

01190



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

*2001*

“DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA LA  
ADMINISTRACION DE RECURSOS  
INFORMATICOS (MODELOS Y DATOS DE  
UNA ORGANIZACION”

T E S I S  
Que para obtener el título de:  
DOCTOR EN INGENIERIA

present a:

FEDERICO / HERNANDEZ ALVAREZ

DIRECTORES DE TESIS: DR. SERGIO FUENTES MAYA  
DR. JAIME JIMENEZ GUZMAN



México, D. F.

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A la memoria inolvidable de mi Padre

Su presencia, aún a la distante, es mi fuerza  
Su ejemplo, mi guía  
Su fuerza de voluntad y firmeza en sus principios, mi mayor ambición  
Su dedicación y amor a su familia, mi fe  
Que el tiempo no borre su recuerdo

A mi Madre

Por el gran amor que siempre me ha dado  
Por su heroica pasión por su familia  
Por la fuerza de sus acciones  
Por el orgullo sembrado en cada uno de nosotros  
Por ser mi Madre  
Que la vida me regale muchos años con tu presencia

A Claudia

Mi compañera y amiga, aún antes de conocernos  
Mi cómplice de sueños e ilusiones  
Mi soporte y bastión  
Mi esperanza de hoy y mañana  
Mi amor de siempre

Para Andrés

Mi orgullo  
Mi placer de vivir  
Mis ojos del futuro  
La sangre de mi Padre

A Mis hermanos  
Mis amigos y compañeros de infancia, adolescencia y de toda mi vida

A mis profesores  
Dr. Sergio Fuentes Maya  
Dr. Jaime Jiménez Gúzman

Por proponer y no imponer  
Por su ejemplo y dedicación

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Mi hogar por más de 20 años

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE  
ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS  
INFORMÁTICOS (MODELOS Y DATOS) DE UNA  
ORGANIZACIÓN

Federico Hernández Alvarez

Noviembre de 2001



## RESUMEN

El uso óptimo de los recursos informáticos - datos, modelos, software, hardware - con los que cuenta una organización, es uno de los temas de investigación tanto en el campo de la Investigación de Operaciones (IO) como en el de las Ciencias de la Computación. De un lado, los datos almacenados en los diferentes sistemas de información de las organizaciones, son activos que están solicitando atención para su adecuación y utilización en los procesos de toma de decisiones administrativas y directivas. Por otro lado, el empleo de modelos financieros, económicos, logísticos, y en general de IO, está siendo considerado como un elemento estratégico dentro de las organizaciones. De estos hechos es que ha surgido la necesidad, de parte de los usuarios, de contar con un sistema que permita una interacción eficiente entre datos y modelos dentro una organización.

En el presente trabajo se presentan dos conceptos cuyo propósito es apoyar el uso efectivo tanto de los datos como de los modelos con los que cuenta una organización: *el sistema para el apoyo de decisiones corporativas* y *el sistema para la administración de modelos*. Se plantea la problemática actual del uso de datos en procesos de toma de decisiones, y se propone el desarrollo de un sistema que integre tanto los datos de los procesos sustantivos del negocio como los datos considerados estratégicos en la toma de decisiones. Con respecto al uso y administración de modelos en una organización, se desarrolla el concepto de sistema de administración de modelos y su implantación en un ambiente de cómputo. Finalmente se ofrece un sistema que integre la administración de datos para la toma de decisiones y la administración de modelos.

Con respecto a la conceptualización e implantación del sistema de administración de modelos para la toma de decisiones corporativas en un ambiente de cómputo, se recurrió al uso de metodologías tanto del área de Ciencias de la Computación como de Investigación de Operaciones.

## INTRODUCCIÓN

Desde su aparición, las computadoras han ayudado al desarrollo de diferentes disciplinas científicas, humanísticas y tecnológicas. En el área de investigación de operaciones el uso de las computadoras ha permitido la implantación de modelos financieros, logísticos, y de otra índole en diversos tipos de organizaciones.

Este uso de ambientes de cómputo, en el área de Investigación de Operaciones, ha requerido del talento y creatividad de los profesionales para resolver los problemas presentados en la implantación de modelos en ambientes de cómputo. En un principio, la utilización de computadoras en el área de Investigación de Operaciones, requirió, por parte de los usuarios, contar con conocimientos del área de Ciencias de la Computación, por ejemplo: lenguajes de programación, metodologías de desarrollo de sistemas, estructuras de datos, bases de datos, etcétera. De estos inicios se creó una área de estudio dedicada al desarrollo de ideas y métodos que apoyaran a un mejor y más eficiente uso de los recursos informáticos dentro del área de Investigación de Operaciones.

En esta área de investigación se han producido avances significativos en el desarrollo de lenguajes, metodologías y sistemas, comparables con los que en Ciencias de la Computación se han realizado. Pero debido a la diferencia tanto de propósito como de visiones, entre la Investigación de Operaciones y las Ciencias de la Computación, los caminos de investigación que han seguido han sido diferentes; no obstante, la cooperación e intercambio de ideas entre ambas disciplinas, ha sido evidente y necesaria.

En el presente trabajo se presentan dos conceptos cuyo propósito es hacer un mejor uso de los recursos informáticos en una organización:

- i) *El primero*, es la conceptualización de un *sistema para el apoyo de decisiones corporativas* (SADC), como respuesta a la necesidad de construir sistemas alineados con el comportamiento y desarrollo de la organización y su entorno (administración, evolución, competencia, mercados, etcétera.). Se propone una metodología que apoye la creación de dicho sistema; a diferencia de las metodologías desarrolladas en el área de cómputo, esta metodología pone especial cuidado en la relación que debe existir entre el sistema y las actividades de la organización. Se manejan los conceptos de planeación, administración de procesos, administración de modelos y toma de decisiones, como factores importantes que la metodología debe considerar, y por lo tanto el sistema SADC.
- ii) *El segundo*, es el concepto de administración de modelos, que se muestra y analiza en el contexto estratégico de una organización como elemento sustantivo de un sistema de tipo SADC. El desarrollo de este sistema de administración de modelos utiliza la metodología de un almacén de datos como medio para administrar sus datos de entrada y salida a modelos. Esta fusión de conceptos, administración de modelos y almacén de datos, ayuda a una mejor administración tanto de los modelos de una organización, como de sus datos.

El trabajo se divide en seis capítulos, a continuación se presenta un resumen de los principales puntos y conclusiones de cada uno:

**Capítulo 1.** Se expone la metodología utilizada en el desarrollo del *sistema para el apoyo de decisiones corporativas* (SADC); se integran metodologías de áreas como: Planeación, Computación, Investigación de Operaciones y Teoría de Decisiones. El objetivo de esta fusión de metodologías, es mejorar el proceso de toma de decisiones en las organizaciones. El sistema incluye el siguiente conjunto de funciones:

- (i) *Almacenamiento de datos de las actividades sustantivas del negocio.* La conceptualización y diseño de un sistema de información en concordancia con el plan sustantivo del negocio es parte integral del sistema propuesto. La captura y administración de los datos operacionales de las principales actividades de la organización se realiza de manera sistematizada.
- (ii) *Conceptualización y administración de datos para el proceso de toma de decisiones.* La separación y transformación de los datos de la operación de la organización en datos para el análisis y la síntesis que conduzca a la toma de decisiones, se realiza de manera transparente para usuarios no expertos en computación.
- (iii) *Administración de modelos para el proceso de toma de decisiones.* El sistema cuenta con una interfaz para el desarrollo, representación, almacenamiento, control y ejecución de modelos matemáticos, financieros y de inventarios. Esta interfaz apoya el uso de modelos, para usuarios ejecutivos y/o administrativos.

Estas funciones apoyan aspectos como:

- (i) *Utilización más eficiente de los recursos informáticos.* Para hacer un mejor uso de los recursos informáticos de una organización es necesario: a) tener una clara idea de la cantidad, calidad y disponibilidad de estos recursos; y b) contar con los medios administrativos y tecnológicos requeridos para la explotación de los mismos. El sistema propuesto ayuda tanto al conocimiento de los recursos informáticos como a su explotación.
- (ii) *Uso de modelos de Investigación de Operaciones (IO).* El uso de modelos específicos (inventarios, financieros, pronósticos, etcétera) deberá incrementarse en las empresas, y por consiguiente, la creación de ventajas competitivas.
- (iii) *Trabajo interdisciplinario.* La interacción entre diversos miembros de una organización, para el diseño y utilización de un sistema como el propuesto, promueve el trabajo en equipo de diversos especialistas, de esa interacción debe resultar una mejor toma de decisiones.

**Capítulo 2.** Se muestra el desarrollo del sistema, utilizando la metodología propuesta en el capítulo anterior. El sistema desarrollado fue para apoyar los procesos de toma de decisiones corporativas en el área de costos de una organización. Se enfatiza la importancia de la fase de análisis, tanto de los aspectos operativos como de los procesos de toma de decisiones. También se definen los objetivos y metas que el sistema debe

satisfacer, lo que ayudará a la aceptación del sistema por parte de sus usuarios. El sistema está formado por tres módulos:

- (i) *Operacional*, encargado de la administración de los flujos de costos diarios en los que incurren las actividades sustantivas de la organización. Un sistema de información con características especiales fue desarrollado para esta función. Este sistema fue desarrollado con la perspectiva de apoyar tanto las actividades administrativas (operación diaria) como las directivas (planes estratégicos) de la organización.
- (ii) *Táctico*, responsable de la generación de reportes, desarrollo de estados financieros y análisis de información simples. Un almacén de datos es la herramienta que apoya las operaciones tácticas de la empresa.
- (iii) *Estratégico*, responsable de apoyar el desarrollo de planes estratégicos, mediante análisis de riesgo, generación de escenarios y pronósticos. La construcción de modelos se realiza utilizando el concepto de modelado estructurado. El modelado estructurado prueba sus ventajas tanto para la definición de los modelos como en su implantación en un ambiente de cómputo.

El desarrollo del sistema toma en cuenta las siguientes características:

- (i) *Definición de las necesidades de los usuarios en forma sistematizada*. La utilización de una metodología de análisis de problemas y toma de decisiones, permite establecer necesidades genéricas que el sistema debe satisfacer. Se propone un sistema que da solución a un problema real.
- (ii) *Vinculación de los modelos de datos e información con el modelo organizacional*. Un factor importante que se toma en cuenta para el desarrollo del sistema, es la necesidad de contar con los datos y los modelos de información que apoyen el proceso de toma de decisiones. Se utiliza el concepto de almacén de datos en armonía con el contexto táctico y estratégico de la organización.
- (iii) *Fusión del modelo de información con los procesos de análisis y síntesis*. Los modelos de información son la fuente de datos que alimentan al conjunto de modelos de la organización. Se propone el uso del concepto de almacén de datos como el medio para alimentar los modelos. Esto facilita el uso de modelos en las organizaciones.

**Capítulo 3.** Presenta una síntesis de los principales trabajos realizados con relación al concepto de sistema de administración de modelos (SAM), así como también la definición del concepto modelo y los pasos frecuentemente utilizados en la definición y construcción de modelos. Se concluyen los siguientes puntos:

- (i) *Definición del problema*. Existe una clara definición del concepto de SAM, como un administrador de modelos de tipo cuantitativo; se definen sus fronteras de

aplicación, sus problemas actuales y los principales conceptos relacionados con él.

- (ii) *Esquemas de modelación.* Los esquemas de modelación presentados manejan el concepto de modelo desde la perspectiva cuantitativa; esto es, administran modelos de tipo programación matemáticos, estadísticos, simulación, pronóstico, entre otros; se observa una ausencia en el manejo de modelos cualitativos. Esta ausencia de mecanismos para la administración de modelos cualitativos tiene implicaciones importantes si se desea utilizar esta herramienta en la resolución de problemas reales. En muchas ocasiones la solución de un problema real involucra tanto modelos cuantitativos como cualitativos.
- (iii) *Conceptualización.* Se presentan perspectivas diferentes para conceptualizar un SAM; que coinciden en los siguientes elementos: (a) se manifiesta la necesidad de contar con un lenguaje visual como medio de interacción máquina – hombre; (b) la importancia de construir y utilizar bases de conocimiento de modelos, “solver” y datos, que permitan la interacción modelo – “solver” – datos; y (c) se describen los principales módulos que un sistema de este tipo debe contener.

De estas observaciones surgen las siguientes propuestas:

- (i) *Definición de las bases de conocimiento.* Los diferentes autores plantean la necesidad de contar con bases de modelos, “solver” y datos, pero no la manera en cómo podría conceptualizarse esta base de conocimiento de manera integral; se sugiere la construcción de una estructura conceptual que integre información de modelos, “solver” y datos de una organización.
- (ii) *Relación base de conocimiento y lenguaje visual de representación.* Un lenguaje visual para la interacción usuario - máquina, debe ser desarrollado. Yeo y Hu (1995) proponen emplear un lenguaje de modelación algebraica, como marco conceptual para el desarrollo de este lenguaje visual. Es importante que se garantice el desarrollo de este lenguaje visual en coordinación con el diseño de la base de conocimiento, debido a que éste será el medio para la utilización de la base.
- (iii) *Relación entre la administración de modelos y la administración de datos.* Se sugiere el uso del concepto de almacén de datos como medio para realizar la liga modelo - dato. Más importante que la liga “solver” – modelo, es la liga de modelo – dato. Es evidente que un modelo sin datos no sirve de mucho. La primera limitación para no utilizar un modelo es no contar con los datos que éste requiere.
- (iv) *Ambiente estándar de “solver”.* La tendencia tecnológica es hacia el uso de ambientes y lenguajes homogéneos, por lo tanto, se recomienda, para el desarrollo del ambiente de modelación, pensar en “solver” con características homogéneas más que en la posibilidad de manejar ambientes heterogéneos.

**Capítulo 4.** A partir de las definiciones de las bases de conocimiento de datos y modelos para el apoyo de decisiones, se construye el marco conceptual del sistema de administración de modelos (SAM). Este sistema permite la administración, de manera

integral, de los recursos informáticos con los que cuenta una organización (modelos y datos).

Se concluye que un sistema de este tipo ayudará a resolver problemas como:

- (i) *Liga problema – modelo.* Para un directivo, analista o consultor, contar con información de los modelos existentes en la base de conocimiento, le ayuda en las fases de análisis y planeación, conceptualización y simbolización del proceso de modelación (ver metodología de modelación capítulo 3).
- (ii) *Liga modelo – modelo.* La estructura presentada incluye el concepto de desarrollo de modelos utilizando modelos existentes, mediante la definición de modelos compuestos. El uso eficiente de esta característica dependerá en gran medida de la interfaz que se implemente.
- (iii) *Liga modelo – dato.* El desarrollo de la base de conocimiento ayuda al uso de los datos y modelos de la organización. Se remarca la importancia que tiene la interacción entre datos y modelos en procesos de toma de decisiones.
- (iv) *Administración de modelos.* Dado que el modelo y sus componentes se conceptualizaron para ser representados en una base de datos, las funcionalidades de un administrador de datos ayudan a la administración de los modelos dentro una organización.

**Capítulo 5.** Se demuestra que el modelo conceptual propuesto permite construir un sistema de administración de modelos, así también la manera como éste apoya a la solución de los problemas que existen en las ligas problema - modelo, modelo – modelo y modelos – dato, éstos los siguientes hechos apoyan esta afirmación:

- *Liga problema – modelo,* al ofrecer el sistema información de los modelos con los que cuenta la organización, se ayuda a la selección del modelo que mejor pueda ayudar a la resolución del problema.
- *Liga modelo – modelo,* el sistema cuenta con funciones que permiten la construcción de modelos compuestos. Al momento solamente se cuenta con una procedimiento semi – manual no gráfico, se está trabajando en la interfaz que permita esta composición de modelos en un ambiente gráfico. Es importante mencionar que existen funciones que validan la correcta composición de modelos, en particular dos aspectos son verificados: no se permite definir modelos compuesto como gráficas no acíclicas; y segundo se comprueba que los puertos que realizan la conexión entre modelos sean compatibles.
- *Liga modelo – dato,* el sistema cuenta con una base de datos, de la información considera estratégica para la organización. Para ligar un modelo con los datos que necesita para su ejecución lo único que debe hacer es seleccionarlo. El sistema sólo permite asociar datos a un modelo, si éstos están definidos como elementos del mismo.

Aseguramos que el sistema promueva el uso óptimo de los modelos y sus datos en una organización. Basado en la simplificación tanto de la comprensión de un modelo, se ofrece información general sobre el modelo en forma gráfica y con enunciados simples, como en su operación, la interfaz para la ejecución de modelos es amigable e intuitiva.

**Capítulo 6.** Finalmente, en este capítulo se discuten las motivaciones que llevaron al desarrollo de este trabajo, sus aportaciones, las áreas de aplicación, los trabajos recomendados a realizar en un futuro inmediato y las conclusiones generales.

## CAPÍTULO 1: METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS PARA EL APOYO DE DECISIONES CORPORATIVAS

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1.	METODOLOGÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS.....	2
1.2.	METODOLOGÍA INTEGRAL .....	7
<b>2.</b>	<b>ANÁLISIS DE NECESIDADES .....</b>	<b>10</b>
2.1.	ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS .....	11
2.2.	ANÁLISIS DE DECISIONES .....	12
<b>3.</b>	<b>PLANEACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>14</b>
3.1.	PROPÓSITO BÁSICO .....	16
3.2.	DIAGNÓSTICOS Y ESCENARIOS.....	17
3.3.	OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS.....	17
3.4.	ACCIONES ESTRATÉGICAS .....	18
<b>4.</b>	<b>DISEÑO LÓGICO DEL MODELO.....</b>	<b>18</b>
4.1.	DISEÑO SISTÉMICO .....	18
4.2.	DISEÑO DE LA SEMÁNTICA DE DATOS.....	27
4.3.	DISEÑO ESTRUCTURADO DE MODELOS.....	35
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>46</b>
<b>7.</b>	<b>TABLA DE FIGURAS .....</b>	<b>48</b>

## CAPÍTULO 2: DESARROLLO DE UN SADC PARA COSTOS

<b>1.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD COSTOS.....</b>	<b>50</b>
1.1.	GRADO DE CONVERSIÓN DE LAS EMPRESAS .....	51
1.2.	CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS .....	52
1.3.	ASIGNACIÓN DE COSTOS .....	54
1.4.	MÉTODO DE COSTEO ABC.....	57
<b>2.</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES .....</b>	<b>59</b>
2.1.	ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS .....	59
2.2.	ANÁLISIS DE DECISIONES .....	62
<b>3.</b>	<b>PLAN SUSTANTIVO.....</b>	<b>63</b>
3.1.	OBJETIVOS .....	64
3.2.	METAS .....	64
3.3.	PLANES Y/O ACTIVIDADES.....	64
<b>4.</b>	<b>DISEÑO DEL MODELO LÓGICO.....</b>	<b>65</b>
4.1.	MÓDULO OPERATIVO.....	66
4.2.	MÓDULO TÁCTICO.....	75
4.3.	MÓDULO ESTRATÉGICO.....	77
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE PARA EL DESARROLLO .....</b>	<b>82</b>



6.	CONCLUSIONES.....	82
7.	REFERENCIAS .....	84
8.	ANEXO A .....	85
9.	ANEXO B.....	92
10.	TABLA DE FIGURAS .....	94

### CAPÍTULO 3: ADMINISTRACIÓN DE MODELOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	96
2.	PROCESO DE MODELACIÓN.....	97
2.1.	DEFINICIÓN DE MODELO.....	97
2.2.	METODOLOGÍA DE MODELACIÓN .....	102
3.	SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE MODELOS (SAM) .....	106
3.1.	CONCEPTOS Y MOTIVACIÓN .....	107
3.2.	ENFOQUE DE SISTEMAS .....	110
3.3.	ENFOQUE ORIENTADO A OBJETOS .....	118
3.4.	MODELADO ESTRUCTURADO .....	124
4.	CONCLUSIONES.....	131
5.	REFERENCIAS .....	133
6.	TABLA DE FIGURAS .....	136

### CAPÍTULO 4: MÓDULO ESTRATÉGICO DEL SISTEMA INTEGRAL PARA EL SOPORTE DE DECISIONES

1.	INTRODUCCIÓN.....	138
2.	DEFINICIÓN DEL MÓDULO ESTRATÉGICO.....	140
2.1.	BASE DE CONOCIMIENTO .....	141
2.2.	BASE DE DATOS.....	141
2.3.	BASE DE MODELOS.....	143
3.	EJEMPLO .....	149
3.1.	EL MÓDULO ESTRATÉGICO .....	152
3.2.	ESQUEMA DE ADMINISTRACIÓN DE MODELOS .....	153
4.	CONCLUSIONES.....	159
5.	REFERENCIAS .....	160
6.	ANEXO A .....	163

7.	TABLA DE FIGURAS .....	166
----	------------------------	-----

## CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE MODELO (FINANCIEROS)

1.	INTRODUCCIÓN.....	168
2.	ANÁLISIS DE INVERSIONES.....	170
3.	SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE MODELOS FINANCIEROS .....	171
3.1.	ADMINISTRACIÓN DEL CATÁLOGO DE MODELOS Y DATOS.....	172
3.2.	EXPERIMENTACIÓN Y EJECUCIÓN DE MODELOS.....	178
4.	COMENTARIOS .....	181

## CAPÍTULO 6: APLICACIONES DEL SISTEMA, CONCLUSIONES

1.	INTRODUCCIÓN.....	183
2.	MOTIVACIÓN .....	183
3.	APORTACIONES.....	184
4.	ÁREAS DE APLICACIÓN .....	184
5.	TRABAJOS FUTUROS .....	185
6.	CONCLUSIONES.....	186

CAPÍTULO 1

METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE  
SISTEMAS PARA EL APOYO DE DECISIONES  
CORPORATIVAS

CONTENDIO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.1. METODOLOGÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS.....	2
1.2. METODOLOGÍA INTEGRAL.....	7
<b>2. ANÁLISIS DE NECESIDADES .....</b>	<b>10</b>
2.1. ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS.....	11
2.2. ANÁLISIS DE DECISIONES.....	12
<b>3. PLANEACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>14</b>
3.1. PROPÓSITO BÁSICO.....	16
3.2. DIAGNÓSTICOS Y ESCENARIOS.....	17
3.3. OBJETIVOS Y ESTRATEGIAS .....	17
3.4. ACCIONES ESTRATÉGICAS .....	18
<b>4. DISEÑO LÓGICO DEL MODELO .....</b>	<b>18</b>
4.1. DISEÑO SISTÉMICO .....	18
4.2. DISEÑO DE LA SEMÁNTICA DE DATOS .....	27
4.3. DISEÑO ESTRUCTURADO DE MODELOS .....	35
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>6. REFERENCIAS .....</b>	<b>46</b>
<b>7. TABLA DE FIGURAS.....</b>	<b>48</b>

## RESUMEN

Al comienzo de los años 90, los administradores de organismos públicos y privados comenzaron a incrementar su atención en la necesidad de explotar los datos almacenados en sistemas de información, tanto internos como externos a la organización, desde un punto de vista estratégico. Consideraban que la utilización de estos datos podría ser el medio de mejorar el servicio a clientes, cooperar con proveedores, y con ello generar nuevas ventajas competitivas. A partir de este comportamiento aparecieron conceptos como: *Sistemas de Administración de Modelos* (SAM, en inglés *Model Management Systems*), *Almacenamiento de Datos* (AD, en inglés *Data Warehousing*), *Minería de datos* (MD, en inglés “*Data Mining*”), y progresos en los conceptos de *Sistemas para el Soporte de Decisiones* (SSD, en inglés *Decision Support Systems*) y *Sistemas de Administración de Información* (SAI, en inglés, *Management Information Systems*), que más que productos comerciales con características específicas, son metodologías enfocadas a resolver necesidades particulares de algunas etapas del proceso de toma de decisiones en una organización. Al mismo tiempo, el incremento en el alcance de los proyectos planteó la necesidad de contar con procesos más estrictos de administración y control del desarrollo de sistemas.

