en la empresa que podría darse en el caso de aplicaciones aisladas, evitando, así, errores consecuencia de la redundancia de datos.

Es importante, todavía, resaltar un aspecto más de los procesos sobre bases de datos: la posibilidad de realizar operaciones no programadas. Normalmente, las operaciones no programadas se corresponden con consultas a la base de datos, por el difícil control de los efectos inducidos que las operaciones de actualización provocan sobre las distintas tablas de la base de datos.

Aunque limitados a operaciones de consulta, estos accesos directos no programados requieren, del usuario, un especial conocimiento tanto del sistema administrador de la base de datos como del esquema de datos con el que trabaja la aplicación, además de contar con los permisos de acceso pertinentes.

Es el sistema administrador de la base de datos el que ha de permitir ese acceso no programado a la base de datos. Las operaciones son controladas directamente por el sistema y se pueden plantear, por ejemplo, utilizando el lenguaje de manipulación de datos integrado en aquél, como sucede en el lenguaje SQL a través de la instrucción SELECT, o bien, utilizando alguna otra facilidad, para construir la pregunta, disponible en el entorno de trabajo del sistema.

En la Figura 26 se muestra un ejemplo de utilización de pantallas para la manipulación directa de una tabla de la base de datos. La pantalla ha sido creada con HyperCard, herramienta que incorpora el entorno de trabajo de ORACLE, un sistema administrador para bases de datos relaciones que emplea el lenguaje SQL como estándar para la manipulación de datos.

La Figura muestra, en la parte superior, la identificación de la tabla en la base de datos y, a continuación, los atributos -campos- definidos en la misma. La tabla recoge información histórica sobre las ventas de una empresa, registrando el importe de las mismas en cada mes, y en los distintos años. Esta información se obtiene,

automáticamente, a partir de los datos sobre facturación que la empresa obtiene cada mes.

The screenshot shows a web application window with the title "HISTORICO_VTAS". At the top left is a home icon. Below the title is a search form with four input fields labeled "ANO", "MES", "IDENTIF.", and "VENTAS". At the bottom of the window is a navigation bar with five icons: "Log on" (a person icon), "SELECT" (a hand cursor icon), "INSERT" (a downward arrow icon), "UPDATE" (a circular refresh icon), and "DELETE" (a trash can icon). A "Clear Fields" button is also present on the right side of the navigation bar.

Fig. 26 Pantalla de manipulación de datos.

En la parte inferior se presentan los *iconos* ¹⁹⁵ que indican operaciones de manipulación de datos disponibles. Son las operaciones correspondientes a las instrucciones SQL: SELECT, INSERT, UPDATE y DELETE. Además de la opción "Clear Fields" para limpiar los campos de pantalla de datos, y la opción "Log on" para la identificación del usuario y, por lo tanto, sus permisos de acceso al contenido de la base

¹⁹⁵ Representación gráfica de algún objeto o proceso disponible.

de datos. Los iconos correspondientes al cursor y, final de la sesión de trabajo se muestran, también, en pantalla.

El ejemplo de utilización de pantallas ofrecido en la Figura 27 corresponde a una pantalla de manipulación de datos gestionada a través de un programa de aplicación. El programa mediante opciones de menú controla las operaciones necesarias para añadir nuevos datos a la tabla, consultarlos, modificarlos y borrarlos. La pantalla de la figura se ha elaborado desde el entorno de programación ofrecido por el sistema administrador de bases de datos INFORMIX.

MENU: Alta Codig **Selec** Modif Borra Volver
Localiza según condiciones.

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Fecha 01-10-1992
HISTORICO

Fecha de Venta : [grid]
Identificador Venta : [grid]
Importe de la Venta : [grid]

Fig. 27 Pantalla de manipulación de datos integrada en un programa

4.3 INTERACCION DE LOS SISTEMAS EXPERTOS Y BASES DE DATOS.

El desarrollo de un sistema experto puede requerir la utilización de datos que, estando disponibles, no han quedado formalizados en una estructura que se corresponda a la diseñada para el sistema experto. Una forma correcta de estructuración de datos se consigue mediante las Bases de Datos. La posibilidad de integrar selectivamente los

datos de una base de datos en un sistema experto, o la utilización de un sistema experto para optimizar el acceso y actualización del contenido de una base de datos, son aspectos relevantes y de trascendencia en el desarrollo tanto de los sistemas expertos como de las bases de datos.

Desde el punto de vista de un sistema experto, el acceso al conjunto de información almacenada en una base de datos existente, puede ampliar de modo importante el alcance de su aplicación, en la medida que la información está adecuadamente formalizada, es fiable y está debidamente actualizada. Por otra parte, el programa puede utilizar la base de datos para almacenar información que podría ser recuperada, en un proceso posterior, por el mismo programa o por cualquier otro que pueda acceder al contenido de aquella.

Desde el punto de vista de un Sistema Administrador de Bases de Datos el incorporar un sistema experto a su operatoria puede incidir en aspectos relevantes del proceso, destacando por ejemplo:

- a) Mejorar la comunicación entre el usuario y la base de datos estableciendo una interface próxima a aquél. En este sentido, un ideal de comunicación con una base de datos sería emplear el mismo lenguaje que el usuario utiliza profesionalmente, evitando las limitaciones de los lenguajes de manipulación ¹⁹⁶.
- b) Facilitar al usuario las solicitudes de acceso a la base de datos optimizándolas.

En la optimización de consultas los sistemas expertos pueden aportar conocimiento heurístico para controlar restricciones, referidas tanto al valor de un determinado atributo como a los enlaces entre relaciones en casos particulares ¹⁹⁷, o planear los accesos a la base de datos en orden a

¹⁹⁶ El sistema experto KLAUS desarrollado en 1.980 por Haas y Hendrix del SRI International, es un intento de asistir al usuario como interface entre éste y los recursos del sistema.

¹⁹⁷ El sistema experto QUIST desarrollado por King en 1.981, utiliza restricciones semánticas sobre la información contenida en la base de datos para mejorar la ejecución de consultas.

minimizarlos ¹⁹⁸. El objetivo es la realización de accesos eficientes con reducción del coste de ejecución de las consultas, principalmente en aquellas consultas complejas en las que intervienen múltiples relaciones.

- c) Definir estructuras de datos y ampliar el control sobre los datos almacenados a través, por ejemplo, del proceso automático de restricciones.

Se plantea el utilizar los esquemas de representación de conocimiento de los sistemas expertos para registrar información acerca de la estructura de la base de datos.

- d) Generar nueva información, ampliando el esquema de base de datos para admitir la representación de información elaborada obtenida, por ejemplo, como consecuencia de una consulta y dotar, de esta forma, al sistema administrador de bases de datos de la capacidad de realizar inferencias sobre el contenido de la base de datos y conservarlas. En éste sentido, son numerosas las propuestas de incorporar capacidades deductivas a las bases de datos, para el proceso de consultas ¹⁹⁹.

4.3.1 RELEVANCIA PARA LA EMPRESA.

A partir del empleo extensivo de los ordenadores en la empresa -principalmente microordenadores en las etapas iniciales-, la natural evolución en su utilización ha planteado nuevos retos que involucran las comunicaciones, la conectividad, los datos compartidos, y los procesos distribuidos. Dar solución a los problemas mencionados concierne tanto al diseñador de programas como al diseñador de máquinas, que deberán tener capacidad de integrarse en un entorno que presenta variedad de elementos y que precisa, al mismo tiempo que comunicación una integración entre ellos.

¹⁹⁸ El sistema DBAP desarrollado ya por Furakawa en 1.977, se plantea una optimización sintáctica de las consultas a la base de datos, que enlazan con la estructura de ésta.

¹⁹⁹ A destacar los trabajos de: SHAW, D. E. (1980) "Knowledge-based retrieval on a relational database machine" y CHANG, C.L. (1978) "DEDUCE 2: Further investigations of deduction in relational databases" En BARR, A. y FEIGENBAUM, E. "The Handbook of Artificial Intelligence" Volume II William Kaufmann, Inc. Massachusetts

En este contexto, se sitúan los procesos de integración de sistemas expertos y bases de datos. La capacidad del empleo compartido, por las nuevas aplicaciones, de los datos y programas que la empresa tiene implantados y que utiliza habitualmente, es un objetivo que interesa a la empresa. Las ventajas de disponer de procedimientos estándar son importantes en todos los procesos y, en este campo, adquieren una relevancia significativa.

Muchos de los primeros desarrollos de sistemas expertos se han implantado y han funcionado aisladamente, al margen del resto de aplicaciones disponibles y en uso en la empresa. La consecuencia era la falta de conectividad entre el sistema experto y el resto de aplicaciones. Así, la información requerida en el proceso inferencial de búsqueda de la solución, era proporcionada por el usuario mediante el teclado, a pesar de tratarse, en ciertos casos, de información almacenada y procesada habitualmente por la empresa. La no accesibilidad a la información disponible, por las aplicaciones aisladas de sistemas expertos, suponen una limitación a su desarrollo en el ámbito de la empresa.

Un intento de integración lo constituyen aquellos sistemas que permiten el almacenamiento previo de la información a procesar utilizando de una representación específica. Esta forma de actuar exige, que los datos que la empresa tiene organizados en una determinada estructura, normalmente gestionada por un sistema administrador de bases de datos, se reescriban por el usuario utilizando un esquema accesible al sistema experto. Esta forma de integración es adecuada si los datos a procesar son escasos y relativamente estáticos. Los problemas en su utilización se presentan al usuario cuando se implican, en el proceso, datos que requieren frecuente actualización, por la necesidad de reescribirlos de nuevo.

Un paso más en la integración corresponde a los sistemas capaces de intercambiar datos con otras aplicaciones. En este entorno, el sistema experto incorpora la posibilidad de solicitar datos directamente al sistema administrador de bases de datos y, en su caso, actualizarlos. El proceso se realiza incorporando al sistema experto las

instrucciones que le permitan enlazar con aquéllas de manipulación de datos integradas en el sistema administrador, de uso habitual en la empresa

Por último, en un supuesto más sofisticado de integración, cabe la posibilidad de acceso directo a los datos contenidos en ficheros existentes y creados según esquemas de representación ajenos a los sistemas expertos. El acceso se produciría, en este caso, directamente a los ficheros de bases de datos ya creados tomando la información allí contenida sin ningún tipo de conversión previa. En este supuesto el conocimiento almacenado en las estructuras de bases de datos habituales en la empresa formaría parte, también, del conocimiento disponible al experto. Este planteamiento supone un paso importante respecto a la accesibilidad de los datos manejados por la empresa desde distintas aplicaciones y evita los procesos laboriosos, normalmente sujetos a errores, de cambio de formato de los datos o conversiones previas de los mismos, con el consiguiente ahorro de tiempo de proceso y disminución en la comisión de errores.

4.3.2 EL PROCESO DE INTERACCION. ETAPAS.

Los requerimientos de acceso del sistema experto a información almacenada y disponible en la empresa es una decisión relevante en el diseño y definición de la base de conocimiento del sistema. Esta debe mostrar la necesaria flexibilidad para permitir la integración de información externa en el esquema de conocimiento decidido.

El proceso de utilización de información externa al sistema experto, se puede dividir en las siguientes etapas:

- a) Decidir sobre la necesidad de su acceso.

Las bases de datos, como experimentadas herramientas de almacenamiento y gestión de datos, permiten asegurar la eficacia en el almacenamiento y acceso a información actualizada. Esta puede ser especialmente valiosa cuando registra información sobre el contexto en el que el sistema experto debe operar.

Las ventajas para el sistema son evidentes, ya que se facilita su comprensión y modificación, pues al estar separados el razonamiento, representado por el conjunto de reglas, y los datos sobre los que opera, su actuación es más eficiente si están almacenados en una base de datos.

Las condiciones de seguridad de los datos y el compartir información con otras aplicaciones integradas en los procesos habituales que lleva a cabo la empresa, son características importantes a tener en cuenta en la decisión de interacción. Las bases de datos disponen de mecanismos para garantizar la seguridad y confidencialidad de los datos, así como para organizar los accesos simultáneos de distintos usuarios o aplicaciones.

b) Decidir la selección de datos.

La información a compartir es dependiente del problema que recoge el sistema experto. Generalmente la información necesaria no será el contenido total de la base de datos, sino una selección de los datos requeridos por la aplicación. Obtenidos a partir de búsquedas selectivas al contenido de la base de datos.

c) Preparar el acceso.

Las bases de datos y los sistemas expertos funcionan separadamente, por lo que su interacción requeriría su puesta en contacto. Por tanto, la interacción tiene lugar entre dos procesos independientes. El sistema administrador de base de datos controla un proceso al cual el sistema experto accede para la realización de operaciones de manipulación de datos. El sistema administrador de bases de datos gestiona la operación y en el caso de una consulta, envía la información seleccionada al sistema experto.

El proceso en una base de datos relacional, como es ORACLE, se realiza en dos etapas: en la primera, se crea una tabla virtual con el contenido de todos los registros afectados por la consulta o por la actualización,

operación que puede implicar complejos procesos de selección y actualización. A continuación, los registros se recuperan o actualizan a partir de esa tabla virtual.

La interacción entre el sistema experto y la Base de Datos debe ser dinámica -es posible más de una operación-, flexible, y capaz de seguir el proceso de inferencia

La flexibilidad en la interacción aparece a diferentes niveles:

- * Las consultas y actualizaciones las provoca el proceso de razonamiento y se llevarán a cabo dependiendo de los resultados de inferencias previas.
- * Los accesos pueden realizarse sobre valores procesados previamente por el sistema.
- * Los datos obtenidos como resultado de las consultas a la base de datos pueden incorporarse a la base de conocimiento sin necesidad de su definición previa. La cantidad de datos procesados puede variar de una sesión a otra dependiendo del criterio de selección empleado en cada una de las consultas.

d) Producir la conexión.

La conexión entre el sistema experto y la base de datos se produce básicamente de dos formas: o las reglas incluyen, tanto sus condiciones como en sus acciones, las instrucciones de acceso a la base de datos, o el contenido de la base de datos se toma como fuente de información y se incorpora directamente a la base de hechos del sistema experto.

En el primer caso, cuando la instrucción de enlace forma parte de la regla, la interpretación de la instrucción de acceso se produciría por el sistema administrador de base de datos:

- * Si está en la acción se ejecuta cuando se aplica la regla.

- * Si está en una condición se efectúa si las anteriores condiciones evaluadas han resultado ciertas.

Cuando se pretende que la información forme parte de la base de hechos del sistema, es necesario que la instrucción de enlace se ejecute antes de utilizar la información solicitada en el proceso de razonamiento. La información incorporada a partir de la base de datos accedida se evalúa posteriormente cuando las reglas son procesadas.

4.3.3 INTERACCION APLICADA AL MODELO DE DECISION.

El modelo de decisión propuesto se sirve, para la realización del proceso de inferencia, de información actual e histórica sobre la cifra de ventas de una empresa. Es ésta una información disponible para la empresa y, en el supuesto que sigue, almacenada en una base de datos cuya estructura de tablas es la de las Figuras 24 y 25

En la definición de base de datos se pretende integrar diversa información de gestión, que incluye datos sobre la facturación de la empresa e información histórica sobre su cifra de ventas. Esa información, está accesible por el sistema experto y se incorpora al proceso de toma de decisiones. Así, por ejemplo, la decisión de ampliar la inversión de la empresa, en el modelo de sistema experto propuesto, se llevará a cabo si durante los últimos cinco años las ventas anuales se han incrementado en un 50 por 100. Los rendimientos esperados de las distintas decisiones de inversión están, también, calculados en función del volumen anual de ventas. Valorándose, por ejemplo, el rendimiento de apertura de sucursal en un 25 por 100 sobre la cifra anual de ventas.

La base de datos se constituye, así, en fuente de información para el sistema experto y los datos implicados en elementos que intervienen en la toma de decisión. Se plantea, por tanto, un proceso de interacción entre la base de datos, que almacena información de gestión, y el sistema experto que accederá selectivamente a su contenido para utilizar aquélla en los procesos de inferencia.

La interacción se limitará a operaciones de acceso dirigidas, selectivamente, a la tabla de base de datos que registra los acumulados de las ventas. Una información que se obtiene y almacena automáticamente cada mes a partir de la cifra de facturación. Las columnas de la tabla identifican el año, el mes, el identificador de venta o compra y la cifra de ventas. La restricción de unicidad se controla definiendo índice único sobre las columnas: indicador, año y mes. De ese modo, se asegura una entrada única en la tabla, por cada valor distinto de la terna indicador-año-mes.

El proceso de conexión exige concretar el modelo de base de datos con el que se trabaja. En el caso desarrollado, se trata del modelo relacional de datos y concretamente la base de datos ORACLE para entornos Macintosh. El lenguaje de definición y manipulación de datos que integra ORACLE es el lenguaje SQL estándar, y las operaciones a realizar se corresponden, en este caso, con operaciones de acceso al contenido de la base de datos, traducidas en la ejecución de instrucciones SELECT de consulta de datos.

El acceso a la base de datos para obtener las cifras mensuales de ventas del último año, se produce a través de la instrucción SELECT siguiente:

```
SELECT  VENTAS
FROM    HISTORICO
WHERE   INDICADOR = "V"
          AND      ANIO = 1991
          AND      MES  BETWEEN 01 TO 12.
```

La ejecución de la instrucción es un acceso selectivo a la base de datos. De la tabla "HISTORICO" sólo se seleccionan las filas de ventas correspondientes a los doce meses del año 1.991. En este supuesto, el número de filas seleccionadas será de doce, puesto que la definición de la tabla exige una anotación por año y mes. La única columna a la que se accede contiene el dato de la cifra mensual de ventas en los doce meses del año, información que utilizará el sistema experto para calcular la cifra anual de ventas del año 1.991.

Las normas de escritura de la instrucción SELECT obligan a indicar la lista de columnas a las que se accede, en la cláusula FROM se cita la lista de tablas a las que pertenecen las columnas mencionadas, mediante la cláusula WHERE se establecen las condiciones que discriminan las filas implicadas en el acceso. Sólo aquéllas que verifican las condiciones establecidas en la cláusula son seleccionadas.

La interpretación y ejecución de las instrucciones de acceso o actualización corresponde al sistema administrador de base de datos, en éste caso ORACLE. El sistema experto debe, por tanto, habilitar algún procedimiento que admita la codificación de la instrucción de manipulación adecuada, transmita esa información al sistema administrador de bases de datos y reciba la correspondiente respuesta de ejecución.

La información contenida en la base de datos se obtiene o se actualiza durante el proceso de inferencia. En NEXPERT, la búsqueda y, en su caso, la obtención de la información se lleva a cabo mediante el operador RETRIEVE. Las operaciones de actualización se efectúan mediante el operador WRITE.

La interacción entre base de datos y sistema experto se produce en NEXPERT con cierta flexibilidad, lo que permite distintas estrategias de actuación. Tres estrategias son básicas:

a) Agrupación de transacciones.

Es la estrategia por defecto. Es el caso de una consulta dirigida a un conjunto de filas o a todas las filas de una tabla, como el del ejemplo anterior. Las filas se procesan mediante una única sentencia RETRIEVE o WRITE.

En una consulta, las filas seleccionadas se corresponden con objetos de una clase. El objeto representará a la fila en la memoria de trabajo de NEXPERT. Las propiedades del objeto se corresponden con las columnas de las filas seleccionadas y los valores de las columnas se asignan como valores de las propiedades del objeto.

El caso de actualizaciones agrupadas es similar al de consultas. Todos los objetos que pertenecen a una clase son actualizados en la Base de Datos. Una agrupación de actualizaciones puede añadir, también, nuevas tablas a la base de datos. Esto es usual, cuando el proceso de razonamiento crea objetos directamente -orden CREATE OBJECT- para representar, por ejemplo, situaciones o conclusiones. Estos objetos pueden ser almacenados en la base de datos y localizados más tarde por otro módulo de razonamiento.

Una operación de actualización puede modificar una tabla de la base de datos o crearla. La creación de tablas en una base de Datos relacional no está normalmente soportada, porque las operaciones con el contenido de una base de datos relacional están limitadas a operaciones de manipulación de datos.

b) Transacciones secuenciales.

En una consulta secuencial, las filas se localizan una a una. Los valores de las columnas se transfieren como valor de propiedades de objetos que ya existen. Normalmente, cuando una fila ha sido procesada los resultados, en caso de actualización, se escriben en la base de datos y se localiza la siguiente fila para volver a disparar las reglas para el nuevo conjunto de valores. En ORACLE no está implantada esta posibilidad de actualización secuencial, que puede ser sustituida por una operación de actualización atómica.

En las transacciones secuenciales se hace, normalmente, necesario realizar operaciones de "reset" sobre los datos. Son operaciones de reinicialización de los datos e hipótesis que intervienen en el proceso, de tal modo, que todos ellos se procesen a partir de las mismas condiciones iniciales.

Las transacciones secuenciales conllevan una cascada de localizaciones y actualizaciones. En el caso de localizaciones, el proceso sería el siguiente: durante la primera operación de localización, se inicia la transacción y la primera fila es seleccionada, asignando los datos como valor a las correspondientes propiedades del objeto con el que se relaciona. En las siguientes localizaciones se repite el proceso anterior para, finalmente, cuando todas las filas han sido procesadas, liberar los recursos requeridos por la transacción. La información necesaria para controlar el estado de una transacción como pendiente, es decir, iniciada pero no acabada, se almacena asociada a un cursor, identificable con un SQL cursor ²⁰⁰.

c) Transacciones atómicas.

Localizan o actualizan una fila aislada. Las transacciones atómicas pueden usarse conjuntamente con las transacciones agrupadas o secuenciales, integrándose en el proceso y resolviendo operaciones aisladas. Las transacciones atómicas suelen estar únicamente disponibles en las bases de datos relacionales.

Las consultas, en las transacciones atómicas, no interfieren en la estructura global del sistema experto. Pueden utilizarse en cualquier parte de la base de conocimiento donde se necesite localizar o actualizar determinada información.

En las consultas, la información se asigna como valor a las propiedades de un objeto que ya existe. Una consulta atómica no puede crear objetos.

La estrategia de acceso aplicada al modelo ha sido, la de agrupación de transacciones para interrogar a la base de datos sobre el importe de las ventas mensuales en el año 1.991 y la de transacciones atómicas para conocer la evolución de ventas en los últimos cinco años. Por su interés se comentará en lo que sigue el proceso de acceso

²⁰⁰ Es obligado el empleo de un cursor en SQL para el control de operaciones de manipulación de datos cuando éstas se producen sobre un conjunto de filas previamente seleccionadas.

mediante agrupación de transacciones y el tratamiento de la información obtenida en el proceso de inferencia.

Como se ha mencionado, el acceso a la base de datos se materializa con la utilización del operador RETRIEVE, que procesa operaciones de consulta. Los parámetros que incorpora van dirigidos a informar al sistema administrador de base de datos sobre los detalles de la consulta con el fin de hacerla efectiva.