En este capítulo se plantea la necesidad de contar con una metodología que combine las ventajas de las metodologías antes mencionadas, con el propósito de mejorar el desarrollo de sistemas que apoyen los procesos de toma de decisiones, desde una perspectiva integral. Se sugiere el desarrollo de un *Sistema para el Apoyo de Decisiones Corporativo* (SADC). Un SADC es un sistema de cómputo que de manera integral apoya los siguientes procesos informáticos de una organización: (i) almacenamiento ordenado de datos de los principales procesos internos y externos de una organización; (ii) generación de información para la toma de decisiones, a partir de los datos almacenados en sus sistemas de información; y (iii) administración de modelos matemáticos, financieros, económicos, entre otros.

Para el desarrollo del sistema, se propone un marco de administración de desarrollo de software, que utilice metodologías de planeación, organización y control de las actividades.

## 1. Introducción

En este capítulo se presenta una metodología de análisis y diseño de un *Sistema para el Apoyo de Decisiones Corporativas* (SADC). El capítulo se divide en cinco secciones: en la primera, se presentan las principales metodologías existentes para el desarrollo de sistemas de cómputo; en las siguientes tres secciones se describen los pasos de la metodología propuesta: análisis, planeación y diseño; finalmente se exponen conclusiones sobre la metodología propuesta.

### 1.1. Metodologías para la construcción de sistemas

Se presenta una descripción de las principales metodologías utilizadas para el desarrollo de sistemas, como marco de referencia a la metodología desarrollada en la tesis.

El desarrollo de sistemas de cómputo se ha realizado utilizando diversas metodologías; cada una de éstas se originó para implantar diferentes tipos de sistemas. Para fines de análisis se clasificarán estas metodologías en tres grupos: “*Ingeniería de Software*”, “*Sistemas de Información (SI)*”, y “*Sistemas para el Soporte de Decisiones (SSD)*”. En la Tabla 1, se muestran los pasos típicos utilizados por cada uno de estos grupos.

TABLA 1 METODOLOGÍAS PARA DESARROLLO DE SISTEMAS  
(SAGE AND PALMER, 1990)

<i>Ingeniería de Software</i>	<i>Sistemas de Información</i>	<i>Sistemas para el soporte de decisiones (SSD)</i>
<p><b>ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Definición del usuario.</li> <li>Especificación de requerimientos del usuario.</li> <li>Especificación de requerimientos de software.</li> <li>Especificación de documentación.</li> </ol>	<p><b>PLANEACIÓN</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Plan sustantivo del negocio (objetivos, metas, planes y funciones sustantivas).</li> <li>Desarrollo del modelo de la empresa (diagramas de flujo de datos, cruz de Malta, matriz de planeación).</li> </ol>	<p><b>ANÁLISIS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Entrevistas estructuradas.</li> <li>Análisis de decisiones.</li> <li>Análisis de datos.</li> <li>Análisis técnico.</li> <li>Orientación conceptual del SSD.</li> <li>Planes y prioridades.</li> </ol>
<p><b>DISEÑO CONCEPTUAL LÓGICO Y DETALLADO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Diseño estructurado lógico.</li> <li>Diseño en detalle y codificación.</li> </ol>	<p><b>ANÁLISIS Y DISEÑO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Modelo conceptual (diagramas de flujo detallados, diagramas entidad relación).</li> <li>Modelo operativo (esquema relacional, normalización).</li> <li>Modelo funcional (diagramas de acción, diseño de módulos operativos).</li> </ol>	<p><b>EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE SOFTWARE</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Evaluación y selección de software.</li> </ol>
<p><b>PROGRAMACIÓN Y PRUEBA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Programación.</li> <li>Prueba de software.</li> </ol>	<p><b>IMPLEMENTACIÓN</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Diseño físico.</li> <li>Prototipo.</li> <li>Compra o construcción del sistema.</li> <li>Documentación para el usuario.</li> <li>Prueba.</li> <li>Entrenamiento.</li> <li>Aceptación del usuario.</li> <li>Conversión.</li> </ol>	<p><b>DESARROLLO DEL PROTOTIPO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Alcance del prototipo.</li> <li>Criterios de evaluación del proyecto.</li> <li>Diseño detallado.</li> <li>Construcción del sistema</li> <li>Prueba del sistema.</li> <li>Presentación del prototipo.</li> <li>Evaluación.</li> </ol>
<p><b>MANTENIMIENTO Y CALIDAD</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Métricas de calidad y pruebas.</li> <li>Mantenimiento de software.</li> </ol>	<p><b>MANTENIMIENTO</b></p>	<p><b>OPERACIÓN Y SOPORTE</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Orientación funcional.</li> <li>Entrenamiento para operación.</li> <li>Puesta en marcha.</li> <li>Mantenimiento.</li> </ol>
<p><b>INSTALACIÓN E IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA</b></p>		

Cada una de estas metodologías presentan características específicas. En el caso de la metodología de “*ingeniería de software*” se considera de uso general, es decir ésta puede ser utilizada tanto para construir un sistema multimedia como para un sistema de nómina. Por otro lado, la metodología de “*desarrollo de un sistema de información*” se utiliza en el desarrollo de sistemas integrales de bases de datos; estas bases de datos son construidas con la finalidad de generar la información requerida en los procesos de toma de decisiones de

las empresas. Finalmente la metodología para el “*desarrollo de sistemas para el soporte de decisiones*”, se emplea para desarrollar sistemas de análisis y síntesis de información (por ejemplo, modelos económicos, financieros, pronósticos, gráficas, y reportes), requeridos en el análisis estratégico de la administración y/o dirección de una organización.

Por otro lado, se pueden clasificar los procesos que apoyan a las empresas, públicas o privadas, al realizar sus principales funciones dependiendo de su ubicación en la pirámide organizacional. La Figura 1 muestra la propuesta por Robert Anthony (1965).

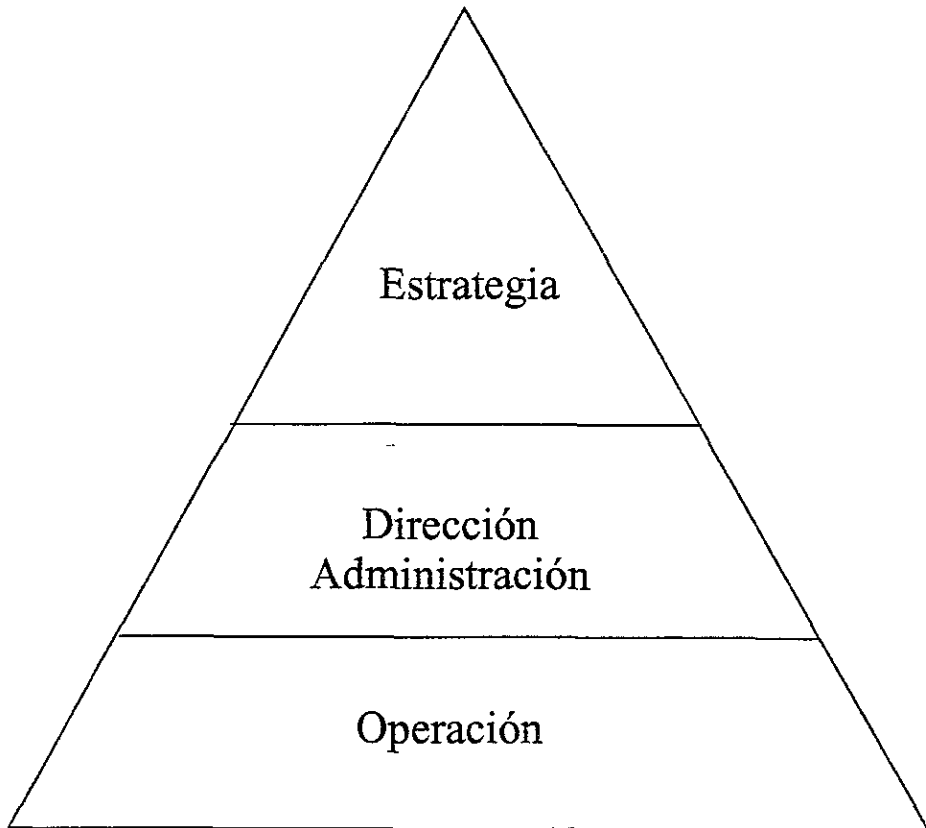


FIGURA 1. PIRÁMIDE ORGANIZACIONAL (ANTHONY, 1965)

Modell (1988) utilizando esta pirámide organizacional, propone una clasificación de los sistemas de cómputo que operan en una empresa, ver Figura 2. En esta clasificación se observan dos grupos de sistemas: los *operacionales* y los *generadores de información*.

Los sistemas *operacionales* o *transaccionales* son los encargados de registrar y apoyar las operaciones diarias de una empresa o negocio; ejemplos de sistemas operacionales son: sistemas de cuentas por pagar y movimientos de inventario.

Por su lado, los sistemas *generadores de información* se dividen en dos grupos:

- (i) *Sistemas de análisis administrativo*, este tipo de sistemas producen información empleando medios simples de análisis o síntesis de datos; por ejemplo, una consulta a las bases de datos operacionales o la preparación y presentación de gráficas; y
- (ii) *Sistemas generadores de información estratégica*, éstos son aplicaciones de cómputo cuya función es la generación de información para el apoyo a la toma de decisiones estratégicas. Estos basan su funcionamiento en el uso de modelos matemáticos, económicos, financieros, entre otros.

Los procesos de análisis y desarrollo asociados a cada uno de estos tipos de sistemas son diferentes.

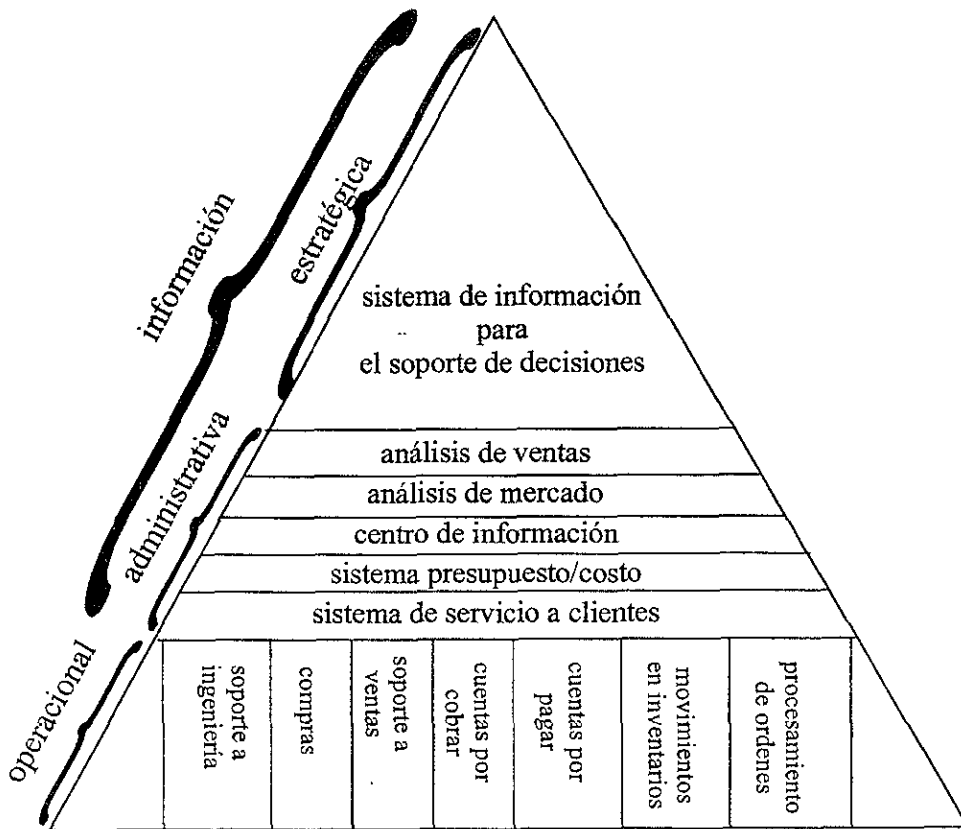


FIGURA 2. SISTEMA OPERACIONAL VERSUS SISTEMA DE INFORMACIÓN

La diferencia entre metodologías de desarrollo para estos tipos de sistemas proviene del hecho de que los sistemas operacionales son los encargados de la estructura de la información (bases de datos, sistemas de información) y los sistemas generadores de información, por su lado, manejan la semántica de la información (sistemas para el análisis y síntesis de información).

En el análisis de requerimientos de un *sistema de información*, se desea conocer la estructura de la información requerida por la organización para llevar a cabo su plan

sustantivo; mientras que en el análisis de un *sistema para el apoyo de decisiones*, lo que se desea es identificar los procesos utilizados para la creación de información (semántica de la información).

La semántica de la información es más difícil de manejar que la estructura (Meador et. al., 1998). Sistemas que apoyen el proceso de toma de decisiones corporativas trabajan tanto con la estructura como con la semántica de la información. Esto implica que el desarrollo conceptual de un SADC presenta un reto mayor, comparado con el desarrollo de un sistema de cómputo tradicional.

Las metodologías expuestas en la Tabla 1, manejan la estructura o la semántica de los datos, pero no ambas.

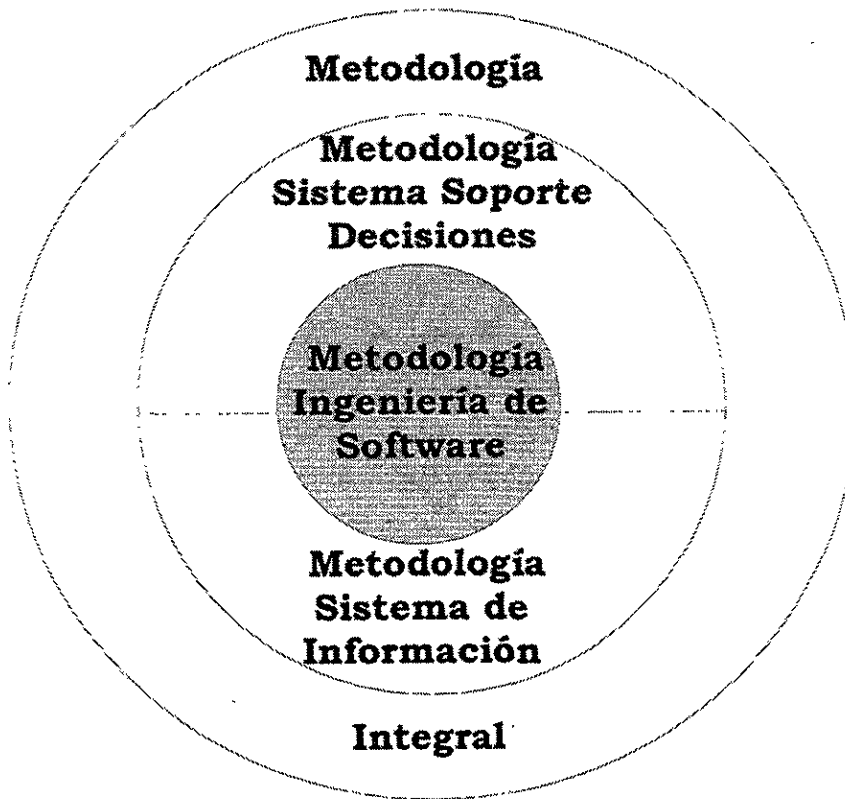
El desarrollo de un SADC es considerado como un proyecto de *ingeniería de software*, en donde se desea apoyar el proceso de análisis de datos, requerido por usuarios expertos en las aplicaciones del negocio; estos requerimientos de análisis son de un grado de dificultad que es necesario el uso de modelos matemáticos, económicos, financieros u otros (*sistemas para el apoyo de decisiones*).

Así, también la metodología para el desarrollo de un SADC plantea la relación que existe, entre los componentes principales del sistema (datos, modelos y procesos) y la visión de la organización (estructura de la organización) (*sistema de información*). Se muestra esquemáticamente en la Figura 3.

En la Figura 3, se plantea la alternativa de contar con una metodología que integre los beneficios de las metodologías de: *ingeniería de software*, *sistemas de información* y *soporte de decisiones*. La metodología de desarrollo consta de tres etapas:

- (i) *análisis de requerimientos*, identificación de los requerimientos tanto para el sistema operacional como para el sistema de toma de decisiones, incluyendo la interacción entre la estructura y la semántica de la información;
- (ii) *planeación del proyecto*, generación de un plan sustantivo del proyecto, y la coordinación y control del desarrollo del mismo; y
- (iii) *diseño del sistema*, desarrollo conceptual de los módulos que formarán el sistema: *operacional*, encargado de la recopilación y administración de los datos de las principales actividades de la organizacional; *táctico*, compuesto por herramientas generadoras de información para la tomas decisiones; *estratégico*, encargado de la administración de modelos matemáticos, financieros y económicos, requeridos por la organización.





## Desarrollo de Metodologías

FIGURA 3. RELACIÓN ENTRE LAS METODOLOGÍAS

### 1.2. Metodología integral

Una metodología integral requiere analizar tanto la estructura como la semántica de la información, y la relación que existe entre ambas.

El desarrollo de un SADC plantea los siguientes retos:

- (i) *Trabajo interdisciplinario.* Los sistemas se deben desarrollar como resultado de un trabajo en donde intervengan los puntos de vista de administradores, empresarios, asesores y especialistas en cómputo; es necesario buscar la manera de interactuar en forma más eficiente;
- (ii) *Nuevas formas de organizar el almacenamiento de datos.* Las estructuras de los datos almacenados en los sistemas de información deben promover el uso de modelos financieros, logísticos y matemáticos;
- (iii) *Nuevos caminos para administrar modelos.* La representación, almacenamiento y ejecución de modelos, utilizados en los procesos de análisis y síntesis de la información, debe simplificarse; los modelos deben ser accesibles a más usuarios.

Los puntos anteriores, proponen involucrar conocimientos y metodologías de diversos campos. En la Figura 4, se presenta la interacción que debe existir entre las áreas de Planeación, Ciencias de la Computación, Ciencias de la Administración y Teoría de Decisiones, como apoyo al desarrollo de la metodología propuesta.

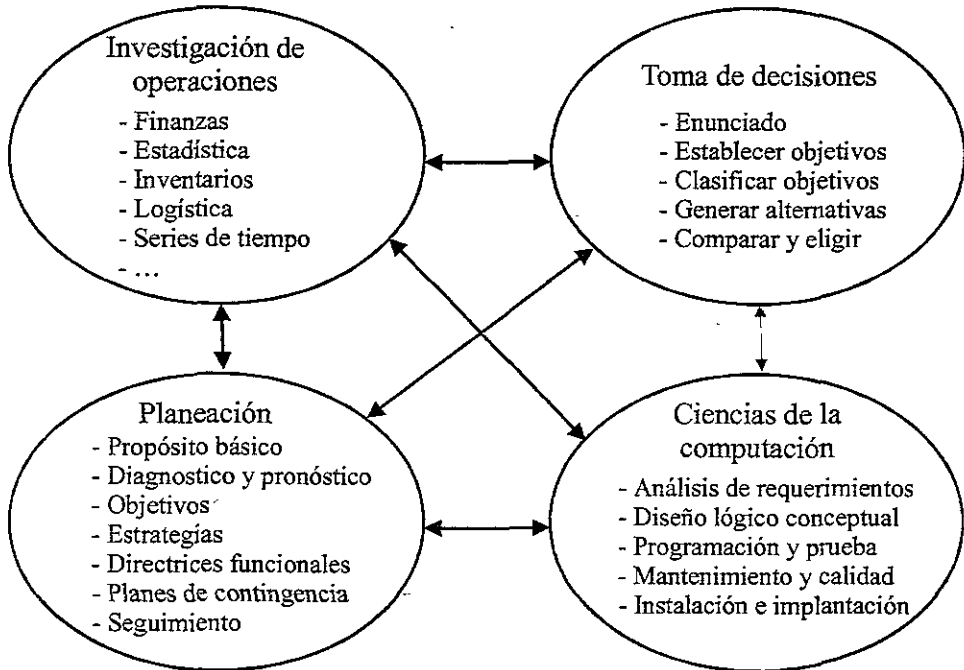


FIGURA 4. INTERACCIÓN ENTRE AREAS PARA LA CONTRUCCIÓN DE SISTEMAS CORPORATIVOS

Los conceptos y herramientas propuestos por el área de Ciencias de la Computación para el desarrollo de sistemas, requieren de adiciones para el desarrollo de un sistema con las características que aquí se detallan, en particular:

- (i) *Teoría de decisiones*: se debe contar con herramientas para el análisis, que permitan conocer la manera como se realizan los procesos de toma de decisiones de la organización, así como la identificación de los enunciados de los problemas, asociados con estas decisiones.
- (ii) *Planeación*: se debe contar con un proceso de planeación, organización y control del proyecto, en donde se definan los objetivos, metas, y estrategias para el desarrollo del sistema.
- (iii) *Investigación de operaciones*: se deben apoyar y entender los procesos de modelación requeridos para el análisis y síntesis de información (desarrollo, representación, almacenamiento y control de modelos).

En el presente capítulo se presenta una metodología para el desarrollo de un SADC, ver Figura 5. La metodología consta de tres etapas:

- *Análisis de necesidades.* Se asume que las necesidades de los usuarios son el producto de los problemas a los que se enfrentan, y se desea que el sistema le apoye a resolver. Se aspira a identificar el patrón de toma de decisiones utilizado por los usuarios. Se presenta una serie de pasos de análisis basados en técnicas de solución creativa de problemas, búsqueda de enunciados de problemas, y teoría de decisiones, con el propósito de identificar los procesos de toma de decisiones de la organización.
- *Planeación del proyecto.* Debido al alcance del SADC, nivel corporativo, es conveniente contar con una metodología que ayude: a la identificación del propósito básico del sistema, al establecimientos de metas, organización y control, así como a la eficaz realización del proceso de planeación de un proyecto.
- *Diseño lógico del modelo.* Es necesario contar con un marco conceptual en donde, de manera integral, quede representado tanto la estructura como la semántica de la información.

A continuación se presenta el detalle de cada una de estas etapas de la metodología propuesta.

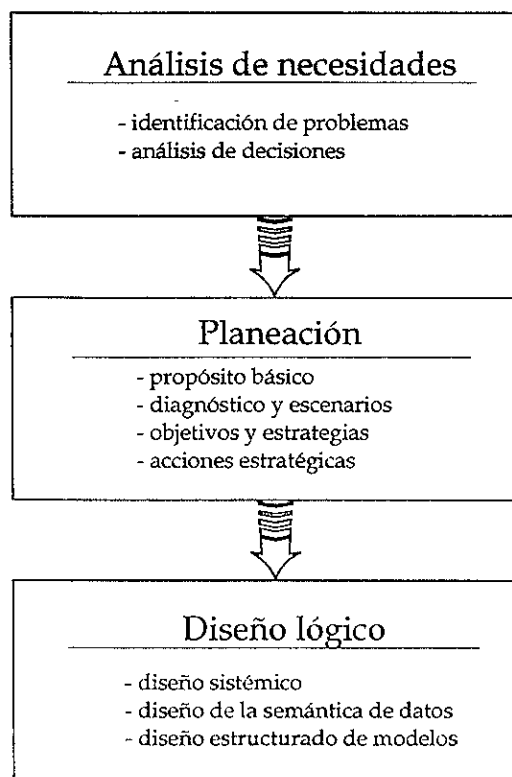


FIGURA 5 METODOLOGÍA INTEGRAL PARA EL DESARROLLO DE SADC

## 2. Análisis de necesidades

La fase de análisis de requerimientos del proyecto, es considerada tradicionalmente de suma importancia, por ejemplo, Boehm (1988) ha mostrado que la mayoría de los errores introducidos en un sistema nuevo es a través de errores en el análisis. Shoonam y Bolsky, (1975) por su cuenta, encontraron que los errores en el análisis son los más costosos de corregir, y tienen gran impacto en la eficiencia del sistema en comparación con los errores en el diseño y construcción.

En aplicaciones de *sistemas para el apoyo de decisiones*, las investigaciones sugieren que el planteamiento del problema es percibido por usuarios y los desarrolladores como una actividad importante; por desgracia, ésta no se ha realizado tan efectivamente como se desearía (Meador et. al., 1984).

Existen múltiples metodologías utilizadas para el análisis de requerimientos de aplicaciones de procesamiento de datos; éstas incluyen la planeación de sistemas de negocios de IBM (IBM, 1978), técnicas de análisis estructurado (Constantine and Yourdon, 1979), técnicas de análisis y diseño de SofTech (Ross and Schoman, 1977; Rudkin and Sheve, 1979) entre otras.

Estas metodologías comparten las siguientes características:

- (i) Análisis de flujos de información y estructura de datos para aplicaciones grandes y estructuradas.
- (ii) Especificación detallada de los flujos y la estructura de los datos de manera que puedan ser directamente trasladadas al diseño del sistema. Los proyectos se dividen y asignan entre múltiples programadores, por lo que se requiere de gran detalle de especificación para evitar problemas de coordinación.
- (iii) Transferencia efectiva del detalle del análisis al diseño del sistema.
- (iv) Inversión extensiva en tiempo y recursos para adquirir el nivel de detalle requerido.

Las metodologías para el análisis de *sistemas para el apoyo de decisiones*, por su lado, están diseñados para dar a estos sistemas un inicio rápido, dado que se desea alcanzar resultados en poco tiempo. Estas metodologías de análisis involucran al usuario como un factor importante en el desarrollo del sistema; están orientadas a la identificación de las actividades gerenciales de toma de decisiones y enfatizan la prescripción y descripción de las actividades organizacionales. En resumen las metodologías de análisis para *sistemas para el apoyo de decisiones* están encaminadas a la identificación y entendimiento de los procesos de toma de decisiones de los usuarios.

En la metodología propuesta, se presta especial atención a la fase de análisis del sistema. Se toman ideas y técnicas de áreas como búsqueda y análisis de problemas y resolución de éstos creativamente.

El análisis de requerimientos para un SADC permite entender y representar los procesos de toma de decisiones, así como la relación de estos procesos con el modelo de datos e

información requeridos. Se proponen dos etapas para el análisis de requerimientos de los usuarios:

- (i) *análisis e identificación de problemas*: ¿cuáles son los problemas a los que se enfrentan diariamente los usuarios?; ¿cuáles de estos problemas están relacionados con el desarrollo del sistema?
- (ii) *análisis de decisiones*: ¿cuál es el patrón de toma de decisiones de los usuarios?; ¿qué tipo de modelo apoyan sus procesos de decisiones?; ¿cuál es la información que estos procesos requieren?

A continuación se presentan las metodologías propuestas para cada una de estas etapas.

### 2.1. Análisis e identificación de problemas

El análisis de los requerimientos del usuario, inicia con la identificación de los problemas que presenten los usuarios, con el propósito de asegurar que los esfuerzos para el desarrollo del sistema estén en la dirección de la solución del problema real y no se estén eliminando únicamente síntomas y por lo tanto desarrollando sistemas que ofrecen soluciones parciales.

Se utiliza una metodología de resolución de problemas creativamente (RPC). Ésta metodología propone un conjunto de pasos para la comprensión de la problemática que presentan los usuarios, para posteriormente, con esta problemática plantear el desarrollo del sistema. Los pasos a seguir para la identificación de una problemática son los siguientes (Higgins, 1994):

1. *Búsqueda de mensajes*. Experiencias, roles y situaciones son investigados como mensajes abiertos a ser experimentados; exploración de oportunidades. Esta búsqueda de mensajes debe realizarse mediante un esfuerzo sistemático.
2. *Búsqueda de datos*. Se generan diversos enunciados de problemas o sub-problemas. Se selecciona un enunciado de problema para trabajar, a partir de este enunciado se recolectan datos para ser examinados desde diferentes puntos de vista. Los datos más importantes son separados y analizados.
3. *Búsqueda del problema*. Es necesario estar seguro que los esfuerzos de la organización estén dirigidos a la resolución del problema real, y no únicamente a la eliminación de síntomas. El resultado de este estado es un conjunto de criterios de decisión para la evaluación de las opciones. Se realizan preguntas claves como las siguientes: ¿qué sucede o sucederá?, ¿quién está siendo afectado o será afectado?, ¿dónde está teniendo impacto o dónde tendrá impacto?, ¿cuándo pasó o cuándo pasará?, ¿por qué ocurrió ésto o por qué ocurrirá?, ¿qué debemos hacer para tener éxito?
4. *Búsqueda de ideas*. Se desarrollan y listan las diferentes alternativas y posibilidades para responder el enunciado del problema. Las ideas que parecen las más promisorias o interesantes son seleccionadas.
5. *Búsqueda de la solución*. Se formulan diferentes criterios posibles para revisar y evaluar ideas. Se refinan ideas.

6. *Búsqueda de la aceptación.* Se consideran diversos tipos de fuentes de asistencia (personal, lugares, objetos, eventos, recursos, etcétera), que ayuden a asegurar una implantación exitosa, así como fuentes de resistencia que puedan inhibir o interferir con la implantación exitosa. Se planean caminos específicos de utilización de asistencia y prevención o eliminación de resistencia.

Cada uno de estos pasos utiliza diversas metodologías que pueden ser aplicadas dependiendo de la organización en donde se desee emplear; ejemplos de éstas pueden verse en (Higgins, 1994).

Mucho del éxito de un sistema de cómputo depende de como éste apoye al usuario o usuarios a enfrentar sus problemas; la utilización de una metodología de búsqueda y solución de problemas ayuda a la identificación de los problemas de los usuarios. Identificado el problema o problemas, es posible proponer un sistema que ayude a resolverlos. En este estudio se utilizaron las hojas de trabajo propuestas por Isaksen y Treffinger (1996), ver Capítulo 2.

## 2.2. Análisis de decisiones

Una de las funciones más importantes de un SADC, es apoyar a los directivos en su proceso de toma de decisiones. El primer paso para apoyar este proceso de toma de decisiones, es identificar de qué manera se realiza dentro de la organización. Se propone utilizar el análisis de decisiones de Kepner y Tregoe (1993). El análisis sugiere la identificación del enunciado de la decisión, los objetivos de la decisión, y las consecuencias de la decisión.

Con frecuencia la toma de decisiones dentro de una organización no es tan buena como debería, por lo que es recomendable contar con una guía que apoye este proceso. El análisis de decisiones es un procedimiento sistemático basado en un patrón de razonamiento que todos usamos para hacer elecciones (Kepner and Tregoe, 1993). La técnica propuesta representa ampliaciones y refinamientos de los elementos de este patrón de razonamiento, el cual es:

- (i) Apreciamos el hecho de que debe hacerse una elección.
- (ii) Consideramos los factores específicos que deben ser satisfechos si la elección ha de tener éxito.
- (iii) Decidimos qué tipo de acción satisfará mejor los factores del inciso anterior.
- (iv) Consideramos qué riesgos podrían vincularse a nuestra elección final, que podrían poner en peligro su seguridad y éxito.

Se hacen buenas elecciones dependiendo de tres elementos: la calidad de la *definición* de los factores específicos que deben ser satisfechos, la calidad de la *evaluación* de las alternativas disponibles y la calidad de la *comprensión* de lo que pueden producir esas alternativas (para bien o para mal).

El propósito del análisis de decisiones es identificar lo que se necesita hacer, desarrollar los criterios específicos para su realización, evaluar las alternativas disponibles con respecto a esos criterios e identificar los posibles riesgos. Esto mismo desde la perspectiva del desarrollo del sistema es conocer: el tipo y características de las decisiones corporativas, los criterios utilizados para su evaluación y las alternativas disponibles.

### 2.2.1. *El enunciado de la decisión*

En el análisis de problemas se inicia con un enunciado de la desviación, que define la situación por resolver. Por su lado, el análisis de decisiones comienza con un *enunciado de la decisión*, o nombre de ésta. El enunciado de la decisión da el enfoque para todo lo que sigue y establece los límites de la elección. Este enunciado siempre indica algún tipo de acción y su resultado esperado, también indica el nivel al que debe tomarse la decisión. La manera en que se redacta merece una cuidadosa atención.

### 2.2.2. *Los objetivos para la decisión*

Los objetivos, en la terminología de teoría de decisiones, son los criterios para la decisión; los detalles específicos de lo que debe cumplir la decisión. Se establecen estos objetivos, una vez que se enunció el propósito de la decisión y se acordó a qué nivel deberá tomarse. Esto se realiza antes de discutir las alternativas y en ocasiones antes de identificarlas.

Los objetivos se clasifican en dos categorías: *obligatorios* y *deseados*. Los objetivos *obligatorios* son imprescindibles: deben cumplirse para garantizar una decisión exitosa. Cuando llega el momento de evaluar las alternativas en función de esos objetivos, cualquier alternativa que no satisfaga un objetivo obligatorio inmediatamente será descartada del análisis. Los objetivos deben ser cuantificables porque funcionan como un filtro, se tiene o no se tiene.

La función de los objetivos *deseados*, consiste en proporcionar una idea comparativa de las alternativas, un sentido de cuál podría ser el resultado de cada alternativa en comparación con las demás.

Una alternativa ideal satisface todas las condiciones que se le establecen pero sin tener consigo nuevas dificultades. Si se debe elegir entre varias alternativas se tendrá que decir cuál satisface mejor los objetivos con el menor riesgo aceptable.

### 2.2.3. *Las consecuencias de las decisiones*

El último paso del análisis de decisiones es la búsqueda de las posibles consecuencias adversas de todas las alternativas factibles.

Las consecuencias negativas de cualquier acción son tan tangibles como sus beneficios, y en ocasiones más. Se explorarán y evaluarán exhaustivamente las posibles consecuencias adversas de cualquier alternativa antes de tomar una decisión definitiva.

En conclusión, se puede decir que el análisis de decisiones es el medio que permite identificar la forma en cómo la organización toma sus decisiones; el sistema de cómputo propuesto debe contar con los modelos logísticos, matemáticos y financieros, requeridos en sus procesos de toma de decisiones, así como con los datos necesarios para su ejecución.

### 3. Planeación del proyecto

El desarrollo de un sistema de cómputo, como cualquier otro tipo de proyecto, requiere de un proceso de planeación que permita trazar las líneas de acción. Existen diversas metodologías para el desarrollo de un proceso de planeación. Se presenta una breve descripción de algunas metodologías de planeación. Posteriormente, se proponen los pasos de planeación de un sistema para el apoyo de decisiones corporativas.

Se presentan cuatro modelos conceptuales para crear un plan estratégico, para compañías pequeñas, medianas y grandes (Steiner, 1979; Goldberg and Sifonis, 1994).

La definición del conjunto de pasos para la planeación de un proyecto de cómputo depende de factores como: tipo de organización en donde se desarrollará el sistema, tamaño del proyecto y tipo de proyecto.



TABLA 2 METODOLOGÍAS PARA PLANEACIÓN (STEINER, 1979; GOLDBERG AND SIFONIS, 1994)

A	B	C	D
Formular los deberes. Definir el alcance del plan. Definir los resultados buscados. Determinar cómo debe desarrollarse el plan: • ¿Quién hace qué? • ¿Cuándo? ¿en qué momento? • Solicitud de información.	1. Definir la clase de compañía.	1. Desarrollar entendimiento pragmático de planeación estratégica en general: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asesoría directiva.</li> <li>• Seminarios profesionales.</li> <li>• Visitas a otras compañías que lleven a cabo la planeación.</li> </ul>	1. ¿Dónde nos encontramos? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filosofía, confianza y misión colectiva.</li> <li>• Situación financiera.</li> <li>• Situación competitiva.</li> <li>• Confiabilidad y aceptabilidad del producto.</li> <li>• Mercado al que sirve.</li> <li>• Etcétera.</li> </ul>
Desarrollar las entradas: • Tendencias. • Tendencias ambientales. • Fortalezas y peligros. • Debilidades / debilidades internas. • Datos históricos actuales de ventas de producto • Opiniones y juicios de directivos.	2. Analizar a los clientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Quiénes son?</li> <li>• ¿Cómo deben ser clasificados?</li> <li>• ¿Por qué compran nuestro producto/servicio? ¿cambiará? ¿cómo?</li> <li>• ¿A qué segmentos del mercado servimos?</li> <li>• ¿Debe cambiarse la situación?</li> </ul>	2. Identificación de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Debilidades.</li> <li>• Oportunidades.</li> <li>• Peligros.</li> <li>• Fortalezas.</li> </ul>	2. ¿A dónde queremos llegar? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redefinición preliminar de las metas</li> <li>• Alternativas estratégicas para lograr las metas.</li> <li>• Evaluación de alternativas en vista de las potencialidades, debilidades y restricciones.</li> </ul>
Evaluar los cursos de acción alternativos.	3. Analizar nuestra industria: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tendencias.</li> <li>• Estándares y estadísticas.</li> <li>• Competencia.</li> <li>• Potencial de utilidades.</li> <li>• Etcétera.</li> </ul>	3. Identificación de estrategias para explotar las oportunidades y evitar las amenazas.	3. ¿Por qué llegar hasta allí? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Momento actual.</li> <li>• Requerimientos organizacionales, de personal, de instalaciones, financieros, etcétera.</li> </ul>
Definir los objetivos primordiales. • Ventas. • Utilidades. • Desarrollo del producto. • Potencial humano.	4. Preguntar: ¿cuáles son para nosotros las oportunidades y peligros?	4. Evaluación y selección de estrategias.	4. ¿Cuáles estrategias lograrán cuáles metas? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación entre metas y estrategias en vista de los valores directivos y del análisis de la situación.</li> <li>• Conclusiones relacionadas con las metas.</li> <li>• Conclusiones concernientes a las estrategias para lograr metas.</li> </ul>
Definir las políticas y estrategias pertinentes. • Mercados. • Productos. • Finanzas	5. Preguntar: ¿cuáles son nuestros potenciales y debilidades?	5. Implementación de planes para estrategias prioritarias.	5. ¿Qué decisiones deben tomarse ahora para llegar hasta allí? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presupuesto a corto plazo.</li> <li>• Decisiones y acciones a corto plazo en cuanto a organización, personal, dirección, etcétera.</li> </ul>
Desarrollar planes detallados a largo plazo.	6. Preguntar: ¿cuáles estrategias son identificables?	6. Formulación de las metas principales de la compañía: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Misión.</li> <li>• Propósitos y filosofías.</li> <li>• Objetivos específicos a largo plazo: ventas, utilidades, participación en el mercado, etcétera</li> </ul>	6. Observar el desempeño.
Determinar las decisiones actuales.	7. Evaluar las alternativas de estrategias.	7. Preparar otros planes asociados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial humano.</li> <li>• Financiamiento.</li> <li>• Instalaciones.</li> <li>• Etcétera.</li> </ul>	7. Revisar anualmente.
Observar el desempeño.	8. Desarrollar objetivos.	8. Observar el desempeño.	
Revisar anualmente.	9. Preparar planes detallados para implementar estrategias.	9. Revisar anualmente.	
	10. Desarrollar planes de contingencia.		
	11. Traducir los planes en presupuestos		
	12. Observar el desempeño.		
	13. Revisar anualmente.		

La importancia que los sistemas de cómputo tienen actualmente en el funcionamiento de las organizaciones, hace necesario contar con planes específicos para su desarrollo. De las metodologías de desarrollo de sistemas de cómputo, mostradas en la Tabla 1, sólo la de sistemas de Información incluye una etapa de planeación del proyecto. Para un sistema

SADC se proponen las siguientes acciones directivas: definición de un propósito básico para el sistema, diagnósticos y escenarios, objetivos y estrategias de desarrollo del sistema y acciones estratégicas. Se muestra ésto esquemáticamente en la Figura 6.

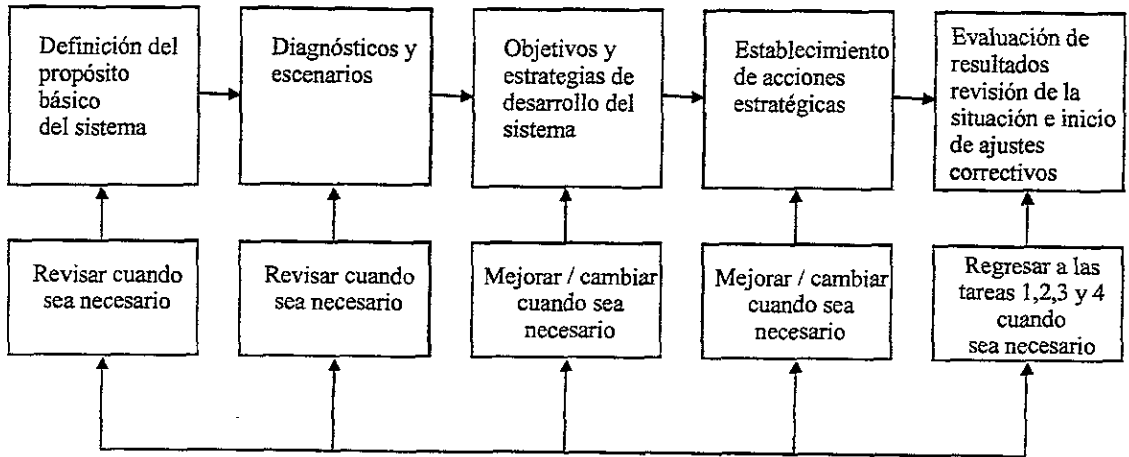


FIGURA 6. LAS CINCO ETAPAS DE LA PLANEACIÓN DE UN SADC

A continuación se expone cada uno de estas acciones directivas.

### 3.1. Propósito básico

El primer paso es definir la razón sustantiva de la actividad, para el caso del sistema ¿cuál es la razón del desarrollo del sistema? Así como los valores que impulsan a realizar el sistema; se establece lo que se desea del sistema en el futuro: ¿cuáles son los beneficios de la implementación del sistema?, ¿cuál es la visión del futuro del sistema?. Los pasos para definir el propósito del sistema son:

- a) *Visión.* Se diseña el plano arquitectónico idealizado pero realista de la evolución del sistema.
- b) *Necesidades que satisface el sistema.* Se identifica lo que a través de los servicios del sistema propuesto se está tratando de satisfacer.
- c) *Productos y/o funciones que ofrece el sistema.* Se definen las principales familias de servicios que ofrece el sistema.
- d) *A quién está dirigido.* Se identifica qué usuarios son atendidos con qué servicios del sistema.
- e) *Direcciones de crecimiento.* Se especifican las direcciones de crecimiento del sistema en los próximos tres años.
- f) *Misión.* Se identifican los aspectos más relevantes de los cuatro puntos anteriores y se integran en una poderosa declaración, con el fin de facilitar la comunicación del

propósito básico hacia el personal y usuarios involucrados con el desarrollo del sistema.

### 3.2. Diagnósticos y escenarios

En esta etapa se realiza el análisis de los factores exteriores, el contexto del desarrollo del sistema, que afectan tanto positivamente (oportunidades) como negativamente (amenazas); así como las fortalezas y debilidades de la organización.

- a) *Definición de las oportunidades y amenazas.* Una oportunidad es algo que favorece, como podría ser apoyo directivo al proyecto, o el lanzamiento de nuevos productos de software de desarrollo. Una amenaza por el contrario son cambios en el entorno que pueden afectar negativamente. Por ejemplo, incremento en el precio de los insumos (software y/o hardware).
- b) *Definición de las fuerzas y debilidades.* Una fuerza es algo que se posee o que se sabe hacer, que comparativamente con la competencia, se tiene superioridad. Una debilidad es una carencia que causa problemas y que impide crear valor.
- c) *Identificación de los factores claves de éxito.* Se busca analizar las razones que explican el dominio de ciertos tipos de sistemas, y que los hace exitosos.
- d) *Escenarios a 5/10 años.* Se construye un escenario a cinco o diez años de cómo estará nuestra industria, organización, el país, el mundo, etcétera.

### 3.3. Objetivos y estrategias

Se establecen las prioridades y se especifica lo deseado. Se define el qué (objetivos) y el cómo (estrategias). Se expresan los objetivos más importantes para el sistema en un sólo enunciado.

Los pasos a seguir para la definición de las estrategias del sistema son los siguientes:

- a) Definir las unidades estratégicas del sistema (UES).
- b) Ubicar cada una de estas unidades estratégicas en una matriz de posicionamiento.
- c) Definir para cada UES las estrategias de desarrollo.
- d) Definir para cada UES cómo se va a lograr una ventaja competitiva sostenible.
- e) Definir la forma en cómo las funciones del sistema apoyarán el logro de las metas del negocio.

Este proceso de planeación, independientemente de los beneficios mismos de la planeación, ayuda a la interacción entre los diferentes participantes: usuarios, encargados del proyecto, administradores y directivos. El documento de planeación es parte de la documentación del sistema.

### 3.4. Acciones estratégicas

Las acciones estratégicas son un conjunto limitado de acciones que permiten aterrizar el proceso de la planeación del sistema, estas acciones se instrumentan, controlan y monitorean. La operación de estas acciones estratégicas comprende tres pasos:

- a) Definir las acciones.
- b) Efectuar un seguimiento a mediano plazo.
- c) Efectuar un seguimiento a largo plazo.

## 4. Diseño lógico del modelo

El diseño de un sistema SADC, requiere de herramientas utilizadas en el diseño de *Sistemas de información*, *Sistemas para el soporte de decisiones* y *Sistemas de Investigación de Operaciones*. En esta sección se presenta el conjunto de herramientas de diseño propuestas para el desarrollo del sistema. Estas herramientas se clasificarán en tres grupos: (i) herramientas para el diseño sistémico; (ii) herramientas para el diseño de la estructura de la semántica de los datos; (iii) herramientas para el diseño estructurado de modelos.

### 4.1. Diseño sistémico

El objetivo de estas herramientas de diseño es construir un modelo del sistema, en donde se manifieste las relaciones de éste con su entorno, sus principales componentes y la relaciones entre estos componentes.