La escritura del operador es de la forma:

RETRIEVE identificación-usuario [argumentos]

La identificación de usuario es una cadena de caracteres encerrada entre comillas que especifica, para el acceso a la base de datos, el nombre de cuenta y el password de usuario que intenta acceder. En el caso desarrollado la identificación de usuario es la cadena "M_ALONSO/M_ALONSO" donde nombre de cuenta y password coinciden, la barra "/" es un separador entre ambas.

Mediante "argumentos", se incorpora la lista de parámetros que describen la consulta. Su forma de escritura consiste en una palabra preestablecida que identifica el parámetro, precedida por el carácter @, a continuación es signo "=" seguido del valor del parámetro, acabando en un punto y coma que lo separa del siguiente. Los argumentos que incluye el operador RETRIEVE, utilizado en la parte de acción de la regla de la Figura 28, permiten enviar al sistema administrador de base de datos -ORACLE, en el supuesto- la instrucción de consulta SELECT prevista, para obtener cada una de las cifras de ventas mensuales en el último año.

@TYPE=ORACLE

Describe el tipo de base de datos que contiene la información y, como consecuencia, delimita el lenguaje a emplear en las especificaciones de acceso.

@BEGIN="SELECT"

En el trabajo con bases de datos relacionales, indica al sistema administrador de la base de datos el inicio de una transacción.

@QUERY="SELECT Ventas FROM Historico WHERE Identificador = V AND Anio = 1991"

Contiene la instrucción de consulta de datos que se envía al sistema administrador de la base de datos para su ejecución. En este caso, la instrucción SELECT del lenguaje SQL.

@ARGS="Ventas_H.Importe"

Contiene la lista de propiedades referidas a objetos que almacenarán los valores variables resultado de la ejecución de la sentencia QUERY.

@QUERY y @ARGS seleccionan la información de la base de datos, que almacenada en una tabla virtual, será utilizada por NEXPERT. La consulta se construye y envía al sistema administrador de la base de datos para crear la correspondiente vista. Todos los registros de la tabla virtual son procesados.

@END="COMMIT"

Contiene una instrucción que será enviada al sistema administrador de la base de datos, justo antes de que los recursos implicados en la transacción se liberen, es decir, después de que el último registro haya sido encontrado o actualizado. Las sentencias reconocidas son: COMMIT, ROLLBACK y RELEASE. Si encuentra COMMIT, NEXPERT finaliza la transacción normalmente. Si es ROLLBACK la transacción da marcha atrás y vuelve al punto inicial. Si encuentra RELEASE cierra la conexión con la base de datos.

@BEGIN y @END indican al sistema administrador de base de datos el inicio y fin de una transacción respectivamente. El envío de la información del parámetro @END provoca la liberación de los recursos utilizados por la transacción.

@ATOMS="Ventas_H"

Indica la lista de objetos a procesar por una transacción.

@CREATE="|Venta_Anual|"

Lista de objetos o clases con los que se relacionarán todos los objetos procesados por la consulta. Sólo necesario en el caso de consultas agrupadas.

RULE EDITOR

CONDITIONS:

Yes SU_OBJETIVO_ES_EL_INCREMENTO_DE_LA_PRODUCCION_EN_EL_MAXIMO_PREVISTO
 >= PROBABILIDAD_DE_ACTUACION_DE_LA_COMPETENCIA 0
 Yes PRETENDE_COMERCIALIZAR_DIRECTAMENTE PARTE_DE_SU_PRODUCCION
 >= PROBABILIDAD_DEMANDA_A_CORTO_PLAZO-0.5
 >= PROBABILIDAD_DEMANDA_A_LARGO_PLAZO-0.5

HYPOTHESIS:

PRODUCCION_MAXIMA_Y_APERTURA_SUCURSAL

ACTIONS:

Retrieve "M_ALONSO/M_ALONSO" @TYPE=ORACLE; @BEGIN="SELECT": @END="COMMIT": @CREATE=IVENTA_ANUALI;
 @PROPS=Importe,Codigo,Anio,Mes:@FIELDS = "Ventas", "Identificador", "Anio", "Mes": @QUERY="SELECT Ventas FROM HISTORICO
 WHERE Identificador = V AND Anio 1991 AND Mes BETWEEN (01 TO 12)": @ARGS=Ventas_H.Importe:@ATOMS=Ventas_H
 Do SUM(<IVENTA_ANUAL>.Importe)*0.1*5-2000000 MAQUINAS.Rendimiento
 Do SUM(<IVENTA_ANUAL>.Importe)*0.25*3-5000000 APERTURA_SUCURSAL.Rendimiento
 Do MAQUINAS.Rendimiento+APERTURA_SUCURSAL.Rendimiento SUCURSAL.Rendimiento1
 Do SUCURSAL.Rendimiento1*(1-COMPETENCIA.Coste)*PROBABILIDAD_DE_ACTUACION_DE_LA_COMPETENCIA SUCURSAL.Total1
 Do SUCURSAL.Rendimiento1*(1-PROBABILIDAD_DE_ACTUACION_DE_LA_COMPETENCIA)+SUCURSAL.Total1 SUCURSAL.Total1
 Do SUCURSAL.Total1*PROBABILIDAD_DEMANDA_A_LARGO_PLAZO SUCURSAL.Total1
 Do 1-PROBABILIDAD_DEMANDA_A_LARGO_PLAZO PROBABILIDAD_DEMANDA_A_LARGO_PLAZO
 Do REGISTRO+1 REGISTRO1

Fig. 28 Operaciones de interacción con Base de Datos

@FIELDS="Ventas", "Identificador", "Anio", "Mes"

Lista de columnas que describen la correspondencia entre las columnas de la tabla que se van a procesar y las propiedades de los objetos NEXPERT.

@PROPS=Importe, Codigo, Anio, Mes

La especificación de la lista de propiedades es obligatoria para todo tipo de transacciones. En el caso de transacciones agrupadas, es una lista de propiedades, separadas por comas, y precedidas por la cláusula @PROPS. En otro caso, transacciones atómicas o secuenciales, es una lista de slots separados por comas precedidos por la cláusula @SLOT.

Importante, en las transacciones agrupadas, es el proceso conjunto de objetos a los que se ha asignado valor en la transacción. Proceso que puede ser resuelto con operaciones de cálculo realizadas sobre la clase a la que aquellos pertenecen.

La Figura 28 muestra un ejemplo de utilización del operador RETRIEVE para acceso a la información de la base de datos, y un ejemplo de proceso de la información obtenida.

En la operación de acceso, la instrucción SQL que se transfiere al sistema administrador de base de datos es la instrucción SELECT que permite obtener cada una de las ventas mensuales del año 1.991. Cada uno de los valores de venta obtenidos se asignan como valor a la propiedad "Importe" del objeto "Ventas_H". Sobre el que se ha definido una clase "VENTA_ANUAL" que permitirá, en una operación posterior, el proceso conjunto de la información capturada a través de la propiedad "Importe", común al objeto y a la clase a la que éste pertenece.

Las operaciones de proceso, utilizan la función matemática "SUM" para obtener la suma de "Importe", propiedad de la clase "Venta_Anual" y compartida con los objetos que pertenecen a la misma. Al resultado, total anual de ventas, se le aplica el porcentaje del 25 por 100 para calcular los ingresos esperados por "Apertura Sucursal" y el 10 por 100 como ingreso esperado por "Adquisición de dos máquinas".

4.3.4 OPTIMIZACION DEL PROCESO DE INTERACCION DE SISTEMAS EXPERTOS Y BASES DE DATOS.

El conocimiento del mundo de hechos en el que el sistema experto se desenvuelve, y que conforma su entorno, posiblemente esté contenida -y en los sistemas expertos aplicados a la empresa es más evidente-, con la información contenida en una base de datos en uso.

Es necesario, por tanto, una cuidadosa definición previa de las necesidades de información del sistema y de las fuentes para su obtención, antes de decidir su diseño. Este, en el caso de la interacción, se basaría en el propio diseño de base de datos del que existe suficiente experiencia práctica y se presenta debidamente contrastado.

Esto conduce a contemplar dos aspectos relevantes de la interacción. Por un lado, las fuentes de información deben ser usadas con el mínimo de manipulación posible, evitando así la comisión de errores de codificación y dilaciones en los tiempos de ejecución. Por otro lado, el proceso de enlace entre un sistema experto y una base de datos debe estar facilitado por el propio esquema de formalización del conocimiento. En éste sentido, puede observarse el paralelismo entre ciertos modelos de diseño de bases de datos y las posibilidades que ofrecen los esquemas de representación de conocimiento de los sistemas expertos.

Se pretende, por tanto, poner de manifiesto la relación entre un posible modelo de datos en el esquema conceptual de bases de datos y el esquema de representación de conocimiento en los sistemas expertos. También se obtendrán conclusiones sobre las posibles relaciones entre ambos modelos de representación.

Por tanto, el objetivo final es crear una estructura paralela a la existente para la base de datos, que suponemos adecuada y en funcionamiento para, basándose en ella, proceder a la definición de una parte o de todo el esquema formal de conocimiento del sistema experto.

Según esto, los supuestos de partida son una definición correcta del esquema conceptual de la base de datos, y una especificación de los requerimientos de información del sistema experto.

El modelo de datos elegido es el modelo semántico que, utilizado en el diseño de bases de datos, guarda un evidente paralelismo con las representaciones de conocimiento que utilizan descripciones de objetos para modelizar el universo de hechos en el que trabaja el sistema experto.

Genéricamente, un modelo de datos ha de estar constituido por ²⁰¹ : un conjunto de objetos característicos, que constituyen los elementos básicos de construcción del modelo; un conjunto de operadores para la manipulación de la base de datos -compuesta por ocurrencias, es decir, valores válidos de los objetos-; y un conjunto de reglas de integridad que delimitan el conjunto válido de estados de la base de datos de acuerdo con el modelo.

El objetivo de los modelos de datos es proveer un procedimiento formal de representación y de manipulación de la información. En la elección de un modelo de datos, para su utilización práctica, es conveniente tener en cuenta, que debe existir una cierta correspondencia entre los elementos del mundo real a representar y los componentes del modelo utilizado para su formalización. Se trata, pues, de lograr una adecuada representación de los hechos en el modelo elegido.

Los lenguajes de definición de datos (DDL) fijan la sintaxis que se utilizará en la formalización del esquema conceptual de la base de datos, y los lenguajes de manipulación de datos (DML) materializan los operadores de manipulación en el modelo de datos. Por su parte, los sistemas administradores de bases de datos (DBMS) incorporan algún DDL y DML específicos.

²⁰¹ CODD, E. F. (1.981): " Data Models in Database Management". En DATE, C. J. (1.983): "An Introduction to Database Systems" Volume II Addison-Wesley Reading Massachusetts.

Los modelos semánticos de datos ²⁰² intentan reflejar, además de la estructura del mundo real, el significado de lo representado. Los principales conceptos semánticos utilizados en el modelo son entre otros: el concepto de *entidad*, que representa un objeto diferenciable, pudiendo clasificarse a su vez en tipos de entidades; el concepto de *propiedad*, elemento de información que describe una entidad; el concepto de *asociación*, que representa una relación que conecta entidades; y el concepto de *subtipo*, una entidad A es un subtipo de una entidad B si y solo si cada A es también necesariamente B.

Los anteriores conceptos formalizan la interpretación del mundo real en el modelo semántico en función, básicamente, de objetos -entidades- que poseen propiedades, y de asociaciones entre esos objetos. En el modelo, un objeto que existe por si mismo se denomina "objeto independiente", y cuando su existencia depende de algún otro se denomina "objeto dependiente". El modelo semántico tiene como característica importante, la flexibilidad en la interpretación del mundo real, que puede variar dependiendo del diseñador y la interpretación de los hechos en el diseño. Así, un objeto determinado del mundo real puede ser formalizado por un diseñador como una entidad, como una propiedad por un segundo, o como una asociación por un tercero.