Las herramientas que se utilizan para el diseño sistémico son: diagramas de flujo de datos, cruz de malta, y el modelo entidad - relación. Estos conceptos se consideran conocidos, por su frecuente utilización en la construcción de sistemas, por esta razón su presentación se realizará en forma resumida.

#### 4.1.1. Diagramas de flujo de datos

Una de las herramientas más utilizadas en el diseño de sistemas físicos, industriales y de cómputo, son los diagramas de flujos de datos (DFD) (Ricardo, 1990). Estos diagramas muestran los datos que fluyen a través de la organización, proporcionando un modelo útil para la comunicación con usuarios, otros diseñadores y administradores. El diagrama de flujo de datos ayuda a la visualización del sistema actual y del sistema deseado.

En la Figura 7, se muestran los símbolos utilizados en la construcción de diagramas de flujo de datos, acompañados por una breve explicación. En este contexto el significado de la palabra "entidad" es: cualquier persona, otro sistema u organización que proporcione datos o envíe datos al sistema.

Son pocas las reglas a seguir para la construcción de un diagrama de flujos de datos, de manera que el diseñador tiene gran libertad para decidir qué debe ser representado, qué detalle debe ser incluido y si el diagrama debe ser primordialmente lógico, mostrando

únicamente datos y procesos, o físico, mostrando las secuencias de procesos, cambios en datos y archivos, reportes y otras salidas.








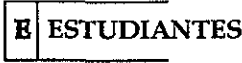

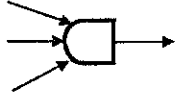



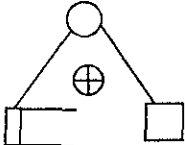

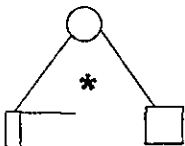
Símbolo	Nombre	Significado	Ejemplo
	<i>entidad</i>	una persona, otro sistema u organización que envía o recibe datos.	
	<i>proceso</i>	muestra donde los datos son transformados.	
	<i>flujo de datos</i>	muestra flujo de datos entre origen y destino.	
	<i>almacenamiento de datos</i>	muestra donde los datos son almacenados.	
	<i>colector</i>	muestra donde diversos flujos de datos se combinan en un sólo flujo. No ocurre proceso.	
	<i>separador</i>	muestra donde un flujo de datos se divide en flujos de datos detallados.	
	<i>operador suma</i>	Es el operador OR para flujos de datos.	
	<i>operador AND</i>	Es el operador AND para flujos de datos.	

FIGURA 7. SÍMBOLOS UTILIZADOS PARA LA CONTRUCCIÓN DE DFD (RICARDO, 1990)

El diseñador frecuentemente produce diversos diagramas mostrando aspectos diferentes del sistema o varios niveles de detalle; tres tipos de diagramas son los usualmente utilizados para la conceptualización de un sistema: diagrama de contexto, diagrama 0 (cero) y diagrama de detalle (Ricardo, 1990).

*El diagrama de contexto.* El énfasis del diagrama de contexto es mostrar la relación que existe entre el sistema y su medio ambiente. El sistema se representa como un todo en una circunferencia, y las entidades externas son mostradas como rectángulos de donde fluyen

datos de entrada o salida. En la Figura 8 se muestra el diagrama de contexto de un sistema universitario de registro en línea.

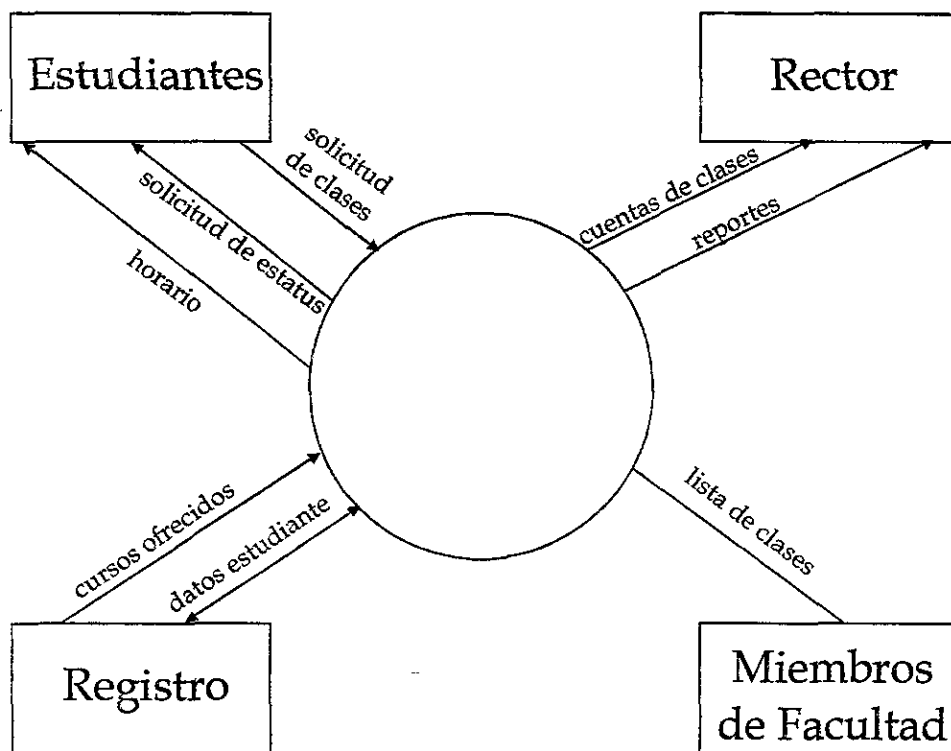


FIGURA 8. DIAGRAMA DE CONTEXTO DE UN SISTEMA DE REGISTRO UNIVERSITARIO

*Diagrama 0.* En el diagrama cero se muestra los principales procesos del sistema junto con las entidades externas, almacenes de datos y sus flujos. En la Figura 9 se observa el diagrama 0 del sistema de registro en línea. El diagrama es la descomposición del diagrama de contexto; en él no se presenta una descripción detallada de cada proceso. Los procesos que aparecen en este diagrama pueden ser expandidos o explorados utilizando subdiagramas de mayor detalle, conocidos como diagramas de detalle.

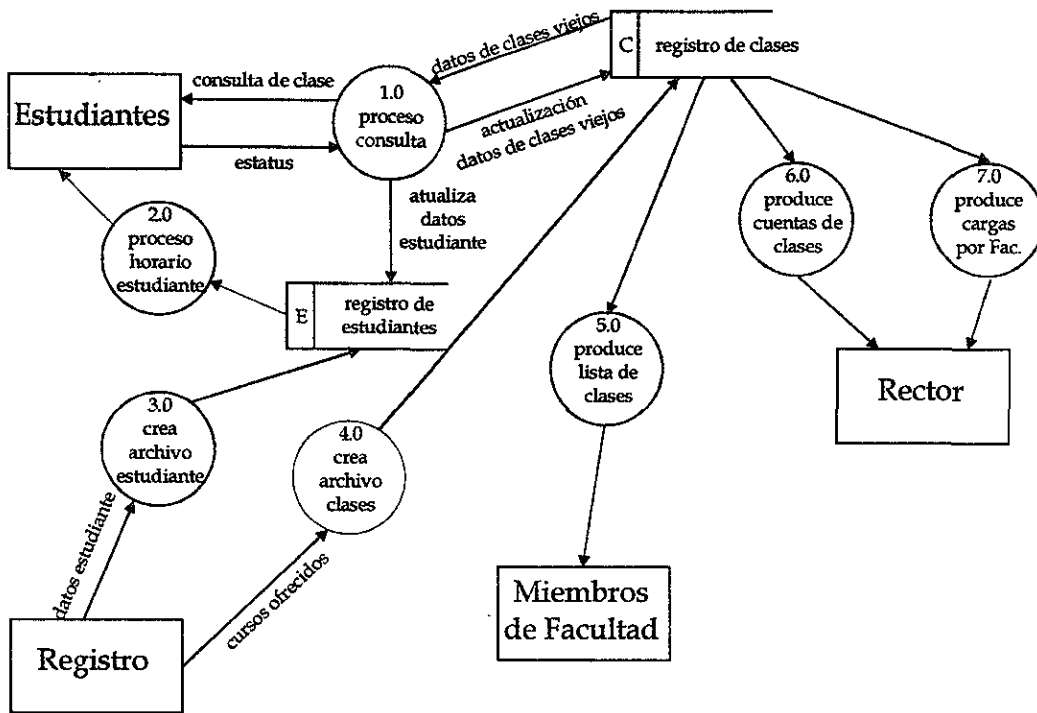


FIGURA 9. DIAGRAMA 0 DE UN SISTEMA DE REGISTRO EN LÍNEA

*Diagrama de detalle.* En los diagramas de detalles se describen los principales procesos o subsistemas. Los diagramas de detalle son utilizados por el diseñador para su trabajo más que para ser presentados a usuarios o administradores. En la Figura 10 se muestra el diagrama de detalle del proceso de requerimientos del sistema de registro en línea de una universidad.

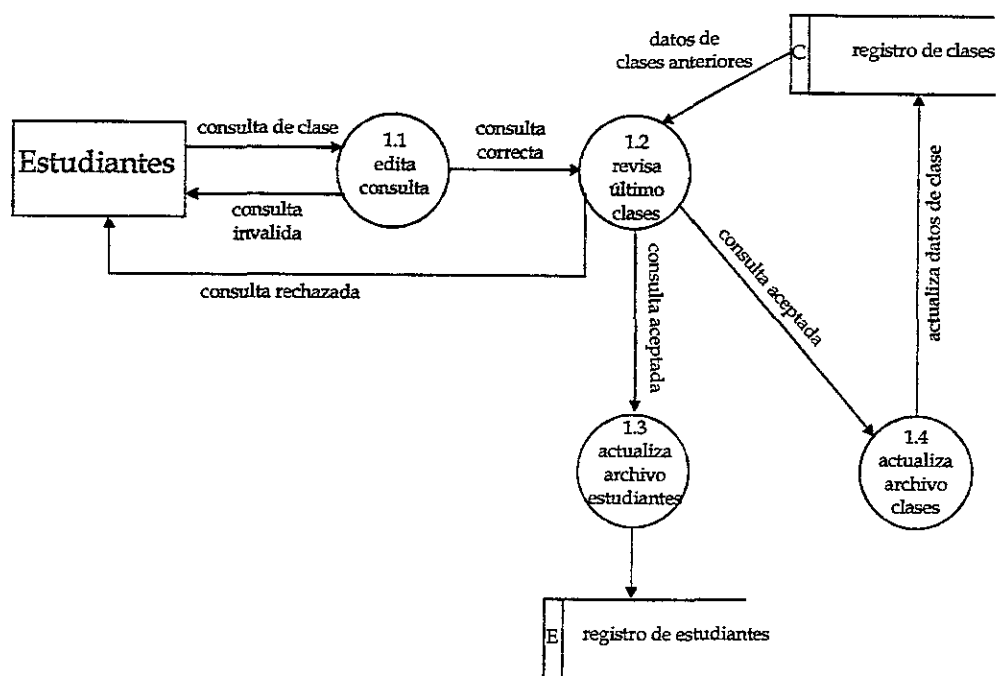


FIGURA 10. DIAGRAMA DE DETALLE DEL PROCESO DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE REGISTRO EN LÍNEA

Con la información de estos diagramas se construye un modelo de procesos. Para el análisis de procesos de una organización se utiliza la Cruz de Malta.

#### 4.1.2. Cruz de Malta

En el análisis y diseño de procesos de un sistema, las representaciones de tipo matriz son generalmente utilizadas. La cruz de Malta es un ejemplo de este tipo de representación de procesos de una organización. En esencia la cruz de Malta es una matriz compuesta de cuatro partes. La parte superior contiene las actividades del modelo del negocio actual, junto con la indicación de los flujos de información requeridos o enviados por cada actividad. La parte inferior muestra el enunciado de los procesos reales que procesan la información (PPI).

Aunque información similar aparece en la matriz de datos de Honeywell (Kanter, 1970) y en la cruz de información de IBM (Orsey, 1982), esta matriz de Malta es diferente en ensamblado y propósito (Wilson, 1993).

En la Figura 11 se presenta la estructura de la cruz de Malta. En el eje Norte se aparece la lista de las actividades calificadas como primordiales del sistema, del área particular o de la organización analizada. Los ejes Este y Oeste son idénticos, contienen las categorías de información consideradas esenciales para el soporte de las actividades primordiales de la organización. En el eje Oeste están los datos entradas a las diferentes actividades, en el eje Este se representan las salidas de datos. En el eje Sur se listan los procesos que procesan información (PPI), los cuales representan el estado actual de la organización.



Si el propósito de la verificación es examinar el potencial de automatización de los sistemas manuales de la organización, la parte superior de la cruz muestra el sistema manual completo, definiendo su alcance e interacciones. Si la situación es completamente un campo fértil, la parte inferior de la cruz estará en blanco.

X	X	X				A9		X	X	X			
X	X			X		A8		X	X				X
X			X			A7		X			X		
X	X	X	X	X		A6		X	X	X	X	X	X
X	X					A5		X	X				
X	X		X			A4		X	X		X		
X	X		X	X		A3		X	X		X	X	X
X	X		X			A2		X	X		X		
X	X					A1		X	X				
<b>Actividades</b>													
.....	14	13	12	11	e n t r a d a s	X		s a l i d a s	11	12	13	14	....
<b>procesos de procesamiento de información</b>													
X	X	X				PP11		X	X	X			
X	X			X		PP12		X	X				X
X			X			PP13		X			X		
X	X	X	X	X		PP14		X	X	X	X	X	X
X	X					PP15		X	X				
X	X		X					X	X		X		

FIGURA 11 ESTRUCTURA DE LA CRUZ DE MALTA

La cruz de Malta es una herramienta útil tanto para analizar los PPI existentes, como para examinar las actividades prioritarias con potencial a ser implementadas como un conjunto de sistemas de procesamiento de datos, basados en un ambiente de cómputo.

En adición a lo comentado anteriormente, la cruz de Malta ayuda en el análisis organizacional; en particular, permite contestar preguntas como ¿quién, en términos de roles, necesita qué información y para qué propósito? También ayuda a cuestionarse sobre qué información puede ser suministrada, decidir si la información es procesada por medios de sistemas de cómputo o por métodos manuales, o decidir si los datos deberán estar contenidos dentro de una base centralizada o distribuida.

En términos generales el uso de la cruz de Malta apoya las siguientes actividades:

1. *Desarrollar una descripción de las actividades de la organización (o parte de la organización).* Con un conjunto de tareas principales, dependiendo de la escala del estudio, se generará un modelo del negocio, en el que se describen e identifican las relaciones actividades - flujos de información.
2. *Proporcionar los medios y categorías de requerimientos de información.* Permite conocer dónde y quién produce la información sustantiva para la organización. Esta información es importante para apoyar las actividades de diseño del sistema SADC.

3. *Definir roles administrativos.* Permite identificar la estructura organizacional en términos de sus actividades, esto es importante para la definición de roles y responsabilidad de toma de decisiones en la organización.
4. *Convertir los flujos de información de actividad - actividad del inciso dos, en flujos de información rol a rol.* Ayuda a la definición de roles dentro de la organización, en términos de actividades y sus flujos de información.
5. *Definir el sistema de información requerido.* Ayuda a la identificación de los requerimientos de cada una de las actividades del sistema; y por lo tanto, se mejora la operación de la organización mediante la selección de una combinación de procesos automatizados y procesos manuales.

En el desarrollo del SADC el uso de la cruz de Malta es de vital importancia, debido a que lo que se desea conocer es ¿cuáles son las principales actividades de la organización en dónde se requiere desarrollar el sistema?; ¿qué información es requerida y generada por cada una de estas actividades?; ¿cuál es el estado de automatización de estas actividades? Con la información producida por la cruz de Malta se construye el modelo de datos que soporte al modelo de procesos.

#### 4.1.3. Modelo entidad - relación

El modelo entidad – relación es un modelo de tipo semántico, utilizado ampliamente para describir los niveles conceptual y externo<sup>1</sup> de una base de datos, independientemente de los aspectos físicos.

El modelo fue desarrollado por Chen (1976) para facilitar el diseño de bases de datos; éste permite al diseñador expresar las propiedades lógicas de la base de datos en un esquema fácil de construir, manipular y comprender.

Los diagramas entidad – relación se emplean para expresar la estructura lógica del modelo de datos, este esquema se mantiene válido sin importar la selección del software de administración de bases de datos que se use, incluso conserva su validez si se llegara a cambiar.

El modelo está basado en la identificación de objetos del mundo real llamados entidades. Las entidades son descritas por sus atributos. Estas entidades, a su vez, están conectadas entre sí por relaciones. Se entenderá como entidad, bajo este contexto, a cualquier objeto que existe y que es distintivo de otros objetos.

Los atributos describen las entidades y permiten diferenciar una entidad de otra. Se define como un conjunto de entidades a una colección de entidades del mismo tipo, esto es, que comparten el mismo conjunto de atributos.

---

<sup>1</sup> La arquitectura ANSI-SPARC propone una arquitectura para bases de datos compuesta de tres niveles: físico, conceptual y externo (Ricardo, 1990).

Las relaciones definen la forma de interacción entre dos o más entidades. Se define como un conjunto de relaciones a un conjunto de relaciones del mismo tipo. Las relaciones pueden tener atributos que permitan expresar restricciones.

Una de las características más útiles y atractivas del modelo es que proporciona un método gráfico para describir la estructura lógica de la base de datos. Los diagramas entidad – relación contienen símbolos para entidades, atributos y relaciones. En la Figura 12 se muestran los símbolos utilizados para construir un diagrama entidad - relación, como originalmente los propuso Chen (1976).





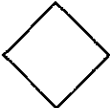


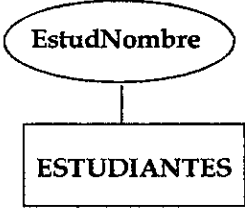

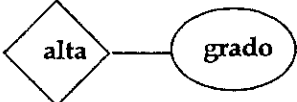
Símbolo	Nombre	Significado	Ejemplo
	<i>rectángulo</i>	conjunto de entidades	
	<i>elipse</i>	atributo	
	<i>diamante</i>	relación	
	<i>línea</i>	unión: atributo a entidades	
		entidad a relación	
		atributo a relación	

FIGURA 12. REPRESENTACIÓN DE ENTIDADES, ATRIBUTOS Y RELACIONES EN UN MODELO ENTIDAD-RELACIÓN

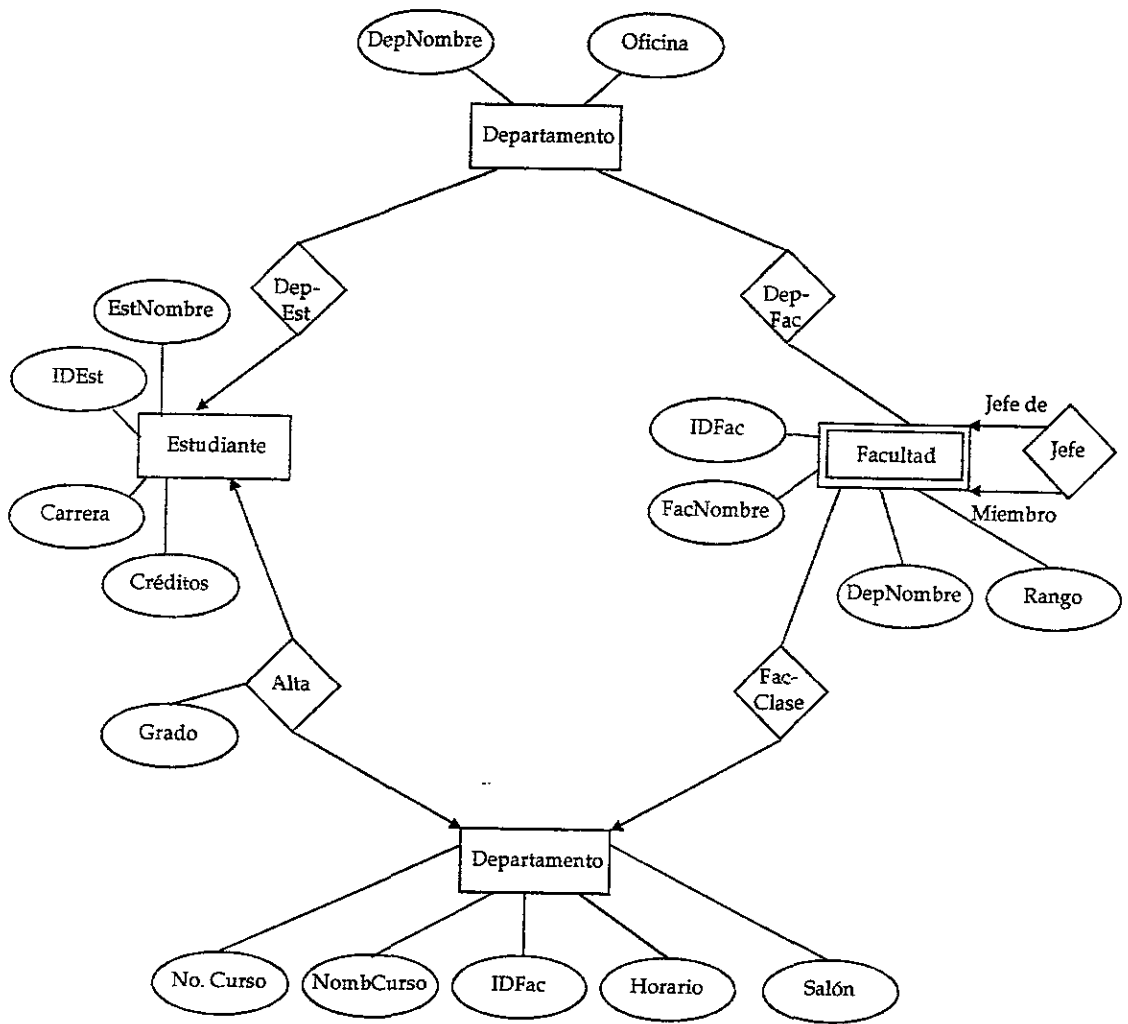


FIGURA 13. EJEMPLO DE UN MODELO ENTIDAD-RELACIÓN

En la Figura 13 se muestra el modelo entidad – relación para un sistema de control escolar. Algunos comentarios sobre este modelo son:

- (i) *Cardinalidad entre relaciones.* El modelo permite el manejo de relaciones uno a uno (—), uno a muchos (→) y muchos a muchos (↔), por ejemplo, a un departamento están asociados muchos estudiantes.
- (ii) *Dependencia entre entidades.* Representada como un doble rectángulo, condiciona la existencia de una entidad débil a la presencia de su entidad fuerte, por ejemplo, un miembro de facultad existe sólo si pertenece a un departamento.
- (iii) *Rol en una relación.* Se puede definir el rol de cada una de las entidades involucradas en una relación, el rol se especifica en los arcos que forman la relación. La definición de roles en una relación evita ambigüedades en la interpretación del modelo.

El modelo entidad - relación permite organizar los datos requeridos por la organización como un sistema de información. Se requiere de modelos adicionales que manejen la estructura de los datos para propósitos administrativos y ejecutivos. Una metodología desarrollada para el soporte de decisiones administrativas y ejecutivas es el *Almacén de Datos* (AD), en inglés "Data Warehousing".

## 4.2. Diseño de la semántica de datos

El concepto de *Almacén de Datos* (AD), se analiza y presenta como la herramienta conceptual para el diseño semántico de datos. Se entiende como estructura semántica de datos a la transformación de los datos del sistema operacional en datos para el apoyo de decisiones. Los *sistemas para el apoyo de decisiones* requieren de una estructura conceptual diseñada para la explotación de sus datos en apoyo a procesos de toma de decisiones corporativas.

El AD es mejor apreciado y utilizado, cuando éste presenta una relación profunda con el pensamiento empresarial estratégico de la organización. Por lo tanto, el beneficio máximo del AD ocurre cuando es conceptualizado, implantado, administrado, y envuelto dentro del contexto de la organización.

Se presenta una síntesis de los principales conceptos relacionados con el AD, junto con la relación que existe con el desarrollo de sistemas de información, la toma de decisiones y los procesos administrativos dentro una organización.

La sección se divide en tres apartados; en el primero, se presenta un conjunto de definiciones para un AD, en los apartados segundo y tercero se muestran los principales conceptos y objetivos asociados al concepto "Almacén de Datos".

### 4.2.1. Definiciones de un Almacén de Datos

El concepto de Almacén de Datos (AD) es relativamente nuevo en la literatura; existen diferentes definiciones de lo que se entiende por un AD, presentando enfoques y conceptos diversos. Se presenta un conjunto de definiciones para un AD, para comentarlas y concluir algunos puntos.

*Definición 1.* Un almacén de datos, es un repositorio de datos de muy fácil acceso, alimentado de numerosas fuentes; los datos de este repositorio están clasificados en grupos de información sobre temas específicos del negocio. Permite realizar consultas, análisis, reportes y decisiones. (Groesser,1996) Figura 14 .

*Definición 2.* Un almacén de datos, es un ambiente estructurado amplio, diseñado para el análisis de datos no volátiles, lógicos y físicamente transformados de múltiples aplicaciones fuente. Los datos están alineados en concordancia con la estructura del negocio, la cual se modifica y actualiza en períodos largos de tiempo. La estructura del almacén de datos es expresada en términos simples de negocio y resumida para un rápido análisis (Gupta, 1997) Figura 15 y Figura 16.

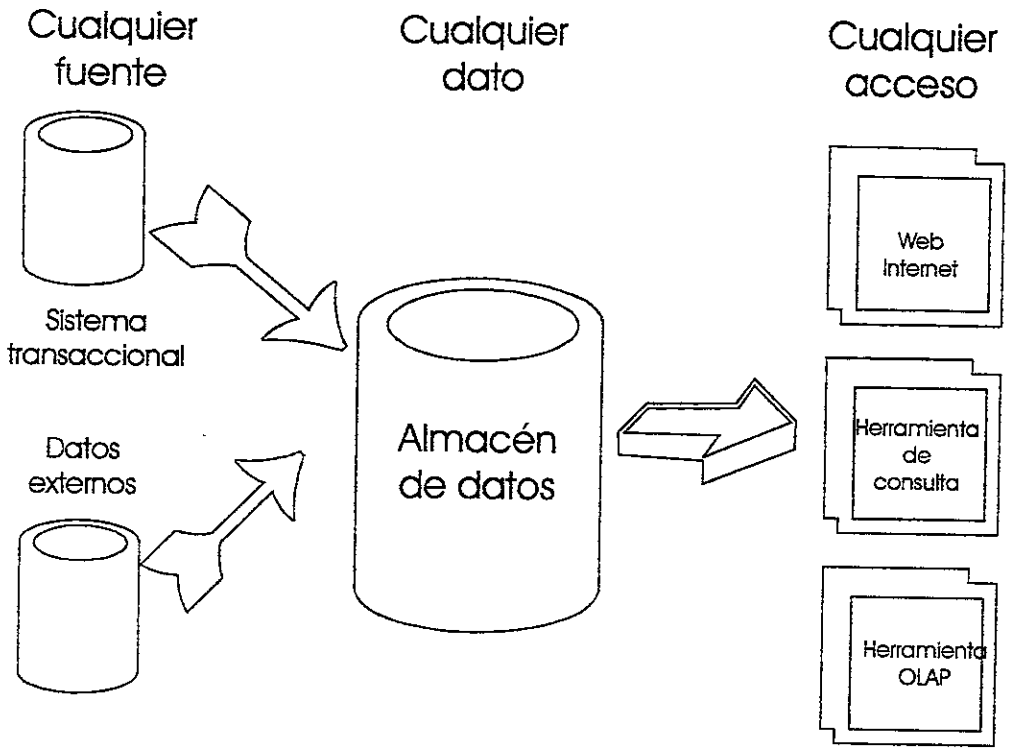


FIGURA 14. DATA WAREHOUSE SEGÚN ORACLE COMPANY (1999)

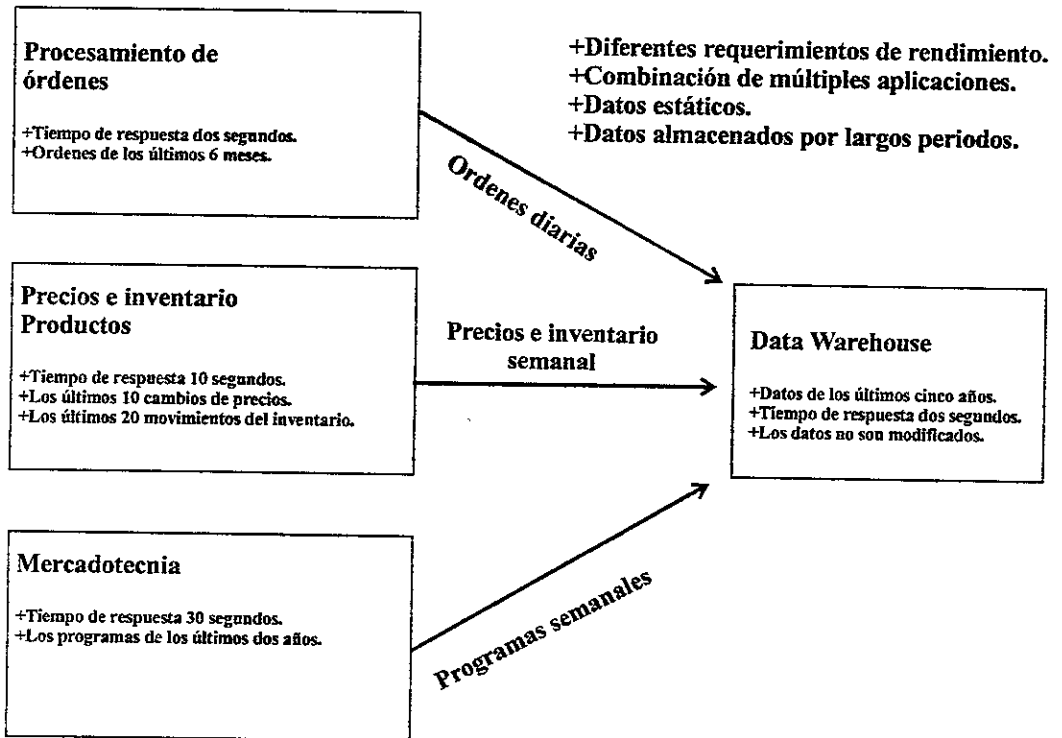


FIGURA 15. RAZONES PARA MOVER DATOS DE LOS SISTEMAS DE TRANSACCIONES

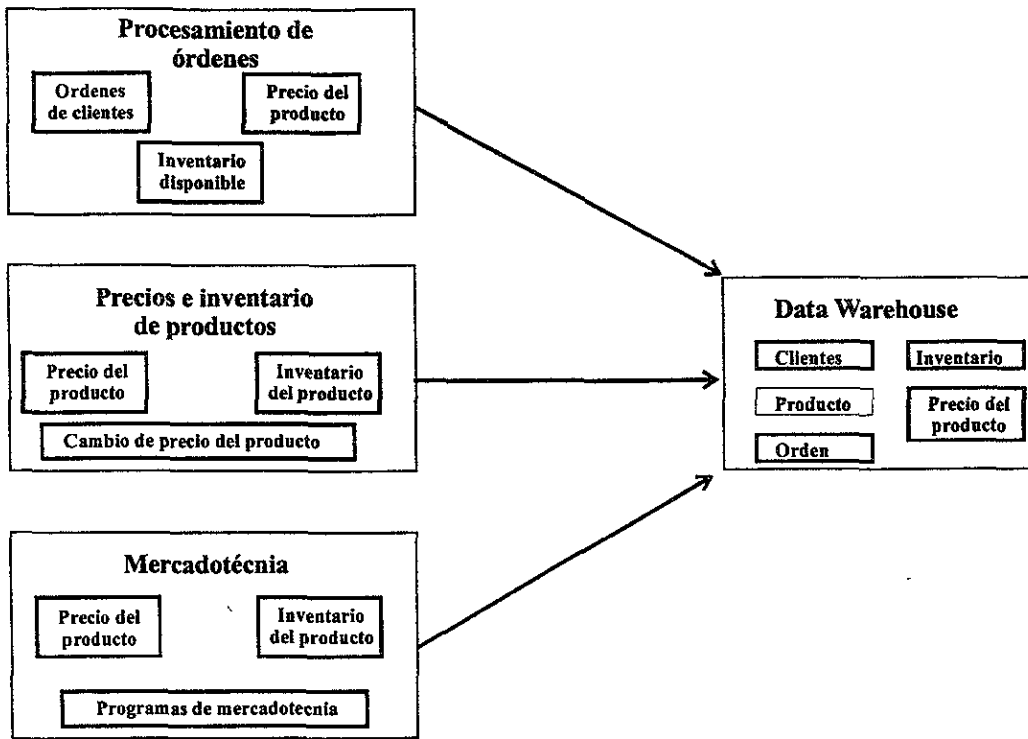


FIGURA 16. LAS ENTIDADES DEL AD ALINEADAS CON LA ESTRUCTURA DEL NEGOCIO

*Definición 3.* Almacén de datos, es el término moderno utilizado para describir un ambiente maduro y robusto de base de datos consistente con el modelo de la organización, ver Figura 17. El almacén de datos tiene implementadas por lo menos tres capas para el procesamiento de datos, la primera relacionada con los datos de aplicaciones transaccionales, la segunda con el proceso de extracción de datos para aplicaciones de análisis, y la tercera con el almacenamiento de datos para el análisis corporativo del negocio (Bernad, 1998).

*Definición 4.* El perfecto almacén de datos, es cualquier subconjunto de hechos y cualquier subconjunto de dimensiones, los cuales proporcionan una y sólo una respuesta a cualquier consulta que se le realice. Este almacén de datos se representa como una gráfica dirigida acíclica, completamente conectada (McGuff, 1998).

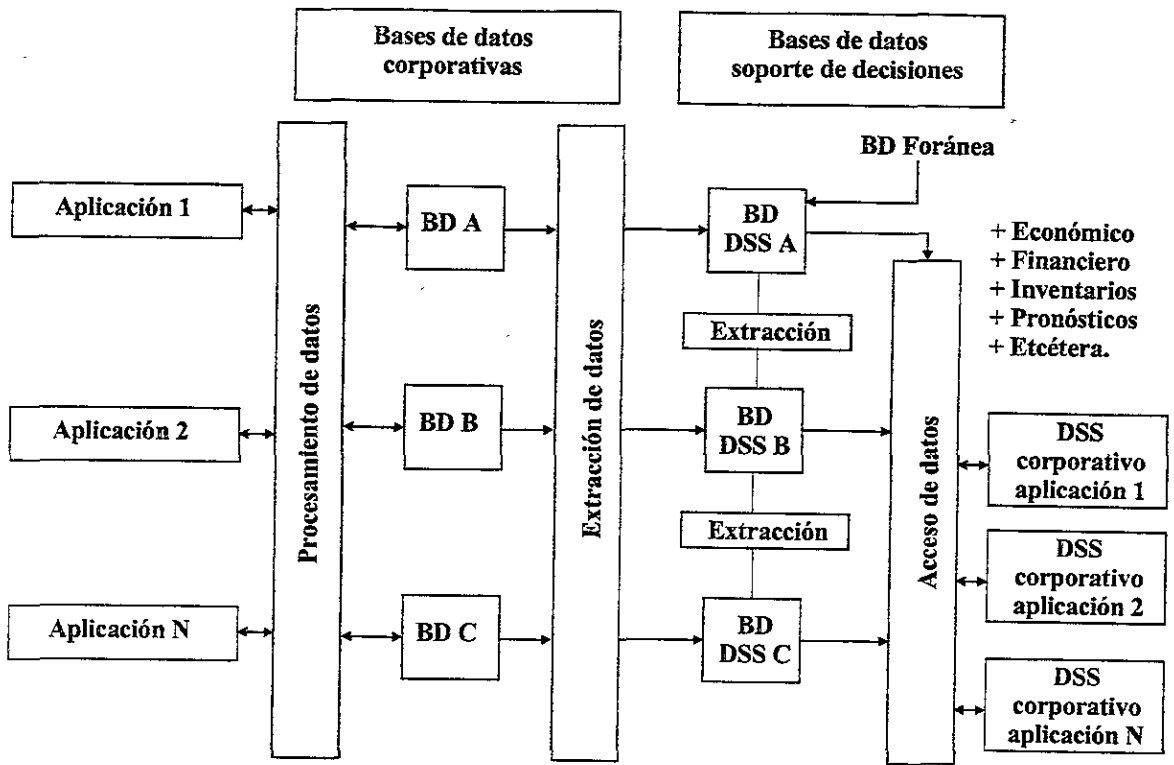


FIGURA 17. ARQUITECTURA OPTIMA DE DATOS. TOMADO DE BOAR B. 1993

*Definición 5.* Un Almacén de datos, es una arquitectura que representa la estructura general de los datos del negocio, esta estructura facilita la comunicación, procesamiento y presentaciones, que los usuarios finales requieren para procesar información de la empresa. La arquitectura tiene el siguiente número de partes interconectadas (Orr, 1997, Figura 18):

- Capa de base de datos de transacciones/bases de datos externas.
- Capa de accesos de información.
- Capa de acceso de datos.
- Capa de diccionario de datos (metadato).
- Capa para procesos de administración.
- Capa de aplicaciones de comunicaciones (mensajes).
- Capa del almacén de datos (en inglés, data warehouse).
- Capa de plataforma de datos.



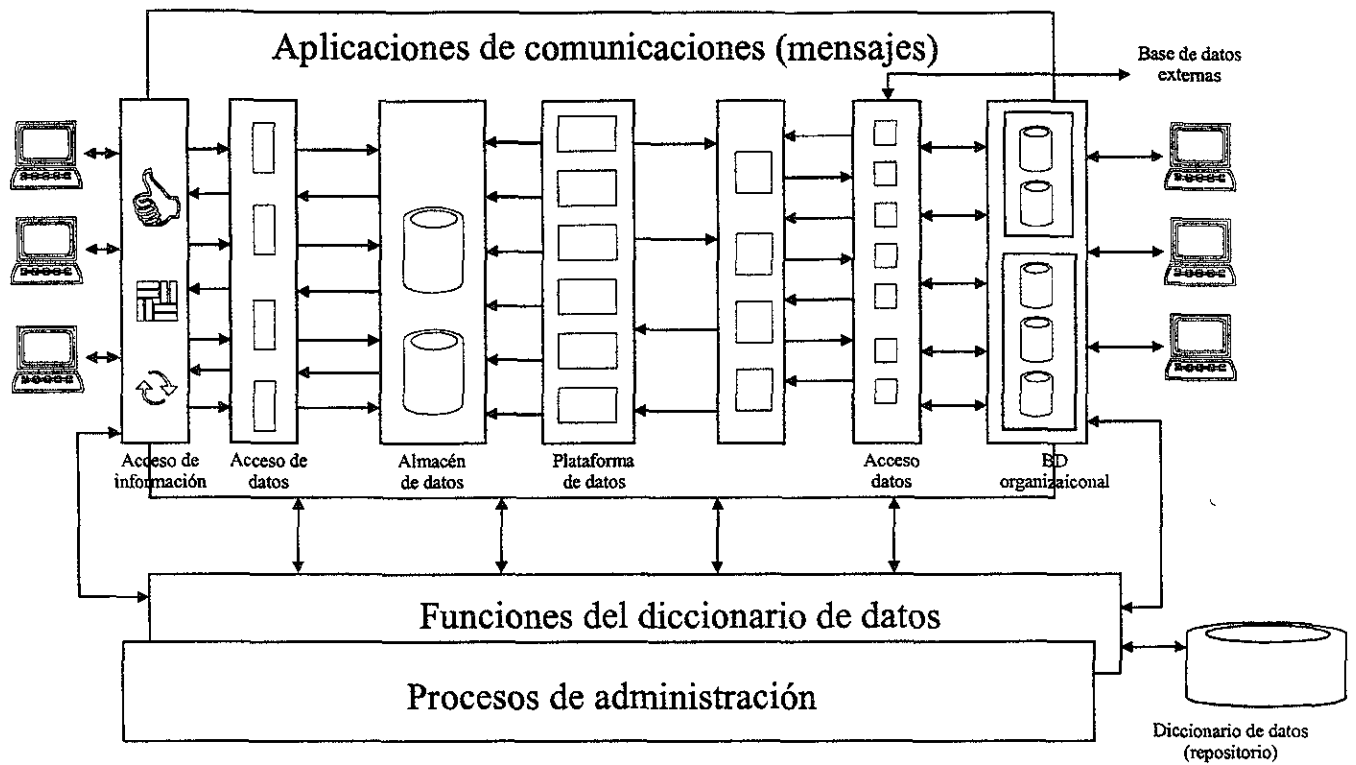


FIGURA 18. ARQUITECTURA DE DATOS DEL NEGOCIO, COMUNICACIÓN, PROCESAMIENTO Y PRESENTACIONES

*Definición 6.* Un almacén de datos es una colección de datos específicos, orientada, integrada, no volátil, y variante en el tiempo, generada como apoyo al proceso de toma de decisiones. (Inmon, 1996).

#### 4.2.2. Las concordancias y comentarios

A partir de las definiciones expresadas en la sección anterior, se identifican dos conceptos importantes de un almacén de datos (AD):

*El primer componente.* Los sistemas de información y/o las bases de datos de la organización son una parte importante para la construcción de un AD. Para el desarrollo de un AD, es importante contar con un conocimiento claro de la estructura y el comportamiento de estos sistemas (documentación del desarrollo del sistema de información); así como también contar con procesos de administración de estos sistemas de información bien definidos, que faciliten la implantación de un AD en la organización.

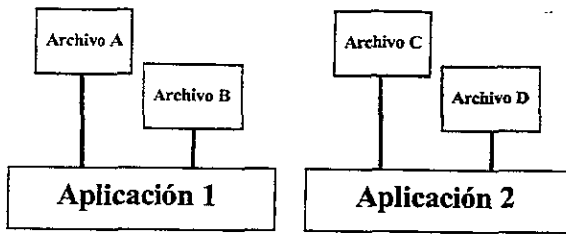
*El segundo componente,* el concepto de “*explotación de los datos para el proceso de toma de decisiones*”. Se debe entender qué es explotar datos y cómo explotarlos. El análisis y la síntesis de los datos considera aspectos como: planeación (pensamiento directivo), administración (estructura organizacional), desarrollo de modelos (procesos de conceptualización) y teoría de decisiones.

Bajo estos dos argumentos el AD, se presenta como un sistema para el apoyo de decisiones (en inglés, DSS, "Decision Support Systems"). El punto donde el término de AD toma su naturaleza propia, es en sus conceptos y objetivos, a continuación en la sección 4.2.3 se presenta los conceptos asociados con un AD y en la sección 4.2.4 sus principales objetivos.

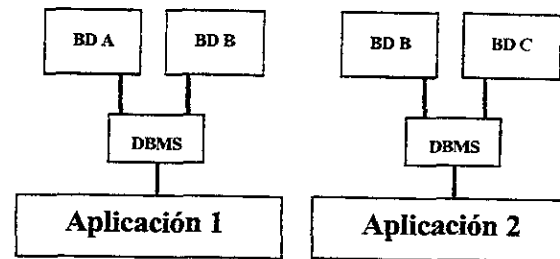
4.2.3. Principales conceptos asociados con un "Almacén de Datos".

El desarrollo de aplicaciones de cómputo en negocios se divide en dos grupos:

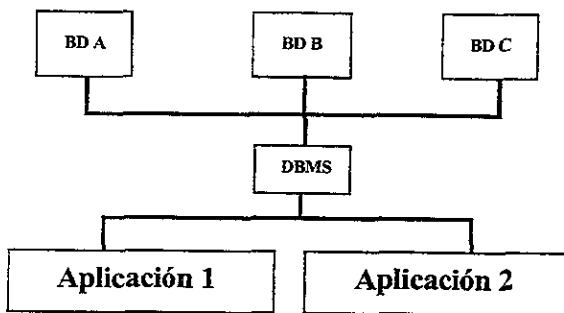
- (i) *Aplicaciones del negocio*, son las aplicaciones que corren en el negocio en un día, en una semana o en un mes. Cuando éstas cesan de correr, el negocio literalmente detiene su operación (arquitectura de archivo de datos, arquitectura de base de datos), ver Figura 19.
- (ii) *Aplicaciones acerca del negocio*, son las aplicaciones que analizan al negocio, ayudan a los administradores tanto a la interpretación de lo que está ocurriendo como a tomar acciones prudentes en el futuro. Cuando éstas cesan de correr, no se refleja de inmediato en el negocio, pero su utilidad es crítica para la competitividad de la empresa a largo plazo. Un AD apoya este tipo de aplicaciones (arquitectura de bases de datos para el apoyo de decisiones) Figura 19.



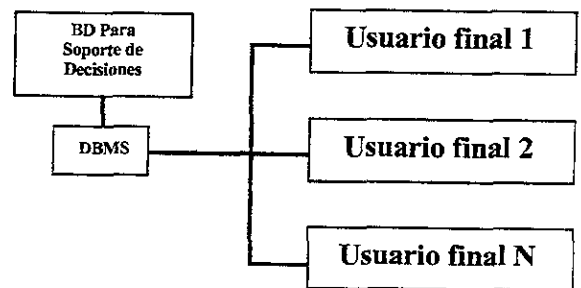
Arquitectura archivo de datos



Arquitectura base de datos cerrada



Arquitectura base de datos general



Arquitectura base de datos para el soporte de decisiones

FIGURA 19. CUATRO TIPOS DE ARQUITECTURA DE APLICACIONES PARA MANEJO DE DATOS

*Las aplicaciones del negocio*, son frecuentemente llamadas *sistemas de procesamiento en línea*, en inglés “On line Processing Systems (OLTP)”, o *sistemas para el soporte de la operación*, en inglés “Operations Support Systems (OSS)”.

Por otro lado, las *aplicaciones acerca del negocio*, son conocidas como aplicaciones de información central (apoyo de decisiones, modelado, extracción de información, reportes y análisis a la medida, almacén de datos, etcétera.). Estas aplicaciones están orientadas a la extracción, análisis y reportes de información. Los datos que alimentan estas aplicaciones son frecuentemente extraídos de aplicaciones de tipo OLTP, OSS o servicios públicos de información.