El modelo de datos provee de los elementos y la metodología básicos para el diseño de la estructura lógica de la base de datos. Configurándose, ésta operación de diseño, crítica para la posterior formalización e implantación de la base de datos.

Un procedimiento aplicable al diseño del esquema conceptual de bases de datos, lo proporciona la metodología NIAM ²⁰³ -Nijssen's Information Analysis Methodology-, que cercana al modelo entidad-relación propuesto por Chen ²⁰⁴, permite un acercamiento

202 SCHMID, H. A. y SWENSON, J. R. (1.975): " On the Semantics of the Relational data Model". En DATE, C. J. (1.983): "An Introduction to Database Systems" Volume II Addison-Wesley Reading Massachusetts.

203 NIJSSEN, G. M. (1.986): "On Experience with Large-scale Teaching and Use Fact-based Conceptual Schemas in Industry and University". En NIJSSEN, G. M. y HALPIN, T. A.(1.989): "Conceptual Schema and Relational Database Design. A fact oriented approach" Prentice Hall. Sydney.

204 El modelo de datos entidad-relación se ajusta a las características de los modelos semánticos, presentando respecto a éstos algunas diferencias de terminología. Así, el modelo entidad-relación utiliza los términos entidad común, entidad débil, y relación en lugar de objeto independiente, objeto dependiente, y asociación, respectivamente. El término entidad identifica un objeto que existe, representable por si mismo y diferenciable del resto de objetos. Una entidad puede referenciar un objeto concreto o abstracto. Las entidades del mismo tipo pueden agruparse en conjuntos de entidades, donde

simple e intuitivo al modelo semántico de datos e incluso un posterior diseño automatizado.

Los procedimientos de diseño incorporados en la metodología NIAM y desarrollados originalmente por los profesores NIJSSEN de la Universidad de Queensland, y FALKENBERG de la Universidad de Nijmegen, tienen su origen en, la propuesta de Falkenberg ²⁰⁵ de basar conceptos del esquema conceptual de la base de datos en sentencias del lenguaje natural, y en los procedimientos gráficos diseñados por Nijssen para visualizar a partir de sencillos diagramas, los datos y validaciones que forman el esquema conceptual de la base de datos.

Puesto que se utilizará la metodología NIAM, a continuación se comentan los elementos que se precisan para el caso planteado.

Entre los elementos que incorpora la metodología NIAM para la descripción formal del esquema conceptual destacan: entidad-NOLOT-, representada gráficamente mediante círculos identificados con el nombre de la entidad; atributo -LOT-, que caracterizan a las entidades y se representan mediante círculos de trazo más fino e identificados; "roles" que informan sobre las relaciones entre entidades -IDEA-, o entre entidades y atributos -PUENTE-, se representan gráficamente mediante un rectángulo unido a la entidad o atributo mediante un arco. Tanto la relación IDEA como la relación PUENTE se establecen en las dos posibles direcciones y quedan constituidas, cada una de ellas, por dos "roles" uno en cada sentido de la relación.

El diseño del esquema conceptual incorpora, además de la definición de los objetos y sus relaciones, la especificación de las restricciones a las ocurrencias de objetos y relaciones. Las restricciones permiten el control de los distintos estados de una base de datos.

todos sus componentes poseen características "atributos" comunes. CHEN, P. P. (1.976): "The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data". En KORTH, H. F. y SILBERSCHATZ, A. (1.986): "Database System Concepts" McGraw-Hill New York.

²⁰⁵ FALKENBERG, E. D. (1.976): "Concepts for Modelling Information". En NIJSSEN, G. M. y HALPIN, T. A. (1.989): "Conceptual Schema and Relational Database Design. A fact oriented approach" Prentice Hall. Sydney.

Una restricción básica en la definición del esquema conceptual de una base de datos es la restricción de unicidad. Esta restringe las ocurrencias de uno o más "roles" con el significado siguiente; en el caso de un "role": para toda ocurrencia del objeto si existe una ocurrencia de la relación, ésta es única. En el caso de implicar la restricción más de un "role" se interpreta como; para toda ocurrencia del objeto si se produce una ocurrencia simultánea de las relaciones que intervienen en la restricción, aquella es única. Gráficamente la restricción de unicidad se marca con un aspa en el rectángulo que corresponde al "role" cuya ocurrencia se restringe. Representaciones gráficas de los elementos descritos se muestran en la Figura 29.

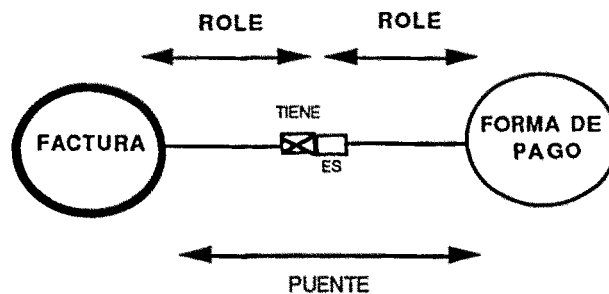


Fig.29(a) Ejemplo de LOT, NOLOT, PUENTE y restricción de unicidad de un "role"

El ejemplo de la Figura 29(a) se interpreta de la siguiente forma:

En el sentido del "role" de FACTURA:

Cada FACTURA, si tiene FORMA DE PAGO, ésta es única,

En el sentido del "role" de FORMA DE PAGO:

Una FORMA DE PAGO puede ser de alguna FACTURA

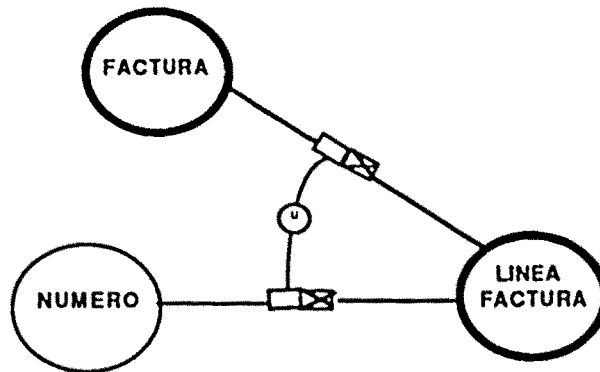


Fig.29(b) Ejemplo de restricción de unicidad de "roles"

El ejemplo de la Figura 29(b) se interpreta la unicidad de "roles" como:

La combinación de NUMERO y FACTURA es única para cada LINEA DE FACTURA. Gráficamente se muestra mediante una "u" (unicidad) dentro de un círculo y unida mediante un arco a los "roles" cuya ocurrencia restringe.

Otra restricción que interviene es la de totalidad de un "role" que se interpreta de la siguiente forma: para toda ocurrencia de un NOLOT, debe existir, al menos, una ocurrencia del "role especificado para ese NOLOT. Gráficamente ésta restricción se marca con una doble línea que une el "role" al NOLOT correspondiente. Ejemplo de restricción de totalidad se muestra en la Figura 30.

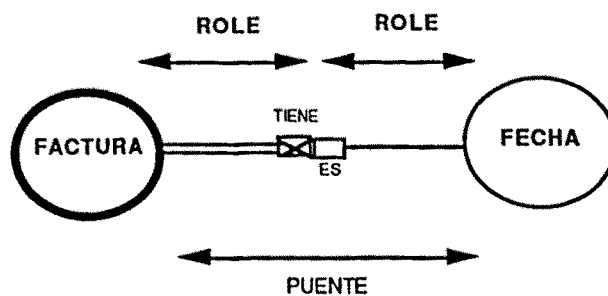


Fig. 30 Ejemplo de restricción de totalidad de un "role"

El ejemplo de la Figura 30 implica que:

Toda FACTURA, tiene FECHA y ésta es única.

El ejemplo de aplicación que se presenta es el de la Figura 31 que muestra una porción de la representación para el diseño del esquema conceptual de la base de datos propuesta para la gestión integrada de datos en la empresa.

La parte de información mostrada se corresponde con la definición del esquema conceptual de la base de datos, el cual interesa al sistema experto para la toma de decisiones. En ella, y utilizando los elementos de representación gráfica proporcionados por la metodología NIAM, se refleja la problemática de la emisión de facturas. En la Figura se diferencian las entidades: CLIENTES, FACTURA, LINEA DE FACTURA, e HISTORICO, representadas mediante círculos de contorno grueso y relacionadas entre sí mediante "ideas" sobre los que se han definido restricciones de unicidad y totalidad. Los atributos que caracterizan cada entidad se representan también en el gráfico, círculos de contorno fino, junto con los "puentes" que los relacionan con su correspondiente entidad.

Los controles -restricciones- como los de unicidad y totalidad establecidos en el modelo sobre las entidades FACTURA y LINEA FACTURA, los efectuará la base de datos, y en este caso, mediante la información asociada a las entidades CLIENTES e

HISTORICO. Estas restricciones indican, que toda factura corresponde a un único cliente, y que toda factura se acumula en un único registro del HISTORICO, el del mes que corresponde a su fecha de emisión.

La metodología NIAM permite incluir una gran variedad de restricciones además de las descritas en los ejemplos, admitiendo que a partir de la representación efectuada pueda obtenerse, incluso automáticamente, la correspondiente definición del esquema conceptual, el cual permitirá el control de las restricciones impuestas en el diseño.

El objetivo, ya comentado, de las restricciones es el control de cada uno de los distintos estados posibles de la base de datos, dentro de las especificaciones marcadas en el diseño. Uno de éstos controles es el de redundancia ²⁰⁶ que se lleva a cabo mediante restricciones de unicidad, para garantizar la integridad de la base de datos en las previstas operaciones de actualización. La eliminación de redundancias es importante, también, en la implantación del sistema en el sentido de minimizar el tamaño de la base de datos.

Sin embargo, cierto tipo de redundancia controlada es utilizada en algunos casos para hacer que el sistema trabaje más rápidamente, o para producir accesos más eficientes. Es el caso, por ejemplo, de las relaciones entre entidades sobre las que se ha definido una restricción de unicidad. Así, en el supuesto de una definición correcta del esquema conceptual -se registran hechos u objetos elementales sin redundancia- su posterior formalización puede requerir que ambas entidades compartan los atributos definidos como clave. La formalización del esquema conceptual en tablas del modelo relacional sigue éste procedimiento, orientado a facilitar los accesos y enlaces entre tablas.

²⁰⁶ Almacenamiento de un mismo dato más de una vez y en distintas localizaciones de la base de datos.