Los principales conceptos relacionados con el AD se resumen en los siguientes tres puntos:

- *Primero*, el AD pone de manifiesto el hecho de que los datos almacenados para el análisis del negocio (*aplicaciones acerca del negocio*, Figura 19) son manejados con mayor eficiencia si éstos son separados de los datos de los sistemas transaccionales (*aplicaciones del negocio*, Figura 19). Este punto es importante, dado que la evolución de los negocios ha originado que los procesos de análisis sean cada vez más complejos y sofisticados. No solamente es separar y almacenar los datos de manera estructurada, sino contar con la posibilidad de establecer y entender la correlación que existe entre las actividades de los diferentes grupos de la organización.
- *Segundo*, el AD rompe con las limitaciones de los modelos de datos de las aplicaciones del negocio. Se propone y construye un modelo flexible de datos similar a la estructura del negocio, como un repositorio o almacén de datos (meta-datos). Este modelo extensible de datos es fácil de comprender tanto para los analistas como para los administradores del negocio.
- *Tercero*, el AD no contiene información acerca de entidades que son dinámicas o en proceso de cambio. Los datos deben ser no volátiles; esto implica que una vez que el dato entra en el almacén de datos, no podrá ser modificado. En general se puede decir, que los datos de los sistemas transaccionales son enviados al AD cuando la actividad del negocio se ha completado. Es importante entender que es difícil mantener datos dinámicos en un AD.

En resumen, el AD propone la necesidad de separar los datos relacionados con las transacciones del negocio de los datos que se requieren para el análisis y síntesis de los procesos de la organización. Propone la construcción de un repositorio de datos<sup>2</sup> o almacén de datos, a partir de transformaciones de los datos contenidos en los sistemas transaccionales. La definición y construcción de la transformación de datos a información, es el punto crítico para el desarrollo del AD. La razón de ser del almacén de datos está en función de cómo estos nuevos datos ayudan a los procesos de toma de decisiones en la organización; si estos nuevos datos no apoyan el proceso de toma de decisiones, el AD no será de utilidad.

---

<sup>2</sup> El concepto de meta dato, en un AD, es diferente al que se utiliza en bases de datos, para referirse al diccionario de datos o repositorio de datos (DD, y IRSD),

Las características principales de este almacén de datos son: (a) el AD es construido tomando en cuenta las necesidades de análisis y síntesis que requiere el negocio o las subunidades de negocio (unidades estratégicas de negocios o de decisión); y (b) los datos almacenados en este repositorio son estáticos.

#### 4.2.4. *Objetivos de un almacén de datos*

En las organizaciones los datos son considerados como activos importantes. Este activo se encuentra en la organización en sus sistemas de *registro de las operaciones* organizacionales y en sus *almacenes de datos* (data warehouse). Los sistemas de registro de las operaciones son los encargados de recibir los datos de las actividades sustantivas de la organización, mientras que en el *almacén de datos* están los datos que son utilizados para la toma de decisiones. Los objetivos de un *almacén de datos* son (Kimball et. al., 1998):

- (i) *Hacer accesible la información de la organización.* El contenido del *almacén de datos* es entendible, navegable, y con acceso rápido. Entendible significa que los datos en el *almacén de datos* son correctos y eficazmente etiquetados. Navegable significa conocer el origen y destino del camino de una búsqueda, en pantalla, y obtenerlo con una sola tecla. Acceso rápido significa tiempo de espera cero. Estos requerimientos no tienen fronteras o límites predeterminados.
- (ii) *Hacer la información de la organización consistente.* Información proveniente de una parte de la organización puede ser acoplada con información de otra parte de la organización. Si dos mediciones de una organización tienen el mismo nombre, entonces éstas deben de tener el mismo significado; así también, si dos medidas no significan lo mismo, entonces éstas deben de estar etiquetadas de manera diferente. Información consistente es información de alta calidad.
- (iii) *Ser una fuente de información aditiva y elástica.* El *almacén de datos* es diseñado para trabajar en un ambiente de continuo cambio. Cuándo aparecen nuevas consultas a realizar por el *almacén de datos*, sus datos existentes y su estructura no cambia ni se interrumpe.
- (iv) *Ayudar a proteger la información.* El *almacén de datos* no solamente controla el acceso a los datos efectivamente, sino que proporciona a sus dueños una perspectiva sobre el uso y abuso de los datos, incluso después de que éstos salgan del *almacén de datos*.
- (v) *Ser la base para la toma de decisiones.* El *almacén de datos* contiene los datos correctos para el soporte de decisiones.

Para el diseño de la estructura física del *almacén de datos* el modelo dimensional es utilizado. Este modelo emplea los esquemas de estrella y constelación propuestos por Kimball (1997,1998).

Los datos contenidos en el almacén de datos apoyan los procesos de toma decisiones tanto tácticas como estratégicas. Las decisiones tácticas están sustentadas en aplicaciones diseñadas para realizar consultas y representaciones simples de los datos de este almacén.

Por su lado, las decisiones estratégicas hacen uso de modelos matemáticos, financieros, logísticos, entre otros, en armonía con los datos del almacén. La utilización de modelos para la toma de decisiones estratégicas, requiere de procedimientos que faciliten su uso. Para la utilización de modelos existen conceptos como: administración de modelos, diseño estructurado de modelos y modelación algebraica.

### 4.3. Diseño estructurado de modelos

El concepto de lenguajes de modelación algebraica (LMA) se presenta como la principal herramienta metodológica para el diseño e implantación de modelos algebraicos en ambientes de cómputo. Primeramente, se comenta el origen de estos lenguajes de modelación; en particular el lenguaje de modelación estructural, propuesto por Griffion (1987).

#### 4.3.1. El origen de los Lenguajes de Modelación Algebraica (LMA)

Las causas que dieron origen a la aparición de los lenguajes de modelación algebraica (LMA) fueron dos: i) aspecto operacional (Brooke, 1992), ésto es la dificultad de preparar y utilizar modelos, y ii) de aceptación, modelos complejos son poco empleados por personas a niveles administrativo y directivo (Griffion, 1987).

Los aspectos operacionales tuvieron progresos substanciales en la década de 1950 - 1960, con el desarrollo de algoritmos y códigos de computadoras para resolver problemas de programación matemática; en la década de los 70 la demanda de estas herramientas fue mucho menor de la esperada (Brooke, 1992), debido principalmente a que los procesos para la formulación de problemas representaban una mínima parte del tiempo utilizado en el desarrollo total de los proyectos, la mayor parte del tiempo requerido para el desarrollo del modelo estaba destinada a la preparación y transformación de los datos y en la preparación de reportes.

Cada modelo requería muchas horas de análisis y programación, para organizar los datos y escribir el programa de computadora que transformaría estos datos en la forma requerida por el modelo de programación matemática. Aun más, fue demasiado complicado detectar y eliminar errores, dado que los programas que realizaban la transformación eran únicamente accesibles para los especialistas en cómputo y no por el encargado del proyecto.

El segundo y más lamentable problema que enfrenta la utilización de modelos, es que los administrativos y directivos presentan poca inclinación a la asistencia basada en modelos.

Griffion (1987) percibió otros problemas fundamentales en el área de Investigación de Operaciones y Ciencias de la Administración (IO/CA): baja productividad y poca aceptación administrativa. La baja productividad la asoció a cuatro factores, vigentes actualmente:

- *Primero*, al hecho de que para cualquier trabajo se requiere de al menos tres representaciones del modelo: una representación "natural" utilizada para la comunicación inter-personal, requerida para la comunicación con los administradores que carecen de entrenamiento especial en ciencias de IO/CA; una representación

“matemática” utilizada para el análisis del problema; y finalmente una representación computacional ejecutable. Esta multiplicidad de representaciones son ineficientes, debido principalmente a la redundancia, la susceptibilidad a inconsistencias, y la demanda de diversas habilidades para completar incluso proyectos pequeños (Fourer, 1983, 1990).

- *Segundo*, las interfaces que presentan los sistemas avanzados de análisis y síntesis de información para el usuario (conocidos en inglés como “solver”) son poco amigables. En particular, los sistemas desarrollados para programación matemática y análisis estadístico, demandan tareas que requieren por parte de los usuarios de habilidades especiales.
- *Tercero*, es un hecho que los actuales sistemas de modelación solamente están diseñados para un tipo o familia de modelos. Es necesario contar con un sistema con amplia aplicabilidad.
- *Cuarto*, los sistemas actuales de cómputo, solamente están asociados a una o dos fases del ciclo de vida del análisis y modelado de sistemas.

Geoffrion (1987, 1989) propone la creación de una nueva generación de sistemas de modelación con las siguientes características:

1. *Conceptualización de un ambiente de modelación, riguroso y coherente.* Se propone utilizar un formato simple de representación que sirva de comunicación en los niveles de administración, uso matemático y de aplicación directa en una computadora.
2. *Independencia del modelo de representación del modelo de solución.* Se requiere del uso de una interfaz estándar que facilite la construcción de librerías de modelos, así como el fácil acceso a “solver” (por ejemplo, sistemas de simulación, sistemas de ecuaciones simultáneas, etcétera.)
3. *Generalidad del ambiente de modelación.* Se deben poder albergar los más importantes paradigmas de modelación en IO/CA (actividades de análisis, arboles de decisión, redes de flujo, gráficas, cadenas de Markov, sistemas de colas, etcétera)
4. *Utilización en todas las fases del ciclo de vida del trabajo de modelación.* Se debe prestar ayuda en todas las fases del proceso de modelación: definición del problema, recolección de datos, formulación del modelo, verificación del modelo, selección de alternativas, presentación de resultados e implantación del modelo.
5. *Independencia de representaciones.* La estructura del modelo general debe ser independiente de los datos requeridos para una corrida en particular.
6. *Implementación de interfaces modernas.* Se debe simplificar el uso de modelos a los usuarios, utilizando representaciones gráficas para modelos y datos como medio de interacción usuario - computadora.
7. *Integración de facilidades para la administración de datos.* Debe ser parte importante del sistema un servidor de consultas a bases de datos.

Geoffrion (1987, 1989, 1991) propone y desarrolla el Lenguaje de Modelado Estructural LME, como respuesta a los puntos anteriores. A continuación se presentan los principales conceptos asociados con este lenguaje de modelación.

#### 4.3.2. *El lenguaje de Modelado Estructural*

Geoffrion en diferentes artículo presentó su Lenguaje de Modelado Estructural LME (1987,1989,1991), argumentando las virtudes de la utilización del mismo.

El LME permite que el proceso de modelación sea realizado por personas no especializadas, con lo que se espera incrementar la productividad de los modelos. El LME se considera una poderosa herramienta de modelación; pero también, apoya el diseño de modelos basados en ambientes de cómputo.

El modelado estructural proporciona un ambiente matemático formal, el cual puede ser implantado en un ambiente de cómputo, para concebir, representar y manipular una gran variedad de modelos. El ambiente utiliza: una organización jerárquica, gráficas acíclicas de representación semántica, así como una estructura matemática del modelo.

##### 4.3.2.1. *El modelado estructural*

El modelado estructural proporciona los fundamentos para una nueva generación de sistemas con las características listadas en la sección anterior; así también ayuda al desarrollo de una cultura de utilización de modelos dentro de las organizaciones.

El ambiente formal está basado en matemáticas discretas; utiliza una organización jerárquica por segmentos y gráficas acíclicas para representar modelos o clases de modelos. Se da particular atención a la representación semántica, así como también a la estructura matemática y la compatibilidad con los cuatro paradigmas fundamentales de la aplicación de modelos (extracción, evaluación de expresiones, resolución de sistemas simultáneos, y optimización).

La esencia del modelado estructural está en la concepción de un modelo como un sistema; ésto es, un modelo es las definiciones de todos los elementos que lo componen. Esas definiciones tienen algunas propiedades especiales:

- (i) *Tipificación*, se definen cinco tipos de elementos disponibles para la definición de un modelo;
- (ii) *Correlación*, se definen interdependencias e interacciones explícitas entre los elementos de un modelo; así como también, para ciertos tipos, se puede asignar valores permanentes; y
- (iii) *Agrupación*, con base en una definición de similitud, que se dará más adelante, se forman módulos de elementos, a diferentes niveles conceptuales. Se garantiza que cualquier definición de un sistema estará libre de la presencia de ciclos.

La definición de un modelo presenta una conexión profunda con el uso de los formalismos utilizados en inteligencia artificial, administración de base de datos, el paradigma del diseño de lenguajes, y la ingeniería de software. Estas conexiones invitan a una fertilización de ideas entre estos campos, en lo concerniente a la modelación (Geoffrion, 1987, 1989).

El ambiente del modelado estructurado consta de tres niveles; *estructura elemental*, *estructura genérica* y *estructura modular*.

#### 4.3.2.2. Estructura Elemental

El modelado estructural ve al modelo como la composición de elementos discretos. La noción central es que cada elemento puede ser postulado como primitivo del modelo o en términos de otros elementos cuyas definiciones ya existan.

La estructura elemental ayuda a capturar todos los detalles de la definición de un modelo. El modelo es visto en términos de una gráfica de elementos (nodos) y "llamadas" (arcos) entre éstos. Cada llamada representa la definición de una referencia, esto es, la participación de un elemento en la definición de otro; el nodo en la cabecera es el que realiza la llamada al elemento en el nodo cola. Existen cinco tipos de elementos, algunos de ellos presentan valores.

- 1) *El elemento entidad primitiva /pe/*, no tiene valor asociado y generalmente representa objetos o conceptos postulados como primitivos del modelo (por ejemplo, planta de producción, definida para un modelo de transporte).
- 2) *El elemento entidad compuesto /ce/*, representa objetos o conceptos que son definidos en términos de otros objetos o conceptos ya definidos (por ejemplo, la liga que define la relación que existe entre cierta planta y cierto cliente en un modelo de transporte).
- 3) *Elemento atributo /a/*, tiene un valor constante y generalmente representa propiedades de objetos o conceptos (por ejemplo, demanda mínima diaria, asociada con cierto cliente en un modelo de transporte).
- 4) *El elemento función /f/*, tiene un valor, el cual depende de un conjunto definido de reglas que funcionan con base a los valores de los elementos llamados, y generalmente representan propiedades calculables y aspectos más complejos del modelo (por ejemplo, el costo total anual asociado con inventarios).
- 5) *Elemento prueba /t/*, su comportamiento es similar al de los elementos función, excepto que éstos sólo pueden tener como valor resultado TRUE o FALSE.

Estos elementos pueden ser representados en una gráfica acíclica (ver Figura 20), se asume que es acíclica porque se desean evitar definiciones circulares; a esta gráfica también se le pueden añadir atributos. Los atributos son asociados, a sus nodos y sus arcos, para representar: (i) valores de los elementos no entidad; (ii) reglas para el cálculo de los valores de los elementos función y prueba; y (iii) un orden para los arcos de cada nodo.



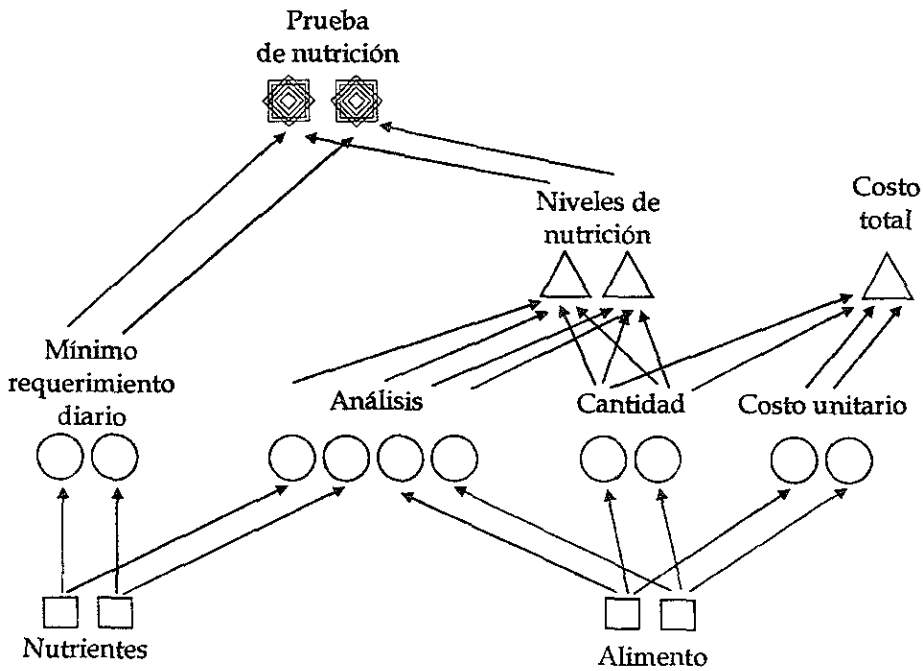


FIGURA 20. GRÁFICA ACÍCLICA PARA UN MODELO DE ALIMENTACIÓN DE 2 x 2

En la Figura 20, se muestra un modelo de alimentación de dos por dos, se observan: los elementos *Nutrientes* y *Alimento* representan entidades primitivas; los elementos *Análisis* y *Niveles de Nutrición* son elementos función; *Costo Total* es una entidad compuesta; *Costos unitarios* y *Requerimiento mínimo* son elementos atributo; y *Prueba de nutrición* es un elemento prueba.

#### 4.3.2.3. Estructura Genérica

La estructura genérica ayuda a capturar la familiaridad natural que existe entre los elementos de un modelo, mediante el agrupamiento de sus elementos. Matemáticamente esto es posible mediante el acoplamiento de elementos en géneros; se busca una regla que permita la definición de géneros. Cada género agrupa elementos de un mismo tipo.

No todas las reglas son permitidas. Estas deben de satisfacer una propiedad llamada "*similitud genérica*", la cual demanda rigurosamente que cada elemento de un género llame elementos del mismo género foráneo. El cumplimiento de esta similitud es esencial para probar determinadas propiedades esenciales del modelado estructural (Geoffrion, 1987, 1989). Una ejemplo de una gráfica genérica, para el modelo de nutrición, se muestra en la Figura 21.

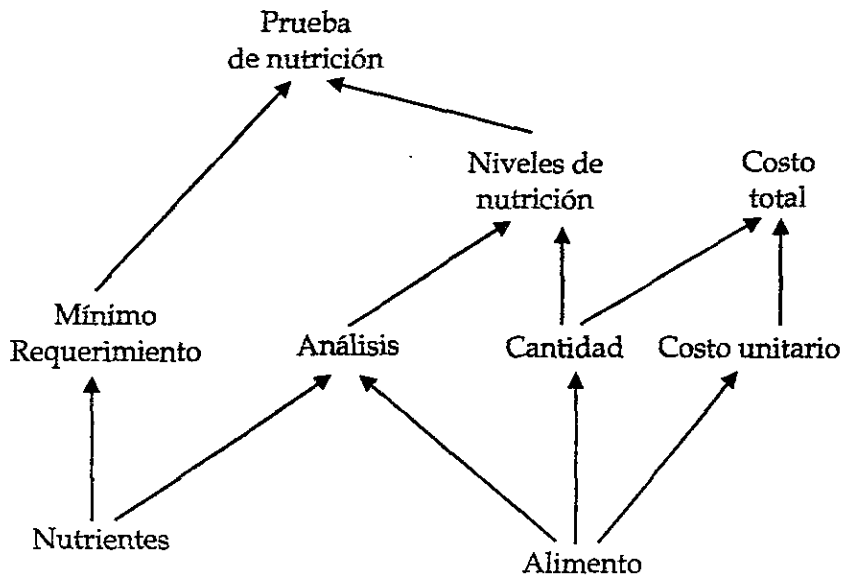


FIGURA 21. GRÁFICA GENERICA

Por ejemplo, en esta gráfica se observa al género Nutrientes, en él se agrupa a todos los posibles nutrientes requeridos para la dieta (vitaminas, proteínas, etcétera), de la misma forma, el género Alimentos agrupa las diferentes alternativas de alimentos considerados (carne, vegetales, etcétera).

#### 4.3.2.4. Estructura Modular

La estructura modular ayuda a organizar el modelo estructuralmente y jerárquicamente. La idea es agrupar géneros dentro de unidades conceptuales llamadas módulos de acuerdo a convenciones o semánticas definidas; posteriormente estos módulos son agrupados en módulos de mayor orden, y así sucesivamente. Esto permite manejar la complejidad del modelo en abstracciones de orden mayor.

Matemáticamente la estructura modular es un árbol, en donde la raíz representa todo el modelo y los nodos terminales tienen una correspondencia 1:1 con los géneros definidos. Los otros nodos del árbol, son módulos que representan unidades conceptuales con sus géneros descendientes.

No todas las estructuras modulares posibles son permitidas. Una estructura modular debe formar una lista indentada sin referencias cruzadas; esto es, un género debe estar listado de manera que ningún elemento del género llame elementos de géneros que son sus padres o superiores. Una estructura modular que satisface esta característica es llamada monótona. En la Figura 22, se muestra la estructura modular para el modelo de nutrición.

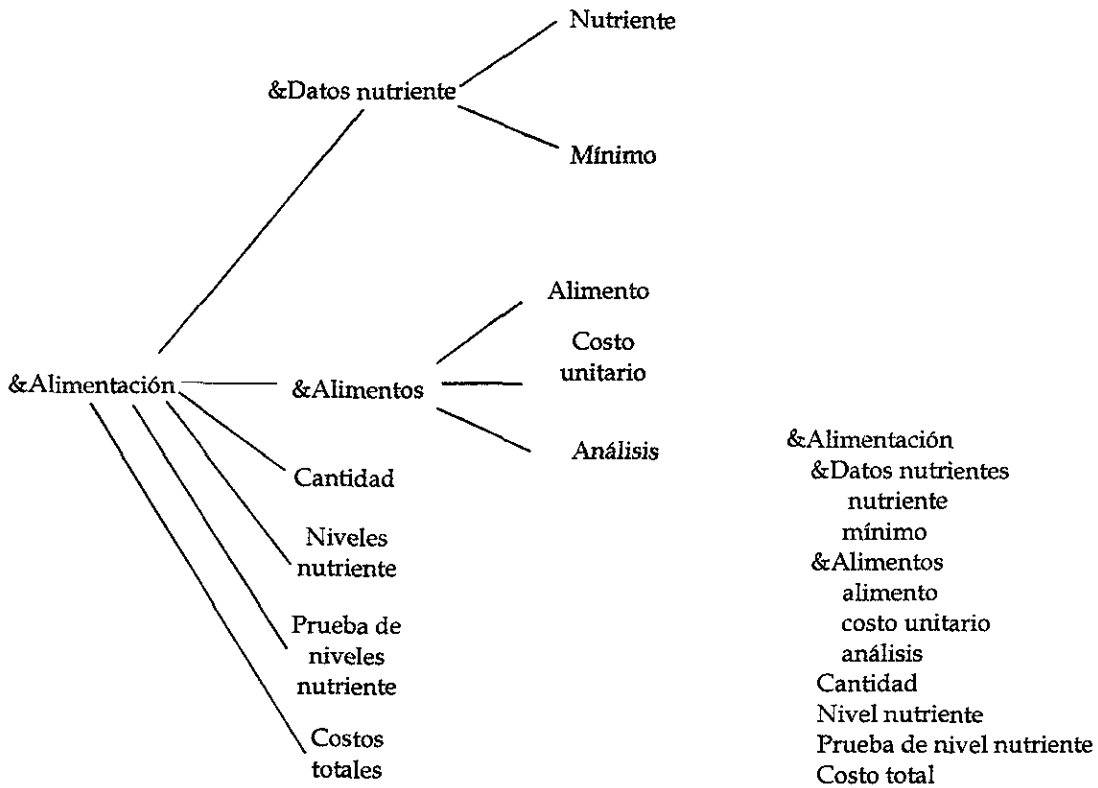


FIGURA 22. ESTRUCTURA MODULAR

#### 4.3.2.5. El esquema modular

La información contenida en la estructura modular es trasladada a un esquema modular, el cual emplea un lenguaje con la siguiente sintaxis.

- 1) El esquema está compuesto por párrafos, uno por cada línea; existen dos tipos de párrafos: párrafos descriptores de módulos (párrafos de módulos), los cuales siempre comienzan con el nombre del módulo, y párrafos de géneros (descriptores de géneros), los cuales comienzan con el nombre del género.
- 2) Los nombres del módulo y del género son únicos y se escriben con mayúsculas. Los géneros que contiene otros géneros siempre comienzan con un ampersand (&), para un rápido reconocimiento, mientras que los restantes nombres comienzan siempre con una letra del alfabeto.
- 3) Cada párrafo consta de dos partes; una parte formal, seguida de una parte de interpretación o comentarios. La parte de interpretación no presenta restricción alguna, en la Figura 24 esta parte se muestra en *italicas*. La parte formal de un párrafo de módulo consiste únicamente del nombre del módulo. La sintaxis de la parte formal de un párrafo de género estará sujeta a las siguientes reglas:
  - La parte formal de un párrafo género incluye siempre un indicador del tipo de elemento (/pe/, /ce/, /a/, /f/ o /t/). El indicador /va/ puede ser utilizado como atributo variable.

- El nombre de género en un párrafo género, que no sea /pe/, está siempre seguido por una secuencia genérica de llamadas dentro de un paréntesis, esta secuencia de llamadas identifica los elementos que participan en la definición del elemento tipo. La sintaxis de la secuencia genérica de llamada es diseñada de manera que la propiedad de similitud se mantiene.
- El indicador de tipo en un párrafo de género, usualmente es seguido por un enunciado del conjunto de índices que especifica los elementos de la población del género. Si éste es omitido, se entiende que de todo elemento posible existe.
- El enunciado del conjunto índice de un atributo, de un párrafo género, frecuentemente es seguido por un enunciado de rango, anunciado por un punto y coma; éste especifica los valores permitidos para los elementos del género.
- El enunciado del conjunto índice, de un párrafo género de función o prueba, frecuentemente es seguido por una regla genérica, anunciada por un punto y coma; ésta especifica la forma en que los valores de los elementos son calculados.
- Cada género puede tener más de un elemento completamente indexado. Un índice nunca será artificial.

Para ejemplificar el uso del lenguaje de modelación algebraica, se presenta la representación de un modelo para el problema de transporte.

Sea el problema de transporte definido como:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Sujeto a

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq a_i, i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$$

Donde  $c_{ij}$  son los costos de transportar un producto de un origen "i" a un destino "j",  $x_{ij}$  es la cantidad transportada de un origen "i" a un destino "j",  $a_i$  es la capacidad de producción del origen "i" y  $b_j$  es la demanda del destino "j". En la Figura 23, se muestra la gráfica genérica para este modelo, con la información observada en la gráfica se construye el esquema modular del modelo, éste se muestra en la Figura 24.

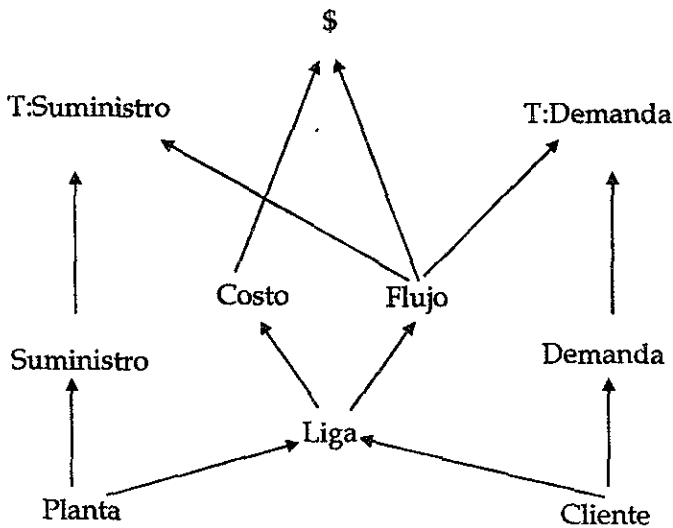


FIGURA 23 GRÁFICA GENÉRICA PARA EL MODELO DE TRANSPORTE

```

&SDATA Datos fuente
  PLANTi /pe/ Lista de plantas de producción
  SUP(PLANTi) /a/ {PLANT}: R+ Cada planta tiene asociada una capacidad de producción en ton.

&CDATA Datos de los destinos o clientes
  CUSTi /pe/ Lista de destinos o clientes
  DEM(CUSTi) /a/ {CUST}: R+ Cada destino tiene asociado una demanda en tons.

&TDATA Datos de transportación
  LINK(PLANTi,CUSTj) /ce/ Select {PLANT} × {CUST} where i covers {PLANT}, j covers {CUST}
  Hay algunas rutas de transportación de plantas a destinos, debe al menos una ruta que incida en cada planta y debe por lo menos una ruta que incida en cada destino
  FLOW(LINKij) /va/ {LINK}: R+ Existe un flujo de transporte no negativo (en tons.) en cada ruta
  COST(LINKij) /a/ {LINK}: R Cada ruta tiene un costo de transportación asociado en $/tons

$(COST,FLOW) /t/; SUMi SUMj (COSTij * FLOWij) Hay un costo total asociado con todos los flujos

T:SUP (FLOWi,SUPi) /t/ {PLANT}; SUMj (FLOWij) ≤ SUPi Prueba de producción

T:DEM (FLOWj,DEMj) /t/ {CUST}; SUMi (FLOWij) = DEMj Prueba de demanda
  
```

FIGURA 24. ESQUEMA MODULAR PARA EL MODELO DE TRANSPORTE

La utilización de este lenguaje de modelación, permite definir y conceptualizar los modelos que requiere una organización para sus procesos de toma de decisiones estratégicas. Tres aspectos relacionados con el uso de este lenguaje de modelación resaltan:

- (i) *Definición de estrategias y tipos de decisiones de directivos y administradores*, se requiere conocer con anticipación las estrategias y procedimientos de decisión que son utilizados en la organización; con esta información se podrán definir los modelos o conjuntos de modelos a utilizar.
- (ii) *Uso de la información contenida en el almacén de datos*, uno de los principales problemas mencionados en el uso de modelos en una organización, es el suministro y manejo de datos que requiere un modelo. La tecnología de almacén de datos, mencionada en la sección 4.2, apoya el manejo de datos en la administración de modelos. Se propone crear mecanismos que vinculen la construcción de un almacén de datos con el manejo del lenguaje de modelación estructurado, ver capítulos 3 y 4.
- (iii) *Administración de modelos*, en adición a la representación, manipulación y ejecución de modelos, es necesario contar con ambientes de cómputo que permitan la administración integral de modelos. Este tema es trabajado en el capítulo 3.

## 5. Conclusiones

La metodología presentada propone el desarrollo de sistemas en donde se integren metodologías de áreas como: planeación, computación, investigación de operaciones y teoría de decisiones. El objetivo de esta fusión de metodologías, es mejorar el proceso de toma de decisiones, mediante el desarrollo de un *sistema para el apoyo de decisiones corporativas* (SADC). Este sistema soporta las funciones:

- (i) *Almacenamiento de datos de las actividades sustantivas del negocio*. La conceptualización y diseño de un sistema de información en concordancia con el plan sustantivo del negocio es parte integral del sistema. La captura y administración de los datos operacionales de las principales actividades de la organización se realiza de manera sistematizada.
- (ii) *Conceptualización y administración de datos para el proceso de toma de decisiones*. La separación y transformación de los datos de la operación de la organización en datos para análisis y síntesis para el apoyo de decisiones, se realiza de manera transparente para usuarios no expertos en computación.
- (iii) *Administración de modelos para el proceso de toma de decisiones*. El sistema cuenta con una interfaz para el desarrollo, representación, almacenamiento, control y ejecución de modelos matemáticos, financieros y de inventarios. Esta interfaz promueve el uso de modelos en usuarios ejecutivos y/o administrativos.

Estos factores apoyan aspectos como:

- (i) *Utilización más eficiente de los recursos informáticos*. Para hacer un mejor uso de los recursos informáticos de una organización es necesario: a) tener una idea clara de la cantidad, calidad y disponibilidad de estos recursos; y b) contar con los medios administrativos y tecnológicos para la explotación de estos recursos. Se considera que el sistema propuesto ayuda tanto al conocimiento de estos recursos informáticos como a su explotación.

- (ii) *Uso de modelos de I/O.* El uso de modelos específicos (inventarios, financieros, pronósticos, ...) se incrementó en la empresa, y por consiguiente, se crearon nuevas ventajas competitivas.
- (iii) *Trabajo interdisciplinario.* La interacción entre diversos miembros de la organización, para el diseño y utilización de un sistema como el propuesto, promueve el trabajo en equipo en la organización.

En el siguiente capítulo se presenta un ejemplo de aplicación de esta metodología.

## 6. Referencias

- Anthony R. (1965). *Planning and Control Systems: A framework for Analysis*. Harvard Business Review.
- Bernad B. (1998). *Understanding Data Warehousing Strategically*. También disponible en <http://www3.ncr.com/govmrkts/library/bboard1.htm>
- Boehm B. (1988). *A spiral model for software development and enhancement*. Computer, vol. 21, No. 25, May, pp. 61-72.
- Brooke A., Kendrick D., Meeraus A. (1992). *GAMS User Guide*. The Scientific Press.
- Constantine L. and Yourdon E. (1979). *Structured Desing*. Prentice – Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Chen P. (1976). *The Entity –Relationship Model: Toward a Unified View of Data*. ACM Transactions on Database Systems 1:1, March, pp. 9-36.
- Fourer R. (1983). *Modeling Languages Versus Matrix Generators for Linear Programming*. ACM Trans. Math. Software, volume 9, pp. 143-183.
- Fourer R., Gray D., Kernighan B.W. (1990). *A Modeling Language for Mathematical Programming*. Management Science, volome 36, number 5, pp. 519-554, may.
- Geoffrion A. M. (1987). *An introduction to structured modeling*. Management Science 33, pp. 547-588.
- Geoffrion A. M. (1989a). *The formal aspects of structured modeling*. Operations Research 41, pp. 33-43.
- Geoffrion A. M. (1991). *A prototype structured modeling environment*. Management Sciencie 37, pp. 1513-1538.
- Goldberg B. and Sifonis J.G. (1994). *Dynamic Planning: The Art of Managing Beyond Tomorrow*. Oxford University Press, Oxford.
- Gupta R. (1997). *System Services Corporation, An Introduction of Data Warehouse*. También disponible en <http://systems-sercices.com/dwinro.htm>
- Higgins J.M. (1994). *101 Creative Problem Solving Techniques: The Handbook of New Ideas for Business*. The New Management Publishing Company.
- International Business Machines Corporation. (1978). *Information Systems Planning Guid*. Write Plains, New York.
- Isaksen S.G. and Treffinger D.J. (1996). *Creative Problem Solving: The Basic Course*. Bearly Limited.
- Kanter J. (1970). *Management Guide to Computer Systems Selection and Use*. Printice Hall, Englewood Cliffs NJ.
- Kepner C.H., Tregoe B.B. (1993). *El nuevo directivo racional*. McGraw-Hill, México.
- Kimball R. (1997). *A Dimensional Modeling Manifesto*. DBMS Magazine, August. También disponible en <http://www.dbmsmag.com/9708d15.html>
- Kimball R. (1998). *Bringing up supermarts*, DBMS Magazine, January. También disponible en <http://www.dbmsmag.com/9801d14.html>



- Kimball R., Reeves L., M.Ross. (1998). *The Data Warehouse*. John Wiley & Son, Inc.
- McGuff F. (1998). *Designig the Perfect Data Warehouse*. También disponible en <http://members.oal.com/fmcguff/dwmodel/frtext.htm>
- Meador C. L., Guyote M. J., Rosenfeld W. T. (1998). *Decision Support Planning and Analysis: The Problems of Getting Large Scale DSS Started*. También disponible en [http://www.mstnet.com/mstnet/articles/wp\\_ds/wp\\_ds.html](http://www.mstnet.com/mstnet/articles/wp_ds/wp_ds.html)
- Meador C.L., Guyote M.J. and Keen P.G.W. (1984). *Setting Priorities for DSS Development*. MIS Quarterly, volume 8, number 2 June , pp. 117-129.
- Modell M.E. (1988). *A Professional's Guide to Systems Analysis*. MacGraw – Hill Software Engineering Series.
- Orr K. (1997). *Data Warehouse Technology*. También disponible en <http://www.kenorrinst.com/dwpaper.html>
- Orsey R.R. (1982). *Methodologies for Determining Information Flows*. The Economics od Information Processing, volume 1, Management Perspectives, John Wiley, New York.
- Ricardo C.M. (1990). *Database Systems: Principles, Design,a and Implementation*. MacMillan Publishing Company, New York.
- Ross D.T. and Schoman K.E. (1977). *Structures Analysis for Requirements Definition*. IEEE Transactions on Software Engineering, volume SE3, number 1 January, pp. 6-15.
- Rudkin R.I. and Sheve K.D.(1979). *Structured Descomposition Diagram: A New Technique for System Analysis*. Datamation, volume 25, number 11, October.
- Sage A.P. and Palmer J.D. (1990). *Software Systems Engineering*. John Wiley & Son Series in Systems Engineering.
- Shooman H. A., Bolsky M. I. (1975). *Types, Distribution, and Test and Correction Times for Programming Errors*. International Conference on Reliable Software Proceedings, Los Angeles California, pp. 347-357.
- Steiner G. A. (1979). *Strategic Planing: What Every Manager Must Know*. The Free Press, New York.
- Strickland T. (1997). *Dirección y administración estratégicas, conceptos, casos y lecturas*, McGraw-Hill.
- Wilson B. (1993). *Systems: Concepts, Methodologies and Applications, Second Edition*. John Wiley & Son, New York.
- Winston Wasayne L. and Albright Christian (1997). *Practical Management Science (Spreadsheet Modeling and Applications)*. Duxbury Press.

## 7. Tabla de figuras

FIGURA 1. PIRÁMIDE ORGANIZACIONAL (ANTHONY, 1965).....	4
FIGURA 2. SISTEMA OPERACIONAL VERSUS SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	5
FIGURA 3. RELACIÓN ENTRE LAS METODOLOGÍAS.....	7
FIGURA 4. INTERACCIÓN ENTRE AREAS PARA LA CONTRUCCIÓN DE SISTEMAS CORPORATIVOS.....	8
FIGURA 5 METODOLOGÍA INTEGRAL PARA EL DESARROLLO DE SADC.....	9
FIGURA 6. LAS CINCO ETAPAS DE LA PLANEACIÓN DE UN SADC.....	16
FIGURA 7. SÍMBOLOS UTILIZADOS PARA LA CONTRUCCIÓN DE DFD (RICARDO, 1990).....	19
FIGURA 8. DIAGRAMA DE CONTEXTO DE UN SISTEMA DE REGISTRO UNIVERSITARIO.....	20
FIGURA 9. DIAGRAMA 0 DE UN SISTEMA DE REGISTRO EN LÍNEA.....	21
FIGURA 10. DIAGRAMA DE DETALLE DEL PROCESO DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA DE REGISTRO EN LÍNEA.....	22
FIGURA 11 ESTRUCTURA DE LA CRUZ DE MALTA.....	23
FIGURA 12. REPRESENTACIÓN DE ENTIDADES, ATRIBUTOS Y RELACIONES EN UN MODELO ENTIDAD-RELACIÓN.....	25
FIGURA 13. EJEMPLO DE UN MODELO ENTIDAD-RELACIÓN.....	26
FIGURA 14. DATA WAREHOUSE SEGÚN ORACLE COMPANY (1999).....	28
FIGURA 15. RAZONES PARA MOVER DATOS DE LOS SISTEMAS DE TRANSACCIONES.....	28
FIGURA 16. LAS ENTIDADES DEL AD ALINEADAS CON LA ESTRUCTURA DEL NEGOCIO.....	29
FIGURA 17. ARQUITECTURA OPTIMA DE DATOS. TOMADO DE BOAR B. 1993.....	30
FIGURA 18. ARQUITECTURA DE DATOS DEL NEGOCIO, COMUNICACIÓN, PROCESAMIENTO Y PRESENTACIONES.....	31
FIGURA 19. CUATRO TIPOS DE ARQUITECTURA DE APLICACIONES PARA MANEJO DE DATOS.....	32
FIGURA 20. GRÁFICA ACÍCLICA PARA UN MODELO DE ALIMENTACIÓN DE 2 x 2.....	39
FIGURA 21. GRÁFICA GENERICA.....	40
FIGURA 22. ESTRUCTURA MODULAR.....	41
FIGURA 23 GRÁFICA GENÉRICA PARA EL MODELO DE TRANSPORTE.....	43
FIGURA 24. ESQUEMA MODULAR PARA EL MODELO DE TRANSPORTE.....	43

## CAPÍTULO 2

### DESARROLLO DE UN SADC PARA COSTOS

#### CONTENIDO

<b>1. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DE COSTOS.....</b>	<b>50</b>
1.1. GRADO DE CONVERSIÓN DE LAS EMPRESAS.....	51
1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS.....	52
1.3. ASIGNACIÓN DE COSTOS.....	54
1.4. MÉTODO DE COSTEO ABC.....	57
<b>2. ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES.....</b>	<b>59</b>
2.1. ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS.....	59
2.2. ANÁLISIS DE DECISIONES.....	62
<b>3. PLAN SUSTANTIVO.....</b>	<b>63</b>
3.1. OBJETIVOS.....	64
3.2. METAS.....	64
3.3. PLANES Y/O ACTIVIDADES.....	64
<b>4. DISEÑO DEL MODELO LÓGICO.....</b>	<b>65</b>
4.1. MÓDULO OPERATIVO.....	66
4.2. MÓDULO TÁCTICO.....	75
4.3. MÓDULO ESTRATÉGICO.....	77
<b>5. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE PARA EL DESARROLLO.....</b>	<b>82</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>82</b>
<b>7. REFERENCIAS.....</b>	<b>84</b>
<b>8. ANEXO A.....</b>	<b>85</b>
<b>9. ANEXO B.....</b>	<b>92</b>
<b>10. TABLA DE FIGURAS.....</b>	<b>94</b>

## RESUMEN

En este capítulo se desarrolla un *sistema para el apoyo de decisiones corporativas SADC* para el área de contabilidad de costos de una organización. El sistema abarca tres aspectos importantes: el primero relacionado con el almacenamiento y administración de los flujos de información de los costos en los que incurre un proyecto y/o la empresa (*sistema de información de costos*); el segundo, es la definición de las diferentes formas de asignación y clasificación de los costos en un sistema de cómputo, por producto, actividad y departamento (*almacén de datos condensados*); y finalmente, el tercero se refiere a la utilización de modelos financieros, para el análisis y síntesis de información de los costos de la organización (*uso y administración de modelos*).

El capítulo se divide en cuatro partes: en la sección 1 se presenta una descripción de los principales procesos relacionados con la contabilidad de costos; en la sección 2 se expone el análisis de las necesidades de los usuarios, se identifican áreas de problema junto con la conceptualización de sus procesos de tomas de decisiones; en la sección 3 se presentan los elementos del plan sustantivo del sistema; y finalmente en la sección 4, con base en lo presentado en las secciones anteriores, se construye el modelo lógico del sistema.

El sistema resultante consta de tres módulos: el operativo, el táctico y el estratégico. La metodología utilizada a lo largo del capítulo está en concordancia con lo propuesto en el capítulo anterior.

### 1. Descripción de la unidad de costos

El *objetivo principal* de un sistema de información de costos se divide en dos puntos:

- (i) *Proporcionar información a los administradores.* Es necesario satisfacer las necesidades de información interna, requerida para llevar a cabo las funciones administrativas de la organización [planear, controlar, evaluar y tomar decisiones], así como contar con los datos para la preparación de los estados financieros [hoja de balance y estado de resultados] (*contabilidad administrativa*).
- (ii) *Satisfacer las necesidades de información de usuarios externos (accionistas, tenedores de bonos, agencias gubernamentales, etcétera.)*. Los dueños y accionistas de las organizaciones requieren de información histórica, acerca de sus transacciones monetarias (*contabilidad financiera*), el objetivo de estas solicitudes de información, es apoyar la toma de decisiones de tipo financiero. Se construyen un conjunto de estados financieros analizados y sintetizados.

Los reportes para la *contabilidad financiera* y los de la *contabilidad administrativa*, son elaborados a partir de una misma fuente de información. En el desarrollo de un sistema de información de costos se busca y plasmar ambos puntos de vista, ver Figura 1.

A continuación se presentan los principales conceptos relacionados con la contabilidad de costos. En la sección 1.1 *Grado de conversión de las empresas*, se muestra la manera como se clasifican las empresas en función del grado de conversión que realizan; en la sección 1.2 *Clasificación de los costos*, se muestran los diferentes tipos de costos en los que incurre una organización; en la sección 1.3 *Asignación de costos*, se comentan las metodologías que se utilizan para la asignación de costos; finalmente en la sección 1.4 *Método de costeo ABC* se expone la utilidad de emplear una metodología de asignación de costos basada en actividades.

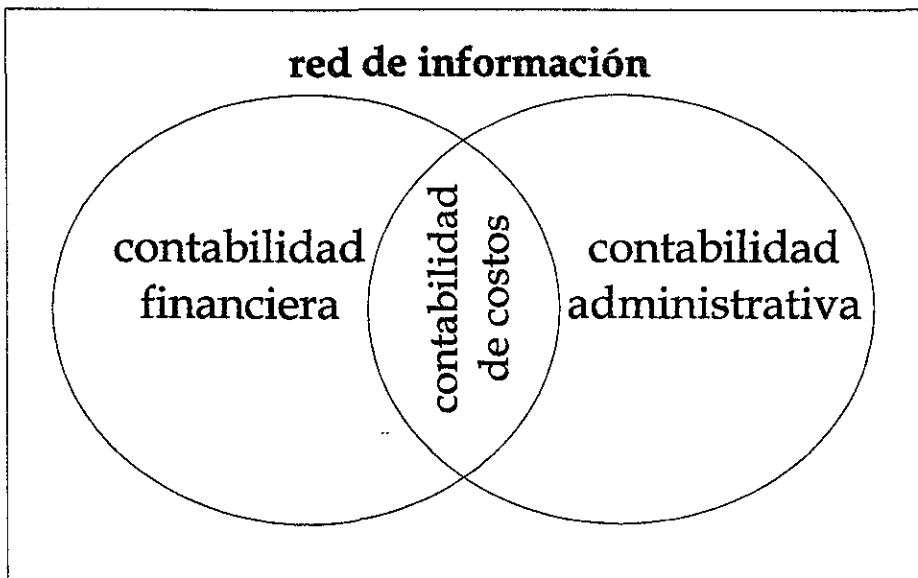


FIGURA 1. RELACIÓN ENTRE LA CONTABILIDAD FINANCIERA Y LA CONTABILIDAD ADMINISTRATIVA

### 1.1. Grado de conversión de las empresas

Uno de los puntos importantes que se debe tomar en cuenta para el desarrollo de un sistema de información de costos, es el grado de conversión que realiza la empresa. Las empresas se clasifican en función al grado de conversión que realizan en:

- (i) *bajo grado de conversión*; son compañías que actúan únicamente como mediadores entre el productor y los consumidores (por ejemplo, tiendas departamentales, estaciones de gasolina, tiendas de joyas, agencias de viajes, etcétera.),
- (ii) *moderado grado de conversión*, son compañías que realizan pequeñas adiciones al producto antes de su venta (florerías, tiendas de comida rápida, etcétera.), y
- (iii) *alto grado de conversión*, son compañías de tipo manufactureras, construcción, agricultura, restaurantes, impresoras, etcétera.