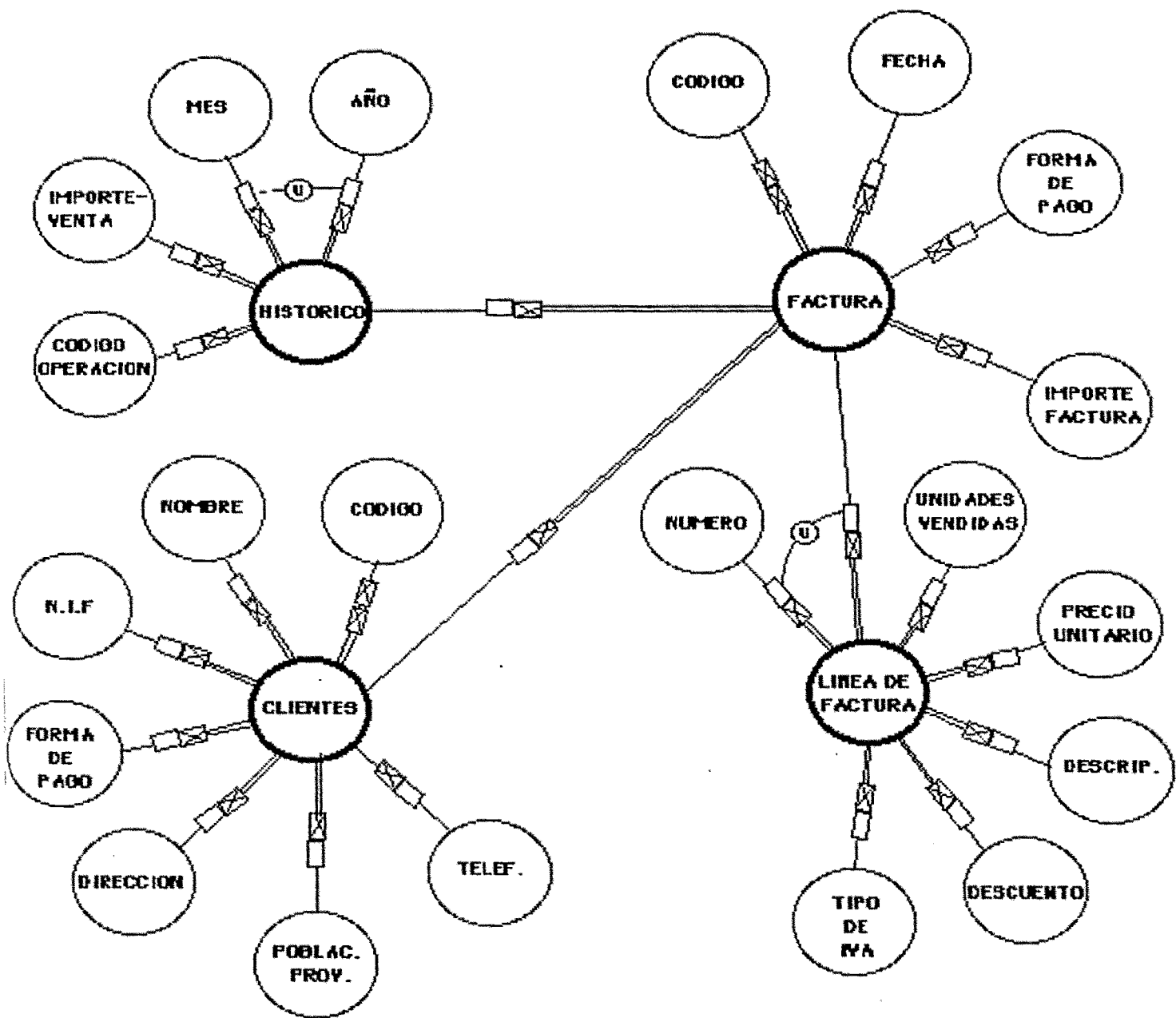


Fig. 31 Ejemplo de aplicación de la metodología NIAM, para el diseño del esquema conceptual de la base de datos.

Esta representación de datos facilita la descripción de los hechos del mundo real al acercar los elementos de su lenguaje al habitual utilizado por los especialistas en la definición de sus aplicaciones. A partir del análisis se decide la estructura lógica de la base de datos, fundamental en el posterior tratamiento de la información.

Un sistema administrador de bases de datos trabaja eficientemente sobre una base de datos correctamente definida, proporcionando el conjunto un adecuado sistema de información.

Los sistemas expertos pueden disponer así de fuentes de información de probada garantía respecto a: optimización de consultas, controles de concurrencia, controles de acceso, controles de integridad, seguridad y recuperación de la información. Esas fuentes de información pueden emplearse por los sistemas expertos para incorporar conocimiento adicional, normalmente información sobre el entorno, que guíe y, en su caso, complete el proceso de razonamiento. La representación formal de ese conocimiento tiene trascendencia en orden a facilitar el razonamiento del sistema.

Una posibilidad de formalización del conocimiento en los sistemas expertos la ofrece la representación basada en objetos, de la que participa la herramienta NEXPERT - utilizada en éste trabajo para el desarrollo y construcción de un sistema experto aplicado a la toma de decisiones de inversión en la empresa-. Los elementos utilizados en la representación son: objetos, representación simbólica de conceptos o hechos; clases, agrupaciones de objetos que tienen características comunes; propiedades, son las características que describen tanto a los objetos, como a las clases; subobjetos, definen una relación jerárquica entre objetos con herencia de propiedades.

Los objetos son los elementos básicos de conocimiento, que pueden generalizarse en su agrupación en clases, o pueden especializarse con indicación de sus componentes mediante los subobjetos. En ambos casos se produce el proceso de herencia de propiedades.

Las propiedades como características que describen objetos y clases tienen valores asociados, valores que pertenecen al dominio definido para la propiedad. Los

valores asignados a las propiedades pueden ser proporcionados por el propio sistema como consecuencia del proceso de razonamiento, por el usuario en una entrada por teclado a requerimiento del proceso, o del exterior al sistema desde una base de datos o desde una aplicación en uso.

Los elementos de ésta representación guardan una evidente relación con los correspondientes al modelo semántico de datos. En éste un conjunto de atributos define una entidad -simple o agrupada-. Para cada atributo existe un conjunto de valores permitidos, que forman el dominio del atributo. El individualizar una entidad con respecto al resto de entidades, requiere la elección de uno o más atributos que identifiquen cada entidad en el conjunto. El atributo o atributos que cumplen esa tarea constituyen la clave primaria del conjunto de entidades. De ahí que, la selección de los atributos -clave- que caracterizan al conjunto de entidades se presente como una de las tareas críticas en el diseño del esquema conceptual de la base de datos.

La relación de jerarquía "es un" se puede establecer entre dos entidades. De tal forma que, si "A es un B" significa, que B es una generalización del conjunto de entidades A, o que A es una especialización de B. El propósito de declarar una relación "es un" entre dos entidades, es la herencia de atributos. En el ejemplo anterior, la entidad A heredaría los atributos de la entidad B. Es posible, sin embargo, que la entidad A tenga además de los atributos heredados, sus propios atributos que no compartirá con los miembros de la entidad B que, a su vez, no sean miembros de A.

La destacada similitud entre ambos modelos, salvo pequeñas diferencias terminológicas - propiedad-atributo, tipo de objeto-entidad, clase-relación - evidencia la posibilidad de aplicar la metodología del diseño de bases de datos a la definición y diseño de bases de conocimiento en los sistemas expertos, con el objetivo de optimizar la interacción.

Tomando pues, como punto de partida la definición del esquema conceptual de la base de datos, es posible definir los objetos que se integrarán en la base de conocimiento del sistema experto.

La aplicación de la metodología de diseño de bases de datos al diseño de bases de conocimiento no es inmediata al requerir una interpretación previa, pero aquélla se constituye básica para el diseño. En la Figura 31 se representa la interpretación, utilizando elementos de representación basados en objetos, de la porción de esquema conceptual de base de datos que corresponde a la Figura 30. Los elementos gráficos utilizados son los siguientes: círculos, que representan tipos de objetos; rectángulos, muestran propiedades de los objetos; triángulos: cada ocurrencia del conjunto de propiedades que constituyen un objeto.

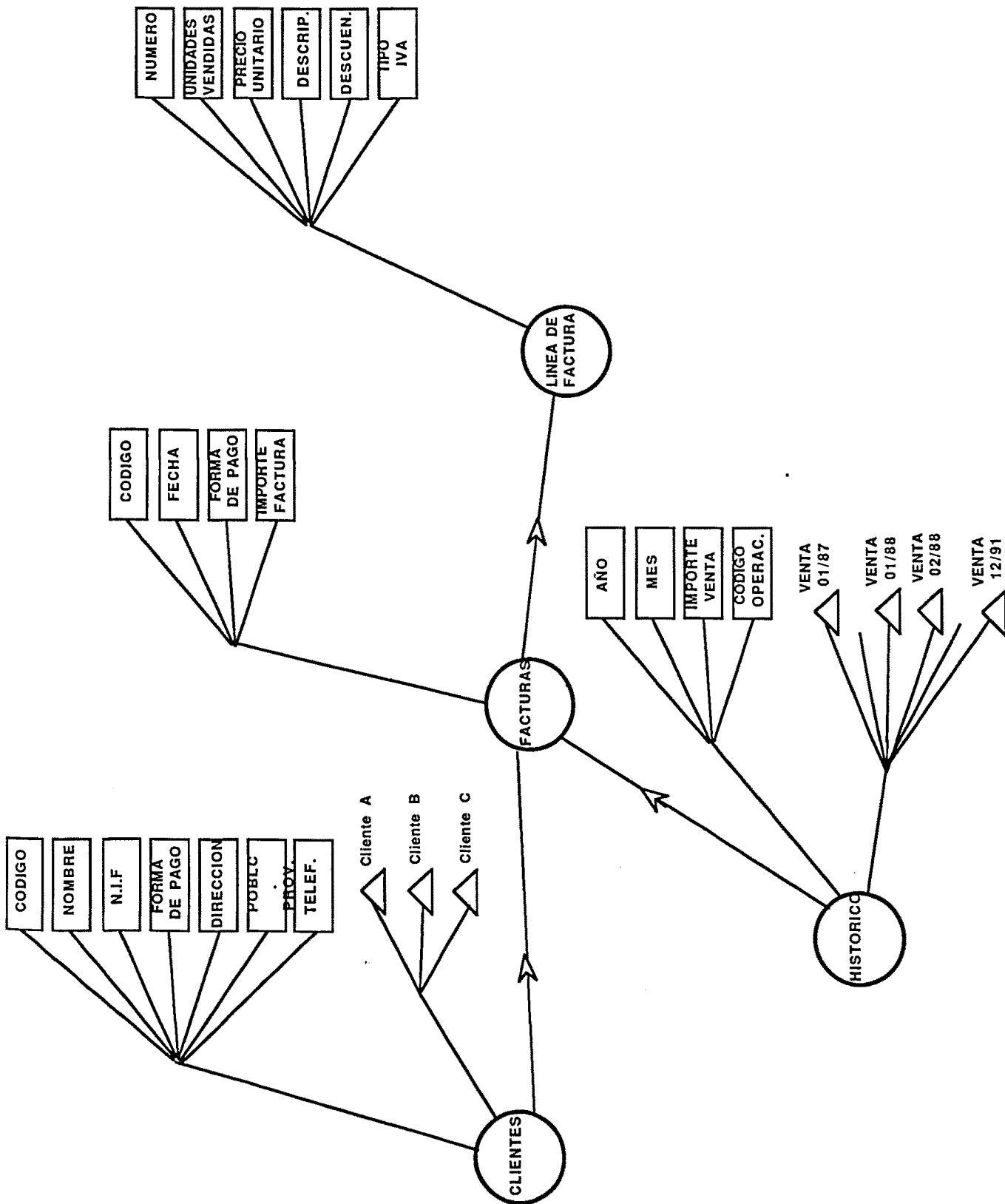
En la interpretación del esquema se tienen en cuenta los elementos definidos en el conceptual de la base de datos de tal forma que:

- a) Los círculos, representan tipos de objetos que permiten procedimientos conjuntos de manipulación de datos sobre los objetos que agrupan.

La relación entre los distintos tipos de objetos, se establece con la definición de clases de objetos. Una clase se puede entender como una agrupación de objetos que admiten la herencia de propiedades. Las clases se organizan, a su vez, en subclases. Una subclase se corresponde con un conjunto de objetos que se integran en un nivel de clase superior, y participan de la característica de herencia de propiedades. Las subclases se representan mediante el mismo elemento gráfico que las clases en el esquema.

En el gráfico se han definido las clases CLIENTES e HISTORICO y la subclase FACTURA, y el tipo de objeto LINEA FACTURA.

Esta definición toma como base la definición del esquema conceptual anterior. En éste, se establecen las relaciones entre la entidad FACTURA y las entidades CLIENTES e HISTORICO, por un lado, y la relación de FACTURA con la entidad LINEA DE FACTURA, por otro. El establecer relaciones entre entidades permite el acceso, desde cualquier entidad relacionada, a los atributos de aquellas con las que se relaciona.



La interpretación de éstas relaciones en el esquema de la base de conocimiento se establece, en éste caso, a través de la definición de una estructura de clases y subclases.

Así, la definición del objeto FACTURA como una subclase, dependiente de las clases CLIENTES e HISTORICO, permite la herencia -tener acceso cuando lo requiera el proceso- de los atributos definidos para las clases de quienes depende. Esa herencia es automática a partir de la definición de la estructura del modelo.

Por otro lado, el objeto LINEA DE FACTURA que pertenece a la subclase FACTURA heredará de ésta sus atributos y por lo tanto los atributos de las clases CLIENTES e HISTORICO, la relación establecida en la Figura 31 mediante líneas que unen entre sí los elementos del gráfico se corresponde con un enlace real entre los distintos elementos de la base de conocimiento.

Las restricciones de unicidad y totalidad definidas en el esquema conceptual de la base de datos, marcan el sentido de la relación entre los objetos que constituyen la base de conocimiento. La organización de los objetos en clases, en subclases, o simplemente en tipos de objetos, viene marcada por éstas restricciones.

El control de integridad de los datos, lo realiza el sistema administrador de base de datos. Es necesario, por tanto, suponer que la información a la que accede el sistema experto es almacenada y gestionada por un sistema administrador de bases de datos.

La metodología de diseño aplicada se orienta, para su formalización, hacia los sistemas administradores de bases de datos relacionales, por otra parte, aquellos que permiten mayor flexibilidad en el diseño, y facilidades de manipulación de datos a través del lenguaje SQL.

- b) Los rectángulos, representan propiedades -atributos- de las clases, subclases, y tipos de objetos. Propiedades que tendrán valores asociados pertenecientes al dominio definido para cada una de ellas. Estos valores son heredados de la clase u objeto padre, tanto por los objetos que pertenecen a éstas, como por las subclases correspondientes.

La relación con el objeto que caracterizan es directa, puesto que o bien, se definen directamente como propiedades del objeto, o bien se heredan cuando el objeto pertenece a una determinada clase.

Las restricciones de las ocurrencias de las propiedades son controladas por el sistema administrador de base de datos, que realiza el mantenimiento de la información de la base de datos a la que se accede.

- c) Los triángulos, representan objetos. Si se conceptualizan las clases y objetos como colecciones de propiedades, un objeto es consecuencia de una ocurrencia del conjunto de propiedades que lo constituyen. En el gráfico, como ejemplo, se han representado los objetos correspondientes a los distintos clientes identificados por la empresa, clientes que quedarán definidos por los valores de las propiedades que definen la clase "CLIENTES" a la que pertenecen.

Una vez decidida la estructura del esquema de datos a incorporar al sistema experto, su formalización en la base de conocimiento, es previa a su utilización en el proceso de razonamiento. Como consecuencia, el proceso de interacción del sistema experto con la base de datos, se realiza en una etapa anterior a la del proceso de reglas. La ejecución de las reglas se produce sobre información, previamente, accedida de la base de datos.

El proceso de razonamiento puede provocar actualizaciones al contenido de la base de datos con la que interactúa. En éste caso, las modificaciones correspondientes se llevarían a cabo dentro del propio proceso de razonamiento.

4.4 APORTACIONES DE LA INTERACCION A LA GESTION INTEGRADA DE DATOS EN LA EMPRESA.

La ya larga experiencia de utilización de las bases de datos en el ámbito de la gestión en la empresa viene avalada por dos cualidades que, básicamente, las distinguen de otros tipos de programas: la capacidad de proceso de datos persistentes, y la capacidad de acceso eficiente a grandes volúmenes de datos. Ambas características son relevantes cuando se trata de acceder o procesar grandes cantidades de datos.

La utilización de las bases de datos para el almacenamiento, consulta y proceso de una parte importante de los datos empleados por la empresa en su gestión, permite a ésta, disponer de información actualizada, fiable, de fácil acceso para los usuarios reconocidos, de utilización simultánea por distintos programas y usuarios, y recuperable en casos de avería, pérdida de datos o manipulaciones no deseadas. Las características y facilidades que ofrecen las bases de datos, permiten un incremento continuado del volumen de información almacenado y accesible para su proceso automático.

Si bien las bases de datos proveen un medio eficaz para el proceso de grandes volúmenes de información, aquél debe estar constituido por operaciones elementales, para lograr un mayor rendimiento en su aplicación. Esta limitación se debe a las características de los lenguajes de manipulación de bases de datos, que apropiados para el acceso eficiente a los datos, tienen poca capacidad para expresar complejas operaciones de proceso. Es, por tanto, deseable la integración de las bases de datos y otros elementos de programación cuando lo requiera la tarea a realizar.

Para la empresa son significativas las ventajas de la integración de las bases de datos y otros elementos de programación. Por un lado, la integración refuerza los aspectos de proceso, de complicada expresión en el ámbito de los lenguajes de manipulación de datos, y por otro, supone un paso más hacia la integración de la diversidad de programas utilizados en la empresa para la gestión. En éste sentido, es importante la búsqueda de estándares, tanto en lo que se refiere a elementos de programación como a elementos físicos de proceso.

La integración de bases de datos y sistemas expertos, permite disponer de un soporte de información, la base de datos, para: accesos eficientes, procesos de transacciones, controles de integridad y de una herramienta, los sistemas expertos, para: incorporar conocimiento heurístico, establecer procesos de razonamiento y flexibilizar la búsqueda de la solución.

Esta integración admite una doble interpretación, una primera, en la que el sistema experto se presenta como un evolucionado lenguaje de manipulación de datos que reúne, además, facilidades de proceso, comunicación con el usuario e interpretación de resultados, y una segunda, en la que la base de datos se constituye en una herramienta para el sistema experto que optimiza accesos y gestiona los controles de eficiencia sobre la información a utilizar en el proceso de razonamiento. Ambas son versiones de un mismo proceso de integración. La evolución hacia sistemas integrados de información se refuerza con la posibilidad de interacción entre sistemas expertos y bases de datos.

La interacción puede presentar variaciones dependiendo de como se produzca el acceso a la información de la base de datos. Este puede ocurrir durante el proceso de razonamiento, por ejemplo, como consecuencia de la activación y ejecución de una regla que contiene una operación de acceso a la base de datos, o bien, producirse en una fase previa a la de evaluación de las reglas. En éste segundo caso, la definición del esquema de conocimiento se simplifica al basarse en la definición del esquema conceptual de la base de datos, a la vez que aprovecha los controles establecidos en el diseño de bases de datos para garantizar la integridad de la información.

La propuesta de optimización al proceso de interacción, mediante la utilización de un mismo diseño para el conceptual de la base de datos y la parte de base de conocimiento afectada en el proceso, se orienta, principalmente, a facilitar el diseño y adquisición de conocimiento en el sistema experto.

- 1.- Los procesos de toma de decisiones en la empresa se benefician de la implantación de sistemas de información integrados, flexibles y con capacidades de razonamiento. Estos permiten constituir un sistema global operativo de las realidades de la empresa en funcionamiento, a partir de conocimiento actualizado y continuo de situaciones y del entorno en el que éstas se producen. Esta integración de información actualizada y conocimiento adaptativo proporciona a la empresa nuevas expectativas en la planificación y programación de sus decisiones estratégicas.
- 2.- Las tecnologías asociadas al proceso y comunicación de la información, en su aplicación a la empresa, han evolucionado de una posición inicial enmarcada en el tratamiento aislado de procesos administrativos -con el objetivo de incrementar su productividad y eficiencia- hacia objetivos en que aquéllas se constituyen como básicas para la obtención de ventajas competitivas en su utilización. Disponer de técnicas y herramientas para establecer modelos de simulación y modelos de integración de información, ha supuesto un avance cualitativo en su aplicación a los procesos de toma de decisión en la empresa. En este entorno, las técnicas de Inteligencia Artificial suponen un paso importante hacia el objetivo de un adecuado tratamiento de problemas complejos y cambiantes, buscando las mejores opciones para su resolución.
- 3.- Los Sistemas Expertos presentan una metodología específica para la resolución de problemas que, por sus características de dinamicidad, complejidad e incertidumbre, requieren amplio conocimiento acumulado, así como variaciones sustanciales en su estructura conceptual. Ello hace que los sistemas expertos sean un instrumento adecuado en la toma de decisiones teniendo en cuenta que:
 - a) La Base de Conocimiento en un Sistema Experto es flexible, admitiendo, fácilmente, la incorporación de nuevo conocimiento mediante la adición o

supresión de reglas. Esta característica permite la incorporación de las variaciones en el conocimiento del decisor sobre el problema a resolver.

- b) Al ser también variable el entorno en el que se produce la toma de decisiones, la información acerca de hechos reales o supuestos, a tener en cuenta, se modifica fácilmente, añadiendo o eliminando los correspondientes elementos de conocimiento. Los objetos y las características que los definen constituyen un formalismo adecuado para registrar el conocimiento sobre el ambiente en el que se produce la decisión.
- c) Además, son posibles situaciones de aprendizaje por las que el sistema recuerda determinadas acciones de decisión y sus consecuencias, con la aplicabilidad de ese conocimiento a futuras situaciones similares.
- d) Los Sistemas Expertos tienen capacidad para incorporar variables cualitativas, cuyo comportamiento puede asimilarse al de elementos que, como la experiencia, el sentido común y la intuición, son especialmente relevantes, en los procesos de toma de decisiones.
- e) La búsqueda de la solución guiada por conocimiento heurístico, es decir, por conocimiento que proviene de la experiencia o, sencillamente, del sentido común de un experto conocedor del problema a resolver, está contemplada en su metodología de resolución de problemas.
- f) Exhiben facilidades para enlazar con procesos externos al propio Sistema Experto. En efecto, tal enlace se logra con la ejecución de rutinas de proceso, integrando la información obtenida como parte del conocimiento del sistema o accediendo a la información contenida en las bases de datos operativas en la empresa, disponiendo así de una eficaz fuente de información.

- 4.- La aplicación de la metodología de resolución de problemas propia de los sistemas expertos a un caso "real" sencillo, pone de manifiesto las ventajas que éstos ofrecen, respecto a la definición de la base de conocimiento, al admitir una formalización del razonamiento próxima a como la entiende el usuario. El esquema de razonamiento se muestra como una estructura que encadena en un orden lógico condiciones, hipótesis y acciones, con el objetivo de dar solución al problema planteado, e incorpora facilidades para modificaciones, inclusiones o supresiones.

No obstante, la utilización de esta metodología, pone de manifiesto ciertas carencias en lo que respecta a la formalización y asignación de valor a los hechos sobre los que actúa el razonamiento, cuando el sistema experto se presenta como un proceso aislado sin conexión con otros procesos. Esas carencias se concretan en la necesidad de una definición individualizada del esquema de hechos y en la asignación de valor a los mismos, por parte del usuario, cada vez que el proceso lo requiera. En éste sentido, la interacción de sistemas expertos y bases de datos permite utilizar los datos y las estructuras de éstas por los Sistemas Expertos, mediante el proceso automático de los datos implicados en la interacción, salvando así, los inconvenientes de una ejecución aislada del sistema experto.

- 5.- Los sistemas administradores de bases de datos se constituyen en gestores eficientes de la información operativa de la empresa. Su elección e implantación requiere, no obstante, observar ciertos condicionantes básicos en orden a su posterior utilización:

- a) La disponibilidad de un modelo abstracto de datos, que facilite al usuario la descripción de cada uno de los objetos diferenciados sobre los que se almacena información, de las relaciones entre ellos y de sus restricciones.

- b) Contar con sistemas eficientes de acceso a los datos, disponiendo de facilidades para expresar búsquedas complejas.
- c) Disponer de un proceso de transacciones que permita el acceso concurrente de varios usuarios a la base de datos con operaciones diferenciadas.
- d) La capacidad para establecer controles de seguridad e integridad de los datos garantizando sólo accesos autorizados y la validez de los datos
- e) Tener métodos operativos de recuperación de datos ante errores o caídas del sistema que pueden llevar a una pérdida de información.

La integración de datos es una característica deseable de los procesos de información que se producen en la empresa. Los sistemas administradores de bases de datos relacionales se constituyen en una herramienta válida para la integración de datos debido: a su fiabilidad -a través de un adecuado esquema de restricciones y controles de acceso-; a la facilidad de utilización por el usuario -a través de programas de aplicación o directamente trabajando desde el entorno que ofrece el sistema-, y al control de acceso concurrente a usuarios autorizados y selectivo sobre la información objeto de su interés.

- 6.- La interacción de bases de datos y sistemas expertos, permite disponer, en primer lugar, de un soporte de información -la base de datos- para la realización de accesos eficientes, y controles de seguridad e integridad; en segundo lugar, incorporar una herramienta -los sistemas expertos- para incluir conocimiento heurístico, establecer procesos de razonamiento y flexibilizar la búsqueda de la solución. Las ventajas de dicha interacción en los procesos de decisión se sustentan en la disponibilidad de la información operativa de la empresa de modo automático y en la posibilidad de su procesamiento, junto a elementos de

conocimiento que establecen estimaciones sobre el entorno en el que se produce la decisión y su previsible evolución.

- 7.- La metodología aplicada al diseño del esquema conceptual de bases de datos, permite una visualización gráfica y global de los elementos que se integran en la definición. Las características destacables de esta metodología son básicamente dos: sencillez y eficacia. Es una metodología sencilla en cuanto que admite una representación simple de los objetos que intervienen en el diseño, junto a sus relaciones, y restricciones. Es una metodología eficaz en cuanto que permite la obtención, mediante proceso automático, del esquema conceptual de la base de datos a partir del diseño.
- 8.- La aplicación directa de técnicas para el diseño del esquema conceptual de la base de datos, a la definición de la base de conocimiento de hechos del sistema experto es una propuesta que se fundamenta en la destacada similitud entre ambos modelos de representación, que evidencia la posibilidad de aplicar la metodología del diseño de bases de datos a la definición y diseño de bases de conocimiento en los sistemas expertos. Se trata pues, de tomar como punto de partida la representación para el diseño del esquema conceptual para definir los objetos que se integrarán en la base de conocimiento del sistema experto. El objetivo final es la optimización del proceso de interacción.
- 9.- La optimización del proceso de interacción, entre un sistema administrador de bases de datos y un sistema experto, mediante la utilización de una misma representación para el diseño del esquema conceptual y para la base de conocimiento afectada en el proceso, facilita el diseño, la adquisición y validación del conocimiento en el propio sistema experto.

Propuestas claves de esta interacción serán:

Respecto a la base de datos. La elección de un modelo de datos basado en la identificación de objetos interrelacionados, sobre los que se almacena información. Utilizar en la definición del esquema conceptual de base de datos una metodología que incorpore objetos, atributos, las relaciones entre objetos y entre un objeto y sus atributos, y las restricciones sobre relaciones.

Respecto al sistema experto. Admitir una estructura de conocimiento que utilice objetos para representar hechos en la base de conocimiento. Definir un esquema de conocimiento tal que registre una imagen del diseño del esquema conceptual de la base de datos, con definición de los objetos, propiedades y relaciones.

10.- Las ventajas generadas en el sistema experto al compartir la definición de la base de datos serían:

La utilización de una estructura de datos que existe y cuya validez está contrastada por su rendimiento en los procesos habituales que soporta.

La reducción de la complejidad del proceso de adquisición y validación del conocimiento, al utilizar información almacenada y sometida previamente a procesos de selección y depuración, que se presuponen correctos.

La certeza de usar información fiable para su utilización en los procesos de inferencia.

La eliminación de la base de conocimiento de los elementos de control sobre la información obtenida de la base de datos, en la medida que ese control lo ejerce el sistema administrador de base de datos con el que interactúa.

La utilización de controles de seguridad en los accesos, recuperación de información y control de transacciones fiables, establecidos por el sistema administrador de base de datos.

- 11.- Se defiende, por tanto, la necesaria conexión entre técnicas de almacenamiento y gestión de grandes volúmenes de información y técnicas que incorporan conocimiento heurístico con capacidades de razonamiento, aprendizaje y comunicación con el usuario para establecer un marco de acción que consiga acercarse a un control efectivo y global de la información que se requiere en los procesos de toma de decisiones.

Se destaca la conveniencia de compartir un mismo diseño de conocimiento a través de la utilización de una determinada metodología de diseño que, respecto a la base de datos, permita la definición del esquema conceptual mediante proceso automático, respecto al sistema experto, simplifique la definición de la base de conocimiento, y respecto a su interacción, facilite la comunicación entre ambos procesos e incorpore datos actualizados y fiables al proceso de inferencia.

- Aiken, H. y otros (1.975): **"Perspectivas de la revolución de los computadores"**. Alianza Editorial. Madrid.
- Ambrosio Orizaola, E. M. (1.991): **"La Cultura como Base de la Estrategia Empresarial "**. En: Alta Dirección. Año XXVII nº 158.
- Anderson, J. (1.983): **"The Architecture of Cognition"** Harvard University Press Massachusetts.
- Arbib, M. A. (1.987): **"Cerebros, máquinas y matemáticas"** Ed. Alianza Universidad. Madrid.
- Barr, A. y Feigenbaum, E. (1.981): **"The handbook of Artificial Intelligence"** Volume I William Kaufmann Los Altos, California.
- Barr, A. y Feigenbaum, E. (1.981): **"The handbook of Artificial Intelligence"** Volume II William Kaufmann Los Altos, California
- Barr, A. y Feigenbaum, E. (1.982): **"The Handbook of Artificial Intelligence"**. Vol. III. William Kaufmann Los Altos, California.
- Barr, A., Cohen, P. R. y Feigenbaum, E. (1.989): **"The handbook of Artificial Intelligence"** Volume IV Addison-Wesley Publishing Company Massachusetts.
- Bench-Capon (1.990): **"Knowledge Representation: An Approach to Artificial Intelligence"** Academic Press London.
- Benchimol, G. Levine, P. y Pomerol, J. (1.988): **"Los sistemas expertos en la empresa"** Ed. RA-MA Madrid.
- Bocic, S. A. y Fuller, D. A. (1.992): **"Extensión del Modelo de S. E. usando Aprendizaje"** XVIII Conferencia Latinoamericana de Informática PANEL'92 Agosto-Septiembre.
- Bonnet, A. (1.984): **"L'Intelligence artificielle. Promesses et Réalités"**. Inter Editions. Paris.
- Brooks, R.A. (1.991): **"Intelligence Without Reason"**. MIT Artificial Intelligence Lab. IJCAI-91

- Bueno Campos, E. (1.987): "Dirección Estratégica de la Empresa. Metodología, Técnicas y Casos" Pirámide S.A. Madrid.**
- Calleja, T. (1.988): "La Empresa en la Era del Conocimiento". En "La Sociedad de la Información. Riesgos y Oportunidades para la Empresa Española". CDC Ciencias de la Dirección S.A. Madrid.**
- Campbell, J. A. y Cuenca, J. (1.989): "Perspectives In Artificial Intelligence. Volume I expert systems: applications and technical foundations" Ellis Horwood London.**
- Carsberg, B. (1.977): "Teoría económica de las decisiones empresariales". Alianza Editorial S.A. Madrid.**
- Castillo, E. y Alvarez, E. (1.989): "Sistemas Expertos. Aprendizaje e Incertidumbre". Paraninfo S.A. Madrid.**
- Castro, M. y lochpe, C. (1.992): "Design and Cooperation Management Through Design Steps and Object Characteristics" XVIII Conferencia Latinoamericana de Informática PANEL'92 Agosto-Septiembre.**
- Cedefop (1.987): "Desarrollos en Robótica y Futuras Aplicaciones". Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo**
- Cimworld (1.992) " Visión Artificial y Robótica en Aplicaciones Industriales". Nº 29 Marzo/Abril.**
- Codd, E. F. (1.985): "Does your DBMS run by the rules?". Computerworld October pp. 49-60.**
- Codd, E. F. (1.986) "An Evaluation Scheme for Database Management Systems that are claimed to be Relational" International Conference on Data Engineering 2end. Computer Society Press. Los Angeles.**
- Codd, E. F. (1.990) "Twenty Fundamental Laws Of Database Management" The Relational Journal, October.**
- Comité Economique et Social des Communautés Européennes. (1.988): "L'Europe et les Nouvelles Technologies".Office des Publications Officielles des Communautés Européennes. Bruxelles.**

- Comunidades Europeas-Comisión (1.987): **"La comunidad europea de la Investigación y la tecnología"** Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo.
- Constantine, M.M. Ulvila, J.W. (1.990): **"Testing Knowledge-Based Systems: The State of the Practice and Suggestions for Improvement"**. Expert Systems With Applications Vol. 1. pp.237-248.
- Cortes, U., Millan, J. y Plaza, E. (1.986): **"Inteligencia Artificial"**. Edunsa Barcelona.
- Cuenca, J. (1.985): **"Lógica Informática"** Alianza Editorial S.A. Madrid.
- Cuenca, J., Fernandez, G., Lopez de Mantaras, R. y Verdejo, M. F. (1.986): **"Inteligencia Artificial: Sistemas Expertos"** Alianza Editorial S. A. Madrid.
- Chang, C.L. Combs, J.B. Stachowitz, R.A. (1.990): **"A Report on the Expert Systems Validation Associate (EVA)"**. Expert Systems With Applications Vol. 1 pp. 217-230.
- Chip (1.990): **"Visión artificial: una tecnología en vías de desarrollo"**. nº 103 Junio
- Chip (1.991) **"Investigación y desarrollo: una puerta abierta al futuro"** nº 110 Febrero Informe.
- Chorafas, D. N. (1.990): **"Knowledge Engineering: Knowledge Acquisition, Knowledge Representation, The role of the Knowledge engineer, and Domains Fertile for AI Implementation"** MacGraw-Hill New York.
- Datamation (1.990): **"Programa Eurotra: destino 1992"**. nº 53 Febrero
- Date, C. J. (1.983): **"An Introduction to Database Systems"** Volume II Addison-Wesley Reading Massachusetts.
- Date, C. J. (1.986): **"An Introduction to Database Systems"** Volume I Fourth Edition Addison-Wesley Massachusetts.
- Del Valle, M. L., Ibañez, M., Malo, J. L. y Peñafiel, L. F. (1.991): **"Sistema Experto para el autodiagnóstico de calidad en la empresa"** ACAI-91 Bilbao.

- Fletcher, E. J., Moses, J., Smith, P. and Surtees, M. (1.990): **"A Practical Evaluation of Knowledge Elicitation Techniques"** Expersys-90, ITT, París.
- Fondation Européenne pour L'amélioration des Conditions de Vie et de Travail. (1.986): **"Les nouvelles technologies dans les services publics"**. Office des publications officielles des Communautés européennes. Luxembourg.
- Frost, R. (1.989): **"Bases de Datos y Sistemas Expertos. Ingeniería del Conocimiento"** Ed. Díaz de Santos S.A. Madrid.
- Funesco (1.984): **"Inteligencia Artificial. Introducción y situación en España"**. Fundación para el desarrollo de la Función Social de las Comunicaciones. Madrid.
- Gallagher, J. P. (1.988): **"Knowledge Systems for Business: Integrating Expert Systems and MIS"** Prentice-Hall New Jersey.
- Gallastegui, I., Laresgoiti, I. Perez, J. Amantegui, J. y Echavarri, J. (1.991): **"Operating experience of an expert system for fault analysis en electrical networks"** ACAI-91 Bilbao.
- Garcia-Gutierrez, C., Mascareñas Pérez-Iñigo, J. y Pérez Gorostegui, E. (1.988): **"Casos Prácticos de Inversión y Financiación en la Empresa"** Pirámide S.A. Madrid.
- Gevarter, W. M. (1.987) **"Maquinas Inteligentes. Una panorámica de la Inteligencia Artificial y de la Robótica"** Ed. Díaz de Santos S.A. Madrid.
- Giner, S. (1.985): **"Tecnocultura, saber y mudanza social"**. Telos. Cuadernos de Comunicación, Tecnología y Sociedad. Funesco nº 1. Enero
- Groff, G.K. y Muth, J.F. (1.974): **"Modelos de Decisión"**. El Ateneo. Buenos Aires.
- Harmon, P y King, D. (1.988): **"Sistemas Expertos. Aplicaciones de la Inteligencia artificial en la actividad empresarial"** .Ed. Díaz de Santos S.A. Madrid.

- Harmon, P y Sawyer, B. (1.990): **"Creating Expert Systems for Business and Industry"**. John Willey and Sons (eds.) New York.
- Hayes-Roth, B. (1.985): **"A Blackboard Architecture for Control"** Artificial Intelligence nº26 251-321.
- Hayes-Roth, F., Waterman, D. y Lenat, D. (1.983): **" Building Expert Systems "** Addison Wesley Massachusetts.
- Holland, J. Holyoak, K. Nisbett, R. y Thagard, P. (1.990): **"Induction. Processes of Inference, Learning, and Discovery"**. MIT-Press.
- Hopper, M. D. (1.990): **"¿Hacia dónde evolucionan los sistemas Informáticos en las empresas?"**. Harvard-Deusto Business Review, 4º trimestre 1.990, págs. 57-68.
- Hughes, J. G. (1.991): **"Object Oriented Databases"** Prentice-Hall New York.
- lcade. (1.990): **"Impacto de las telecomunicaciones y tecnologías de la Información en la gestión de la empresa"** Revista de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales. Madrid.
- Jackendoff, R. (1.972): **"Semantic Interpretation In generative grammar"** MIT Cambridge Massachusetts.
- Korth, H. F. y Silberschatz, A. (1.986): **"Database System Concepts"** McGraw-Hill New York.
- Laird, J. Rosenbloom, P. Newell, A. (1.985): **"Chunking In Soar: The Anatomy of a General learning Mechanism"**. Machine Learning 1 1.986 11-46 Netherland.
- Laird, J. Yager, E. y Hucka, M. (1.990): **"Robo-Soar: An Integration of External Interaction, Planning, and learning using Soar"**. Toward Learning Robots. MIT-Press.
- Langley, P. Thompson, K. Iba, W. Gennari, J. y Allen, J. (1.990): **"An Integrated Cognitive Architecture for Autonomous Agents"**. Toward Learning Robots. MIT-Press.
- Liebowitz, J. (ed.) (1.990): **"Expert Systems for Business & Management"** Prentice-Hall New Jersey.

- Lindsay, R. , Buchanan, B. G., Feigenbaum, E. A. y Lederberg, J.(1.980): **"Applications of artificial Intelligence for organic chemistry. The DENDRAL Project"**. McGraw-Hill, New York.
- Lopes, O. M., Min, L. T., Schechtman, S. y Antunes, J. S. (1.992): **"Representação de Conhecimentos em um Modelo de Dados Orientado a Objetos"** XVIII Conferencia Latinoamericana de Informática PANEL'92 Agosto-Septiembre.
- Lopez Cachero, M. (1.989): **"Análisis y Adopción de Decisiones"**. Pirámide S.A. Madrid.
- Lopez, B., Meseguer, P. y Plaza, E. (1.990): **"Knowledge Based Systems Validation: A State of the Art"**. AICOM Vol.3 Nº 2 Junio.
- Malcolm, C. Smithers, T. y Hallam, J. (1.989): **"An Emerging Paradigm In Robot Architecture"**. DAI Research Paper N. 447, Oct. University of Edinburgh.
- Márquez, A. y Tineo, L. (1.992): **"Una Alternativa Eficiente para Evaluación de Restricciones de Integridad en bases de Datos Lógicas"** XVIII Conferencia Latinoamericana de Informática PANEL'92 Agosto-Septiembre.
- Martini, A. R. y de Caastilho, J. M. (1.992): **"Towards the Automatic Validation of Conceptual Specifications for Database Systems- A Formal Approach"** XVIII Conferencia Latinoamericana de Informática PANEL'92 Agosto-Septiembre.
- Mascareñas, J. (1.987): **"Microinformática y gestión empresarial"** Pirámide S.A. Madrid.
- Masuda, Y. (1.980): **"La sociedad Informatizada como sociedad post-Industrial"** Fundesco/Tecnos S.A. Madrid.
- Mate, J. L. y Pazos, J. (1.988): **"Diseño y Construcción de Sistemas Expertos"** Sepa S.A. Argentina Córdoba.
- Mockler, R. (1.989): **"Knowledge-Based Systems for Management Decisions"** Prentice-Hall International Editions. New Jersey.
- Mora, E. y Alonso, M. (1.990): **"Bases de Datos: Definición y Diseño"**. Actualidad Financiera Nº 12 Pags. 768-782.

- Mora, E., Alonso, M. y Sanchez, L. (1.992): **"Una modelización de programas de Entrada-Salida, con control automático de concurrencia, en bases de Datos relacionales centralizadas"**. Actualidad Financiera Nº 19 Pags. 65-73.
- Mora, E., Arredondo, J. C., Arroyo, V. y Garcia, J. A. (1.992): **"Oferta estructurada de una aplicación Informática Integrada a los diferentes niveles y secciones de la empresa para su gestión administrativa"**. I Congreso Europeo VI Congreso nacional Desarrollo de la Dirección de Empresas en Europa. 26-29 Mayo 1.992 Huelva.
- Mundo Electrónico (1.987): **"Inteligencia Artificial. Conceptos, técnicas y aplicaciones"**. Ed. Marcombo S.A. Barcelona.
- Narjes, K. H (1.987): **"La Comunidad Europea de la Investigación y la Tecnología"**. Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Luxemburgo.
- Neuron Data Inc. (1.988): **"Nexpert Object. Fundamentals"**. Macintosh Version 1.1. Neuron data Inc. Palo Alto California.
- Nijssen, G. M. y HALPIN, T. A. (1.989): **"Conceptual Schema and Relational Database Design. A fact oriented approach"** Prentice Hall Sydney.
- Nilsson, J. (1.971): **"Problem-Solving Methods in Artificial Intelligence"**. Ed. MacGraw-Hill New York.
- Nilsson, J. (1.987): **"Principios de Inteligencia Artificial"** Ed. Díaz de Santos SA. Madrid.
- O'Keefe, R M. Sunro, L. (1.990): **"An Integrative Model of Expert System Verification and Validation"**. Expert Systems With Applications Vol. 1. pp.231-236.
- O'Keefe, R. M. Balci, O. Smith, E. P. (1.987): **"Validating Expert System Performance"**. IEEE EXPERT pp. 81-90.
- O'Shea, T. Selef, J. y Thomas, G. (1.987): **"Intelligent Knowledge-Based Systems. An Introduction"** Ed. Harper-Row. London.

- Ortega, E. (1.981): **"Manual de Investigación comercial"**. Ed. Pirámide S.A. Madrid
- Pardo, L. y Valdés, T. (1.987): **"Decisiones Estratégicas"**. Ed. Díaz de Santos S.A. Madrid.
- Pau, L. F., Motiwalla, J. Pao, Y. H. y Teh, H. H. (eds.) (1.989): **"Expert Systems In Economics Banking and Management"** North-Holland Amsterdam.
- Punset, E. y Otros (1.988): **"La sociedad de la Información. Riesgos y oportunidades para la Empresa española"** CDN. Ciencias de la Dirección S.A. Madrid.
- Racionero, L. (1.983): **"Del Paro al ocio"**. Anagrama. Madrid
- Rauch-Hindin, W. B. (1.989): **"Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la Actividad Empresarial, la Ciencia y la Industria"** Ed. Díaz de Santos, S. A. Madrid.
- Rauner, F (1.985): **"Las mujeres aprenden la técnica de los microordenadores"**. Centro Europeo para el Desarrollo de la Formación Profesional. Berlín.
- Rich, E. (1.984): **"Artificial Intelligence"**. McGraw-Hill. New York.
- Sampedro, J. L. (1.988): **"La Empresa ante la Crisis Actual"**. En "La Sociedad de la Información. Riesgos y Oportunidades para la Empresa Española". CDC Ciencias de la Dirección S.A. Madrid
- Sarabia Alzaga, J. M. (1.988): **"Sistemas Expertos: una aproximación en el entorno empresa"**. Actualidad Financiera nº 26. Junio
- Sarabia Alzaga, J. M. (1.991): **"Dirección Empresarial en Cantabria: Un Análisis Crítico"**. Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Cantabria. Santander.
- Savory, S. (ed.) (1.988): **" Artificial Intelligence and Expert Systems"**. Ellis Horword Limited. London
- Schank, R. C. (1.975): **"Conceptual Information Processing"** North-Holland Amsterdam.

- Shirai, Y. y Tsujii, J. (1.987): **"Inteligencia Artificial. Conceptos, técnicas y aplicaciones"**. Ed Ariel S.A. Barcelona.
- Simon, H.A. (1.982): **"La Nueva Ciencia de la Decisión Gerencial"**. El Ateneo, Buenos Aires.
- Simons, G.L. (1.983): **"Los ordenadores de la quinta generación"** Ed. Díaz de Santos S.A. Madrid.
- Simons, G.L. (1.988): **"Introducción a la Inteligencia Artificial"**. Ed. Díaz de Santos S.A. Madrid
- Smith, P. (1.991): **"Knowledge Elicitation Techniques"** ECCAI, ACAI 91.
- Steels, L. (1.990): **"Exploiting Analogical Representations"**. Robotics and Autonomous Systems 6 71-88. North-Holland.
- Suarez Suarez, A. S. (1.990): **"Decisiones óptimas de Inversión y financiación en la empresa"**. Pirámide S.A. Madrid.
- The European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. (1.986): **"New Technology and the Quality of Life. The service sector in Europe"**. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- Timms, H.L. (1.975): **"Sistemas de Decisión gerencial"**. El Ateneo. Buenos Aires.
- Ullman, J.D. (1.988): **"Principles of Database and Knowledge-Base Systems"** Volume I Computer Science Press. Maryland.
- Ullman, J.D. (1.989): **"Database and Knowledge-Base Systems Volume II: The New Technologies"** Computer Science Press. Maryland.
- Van de Velde, W. (1.990): **"Reasoning, Behavior and learning: A Knowledge Level Perspective"**. Cognitiva-90 Madrid.
- Waterman, D. A. (1.986): **"A Guide to Expert Systems"**. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts.

Wegnez, L. F. (1.987): "A la recherche de L'Intelligence; du cerveau humain au cerveau électronique vers l'Intelligence artificielle". Office International de Librairie. Bruxelles.

Winograd, T. y Flores, F. (1.986): " Understanding computers and cognition: a new foundation for design" Ablex Publishing Corporation Norwood.