El proceso de producción o conversión consta de cuatro estados básicos:

- 1) Trabajo no iniciado (*inventario materia prima*);
- 2) Trabajo en proceso (*inventario materia en proceso*);
- 3) Trabajo finalizado (*inventario producto final*); y
- 4) Costo de vender el producto (*inventario producto vendido*).

La información de los costos en cada uno de estos estados, es importante para administradores y dueños, el SADC considera estos estados de conversión de la empresa. En la Figura 2 se presentan un ejemplo del proceso de producción o conversión para una empresa de bajo grado de conversión y una de alto grado de conversión. Los ejemplos son: una empresa de venta al menudeo y una compañía manufacturera.

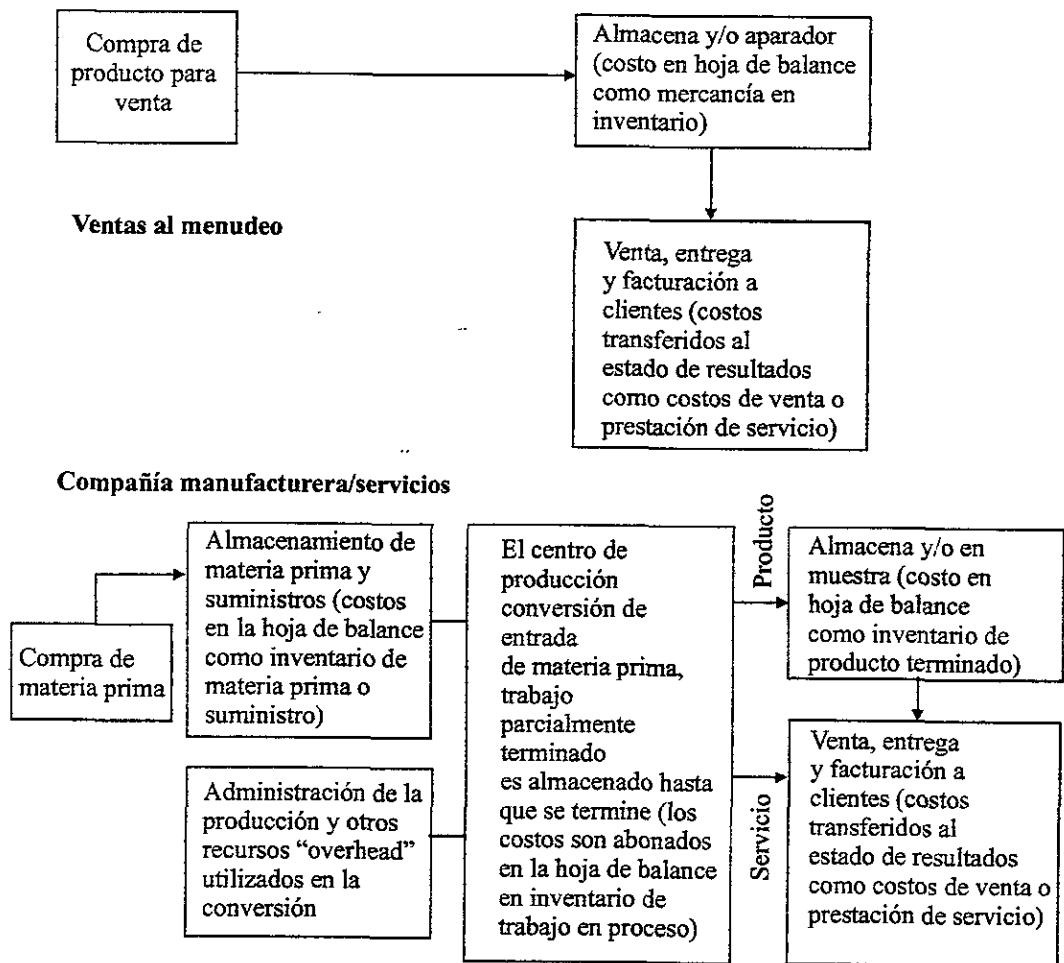


FIGURA 2. EL PROCESO DE PRODUCCIÓN O CONVERSIÓN

## 1.2. Clasificación de los costos

En adición al grado de conversión de las empresas, se requiere entender la manera como se clasifican los costos asociados con la producción o conversión de un producto o servicio. Los costos se clasifican dependiendo de sus objetivos o la información que ofrecen. Estas

clasificaciones se utilizan para definir la relación de los costos con los siguientes factores: (i) tiempo en que suceden, (ii) comportamiento a cambios en actividades, (iii) clasificación en los estados financieros, (iv) impacto en el proceso de toma de decisiones. En la Tabla 1 se muestran estas clasificaciones.

TABLA 1 CLASIFICACIONES DE COSTOS

Clasificación de costos	Tipos de costos incluidos
(1) Asociados con el tiempo en que suceden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos históricos (pasado).</li> <li>• Costos de remplazo (presente).</li> <li>• Costos presupuestados (futuro).</li> </ul>
(2) Reacción a cambios en actividad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variable.</li> <li>• Fijos.</li> <li>• Mixto.</li> </ul>
(3) Clasificación en los estados financieros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos no vencidos.</li> <li>• Costos espirados (vencidos).</li> <li>• Costos de producto.</li> <li>• Costos de periodo.</li> <li>• Costos primarios.</li> <li>• Costo de conversión.</li> </ul>
(4) Impacto en la toma de decisiones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos relevantes.</li> <li>• Costos hundidos.</li> <li>• Costos de oportunidad.</li> <li>• Costos directos.</li> <li>• Costos indirectos.</li> <li>• Costos de control.</li> <li>• Costos de no control.</li> <li>• Costos diferenciales.</li> </ul>

El detalle de las definiciones de cada uno de estos costos puede verse en Barfield, (1995) y Chatfield, (1995).

Por otro lado, es importante entender la existencia de relaciones entre estas clasificaciones. Por ejemplo, existe una correlación entre los costos de producción, los costos fijos y los costos variables. Considere el caso de la mano de obra utilizada para la producción en una empresa, ésta es clasificada tanto como mano de obra directa (obreros en línea de producción) como mano de obra indirecta (personal de limpieza); la mano de obra directa es de tipo variable, depende del nivel de producción, mientras que la mano de obra indirecta es un costo fijo, la limpieza es un proceso constante que no depende del volumen de la producción. En la Figura 3 se ilustra la relación que existe entre las clasificaciones de costos de producción/administración y los costos variables/fijos.

		<b>Costos producto (producción)</b>	<b>Costos periódicos (administrativos)</b>
	<b>Costos variables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materia prima.</li> <li>• Mano de obra directa.</li> <li>• Costos indirectos variables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comisiones por ventas.</li> <li>• Costos de entrega.</li> <li>• Renta mixta.</li> </ul>
<b>Comportamiento de costos</b>			
	<b>Costo fijos</b>	<b>Costos indirectos fijos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Renta de oficina.</li> <li>• Seguros.</li> <li>• Salarios de oficina.</li> <li>• Honorarios contador.</li> </ul>

FIGURA 3. COMPORTAMIENTO DE COSTOS

Otra relación importante entre clasificaciones de costos, es la que involucra a los costos de producción con los costos administrativos y su presentación en los estados financieros. Un costo de producción, por ejemplo, materia prima, originalmente es registrado en la hoja de balance como inventario de materia prima; esta materia prima pasa a formar parte del inventario de materia en proceso, cuando la materia es requerida por una unidad de producción; cuando el producto o servicio es terminado, pasa a formar parte del inventario de producto terminado; finalmente, cuando el producto o servicio se vende, este costo se reporta en el estado de resultados como el costo del bien o servicio vendido. En la Figura 4 se presenta esquemáticamente esta relación.

<b>Costos producto (producción)</b>		<b>Costos periódicos (administrativos)</b>	
<b>Hoja balance</b>	<b>Estado de resultados</b>	<b>Hoja balance</b>	<b>Estado de resultados</b>
<b>Activos</b> Inventarios de materia prima, trabajo en proceso, producto final y otros activos no vencidos.	Costos de bienes vendidos o costos de servicios prestados.	<b>Activos</b> Activos no de producción.	Gastos por debajo del margen de ganancia en el estado de resultados (administración, ventas, etcétera.).

FIGURA 4. RELACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN Y ADMINISTRACIÓN CON LOS ESTADOS FINANCIEROS

### 1.3. Asignación de costos

Una de las etapas importantes del proceso de costeo, es la asignación de los costos a los productos y servicios de la empresa. El incremento de la competencia, producto de ambientes globales, ha despertado en los empresarios la necesidad de contar con procesos específicos para la asignación de costos. En particular la asignación eficiente de costos indirectos ayuda a generar ventajas competitivas en el precio y calidad de los productos o servicios.



El primer paso para determinar el comportamiento de los costos, es establecer un *predictor*, el cual está relacionado con los cambios en los costos. Un *predictor* es la observación y medición de una actividad, se denomina en inglés "*Cost driver (CODR)*". El comportamiento de esta actividad, por ejemplo, el cambio en el volumen o cantidad de producción, presenta una relación causa - efecto con respecto a los costos. Por ejemplo, el volumen de producción tiene un efecto directo con el costo total de materia prima utilizada. Se puede, por lo tanto decir que el volumen de producción es un CODR del costo de materia prima. Es necesario realizar un estudio para identificar las actividades candidato a ser consideradas CODR.

Una vez identificadas las actividades relacionadas con el comportamiento de los costos, se establece el sistema para la asignación de costos. Los tres principales costos de un producto o servicio son: *mano de obra directa (MOD)*, *materia prima (MP)* y *costos indirectos (CI)*.

Cuando los costos MOD y la MP son acumulados en la cuenta de Trabajo en Proceso (TP) y los CI almacenados en una cuenta por separado y asignados a la cuenta de TP al final del periodo, se dice que se está operando un *sistema de costeo actual*. Este tipo de sistema de costeo es el menos deseable; dado que se requiere de toda la información de los CI antes de poder ser asignados.

Alternativo a este sistema de costeo, está el *sistema de costeo normal*, éste utiliza un factor predeterminado para la asignación de CI a la cuenta de TP, esta asignación se realiza al mismo tiempo que se asignan los costos MP y MOD. La tasa predeterminada de CI es estimada y abonada constantemente por unidad de actividad usada. La tasa se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Tasa predeterminada para costos indirectos} = (\text{Total costos indirectos estimados}) / (\text{Medida o volumen de la actividad})$$

ECUACIÓN 1 CÁLCULO DE LA TASA DE COSTOS INDIRECTOS

La ventaja de utilizar este sistema de costeo normal, se sustenta en tres observaciones:

- 1) *Permite asignar a los productos o servicios los CI en cualquier momento del periodo*, para asignar los CI no se requiere esperar al final del periodo. Esto aumenta la habilidad de contar con información en línea para la planeación, el control y el proceso de toma de decisiones en la organización.
- 2) *Ayuda a compensar fluctuaciones en los costos indirectos actuales*, se compensan fluctuaciones que no estén relacionadas con los niveles de la actividad.

Por ejemplo, asuma que una compañía tiene costos indirectos por \$120,000 al mes excluyendo los útiles de limpieza; dichos costos son independientes a las unidades de producción. El costo de los útiles, para los meses abril y julio son respectivamente \$20,000 y \$35,000. La compañía define como actividad CODR las unidades de producción; la compañía produce 20,000 unidades en cada mes.

	Abril	Julio
$\frac{\text{Costos indirectos actuales}}{\text{Producción anual}}$	$= \frac{\$140,000}{20,000} = \$7 \text{ p/u}$	$= \frac{\$155,000}{20,000} = \$7.75 \text{ p/u}$

Se observa que existe un cambio en el nivel de los costos indirectos por efecto de los costos de lo útiles para el mes de julio. Los cambios en costos no relacionados con la actividad CODR producen incrementos en la tasa de CI por mes.

3) *Permite alertar sobre problemas ocasionados por fluctuaciones en los niveles de la actividad CODR que no tienen impacto en los costos indirectos fijos (cambios temporales).*

Por ejemplo, suponga que una compañía tiene \$60,000 de costos indirectos fijos para julio y agosto. La actividad CODR es definida como las unidades de producción, la compañía produce 20,000 y 24,000 unidades en julio y agosto respectivamente.

	Julio	Agosto
$\frac{\text{Costos indirectos actuales}}{\text{Producción anual}}$	$= \frac{\$60,000}{20,000} = \$3 \text{ p/u}$	$= \frac{\$60,000}{24,000} = \$2.5 \text{ p/u}$

Para una empresa con costos indirectos fijos, la disminución en sus volúmenes de producción incrementará sus costos indirectos por unidad.

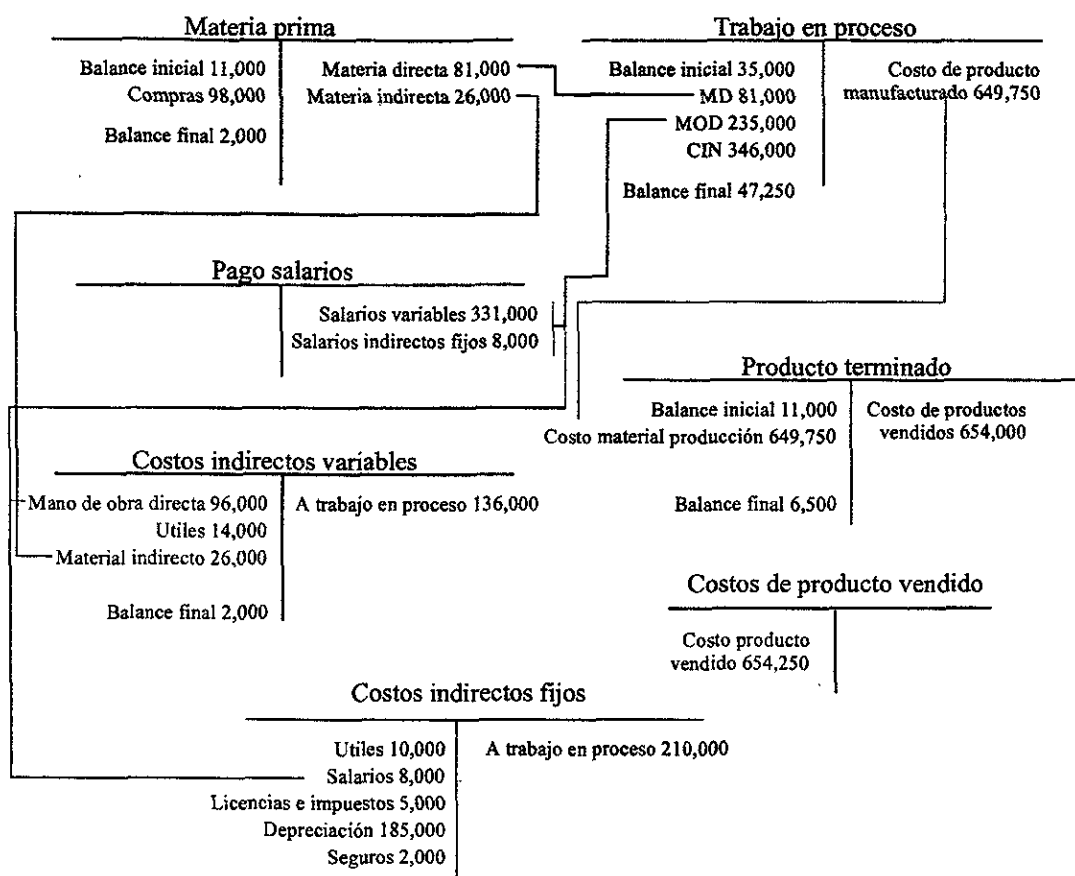


FIGURA 5. EJEMPLO DE LOS MOVIMIENTOS DE COSTOS

La información de los costos de un producto está en función de un conjunto de movimientos o transferencias de flujos de costos que ocurren entre las cuentas del libro de "mayor" de la empresa, ver Figura 5.

Este esquema no proporciona el detalle requerido por los administradores para la planeación y control de sus costos indirectos. Los administradores necesitan conocer los costos clasificados por elemento, por unidad de actividad, por departamento o unidad de producto. Como método de refinamiento de asignación de costos indirectos está la asignación con base a actividades.

#### 1.4. Método de costeo ABC

El *costeo basado en actividades ABC*, es un método de asignación de costos indirectos a productos y/o servicios basado en el análisis de las actividades que generan costos indirectos en su producción. Los principales pasos para el empleo de un costeo por actividades son:

- *Primero*, identificar las actividades de la empresa que crean costo indirectos, así como los costos de realizar cada una de éstas para el próximo periodo. Ejemplos de estas

actividades podrían incluir: cambios en el diseño, movimiento de materiales, inspecciones, requisiciones de material o cambios de ordenes de ingeniería.

- *Segundo*, seleccionar un CODR para la asignación de los costos por actividad. Por ejemplo, para cambios de ordenes de ingeniería, el CODR puede ser el tiempo total estimado o el número de cambios estimados para el próximo periodo;
- *Tercero*, estimar la tasa del *costo indirecto por actividad (CIA)*, este proceso es similar al descrito en la Ecuación 1, esto es, el total de los costos indirectos estimados por actividad es dividido por el volumen de la actividad CODR.

Por ejemplo, sea el presupuesto de costos indirectos de \$100,000. Las bases de asignación están en función de los siguientes factores: el nivel de actividad esperado de los siguientes costos y sus respectivas tasas de costos indirectos:

Costo	Cantidad esperada	Nivel esperado de la base de asignación	Tasa de costo in
Mano de obra	\$ 30,000	10,000 horas trabajo	\$3/ por hora trabajo
Uso de maquinaria	\$ 40,000	5,000 horas máquina	\$8/ hora máquina
Cambio orden ingeniería	\$ 20,000	100 cambios	\$200/ por cambio
Cambio de diseño	\$ 10,000	25 cambios de diseño	\$400/ por diseño
	\$ 100,000		

Se asume que el trabajo 1000, recién terminado, requirió de \$1,000 de materia prima, \$ 3,000 de mano de obra directa, 500 horas de mano de obra directa, 75 horas de máquina, dos cambios de ingeniería, y un cambio de diseño. El costo del trabajo se calcula como sigue:

Materia prima directa.....	\$1,000.00
Mano de obra directa.....	3,000.00
Costos indirectos de fabricación	
uso mano de obra directa(500 horas x \$3/por hora) .....	1,500.00
uso de máquina (75 horas x \$8/por hora máquina).....	600.00
cambios de ingeniería (2 cambios x \$200/por cambio) .....	400.00
cambios en diseño(1 cambio x \$400/cambio diseño).....	400.00
Costo total del trabajo terminado.....	<u>\$6,000.00</u>

Una de las principales funciones de un *SADC de costos*, es la identificación de los costos de los servicios o productos en cualquier momento. Así como la posibilidad de manejar diversas alternativas de asignar costos.

## 2. Análisis de las necesidades

El objetivo de esta sección es identificar las necesidades de los usuarios del sistema. La base de este análisis es la comprensión de los principales problemas que enfrenta la empresa o proyecto, relacionados con sus procesos de costeo y toma de decisiones. La sección se divide en tres partes, en la primera se presenta el resultado del ejercicio de *identificación de problemas* aplicado a un grupo de administradores de empresas, En la segunda, se muestra los resultados del ejercicio de *análisis de decisiones*, donde se identifica cuáles son las necesidades de análisis y síntesis de los usuarios, así como la dinámica de sus procesos de toma de decisiones. Finalmente, en la tercera sección, se expone el plan sustantivo del sistema SADC de costos.

### 2.1. Análisis e identificación de problemas

En adición al entendimiento del comportamiento y funcionamiento de la unidad del negocio, es necesario conocer cuáles son los problemas que afronta la unidad de negocio o la empresa. Las necesidades de los usuarios son producto de los problemas a los que se enfrentan diariamente; en esta sección se busca identificar el enunciado del problema(s) de la empresa y vincularlo con el desarrollo del sistema. La metodología utilizada consta de tres pasos; (i) identificación de mensajes del entorno de la empresa; (ii) análisis de las posibles causas asociadas con esos mensajes; y (iii) generación del enunciado de problema(s).

#### 2.1.1. Análisis del entorno

El primer paso del análisis del entorno, es la identificación de mensajes considerados relevantes por el grupo de participantes, en forma individual y colectiva. Se presentan a continuación los mensajes considerados relevantes para los procesos administrativos y financieros de la empresa.

1. *Aumento en la competencia debido a los proceso de globalización.*
2. *Diversificación de actividades.*
3. *Inadecuados procesos de planeación y control.*
4. *Ausencia de procesos analíticos de evaluación de riesgos de mercados.*
5. *Deficientes procesos de evaluación de alternativas de inversión.*
6. *Aumento en los recursos de información interna y externa.*
7. *Dificultad en el manejo del volumen de la información.*
8. *Evolución de tecnología y metodología contable, financiera e informática.*

A cada uno de estos mensajes se le aplica una hoja de trabajo para búsqueda de información. En la hoja de trabajo se realiza la descomposición del mensaje que permite producir el enunciado candidato a ser investigado.

La manera en como opera es la siguiente: se construyen oraciones interrogativas combinando el mensaje, las palabras de los encabezados de las columnas y las palabras de

la primera celda de cada renglón. Por ejemplo, la palabra que aparece en el primer renglón primera columna es *Quién*, combinando con la palabra *Conoce* (encabezado columna dos) y con el enunciado del mensaje, se puede construir el siguiente enunciado ¿Quién conoce el aumento de la competencia?; la respuesta se coloca en el cuadro intersección entre las palabras *Quién* y *Conoce*, el proceso de construcción de enunciado se repite para todas las celdas de la hoja de trabajo.

Con las respuestas de cada uno de los enunciados generados se parafrasea para encontrar lugares críticos que parezcan importantes para búsqueda de información. En la Figura 6 se presenta la hoja de trabajo, asociada al mensaje *Aumento en la competencia debido a los proceso de globalización*. En el Anexo A están todas las hojas de trabajo del ejercicio.

Breve descripción del mensaje:  
 1. *Aumento en la competencia debido a los proceso de globalización.*

	<b>CONOCE:</b>	<b>NECESITA/CONOCER</b>
<b>QUIÉN</b>	Los empresarios. Los clientes. Los proveedores. El gobierno.	Los empresarios. Los administradores. Los asesores financieros. Los proveedores. El gobierno.
<b>QUÉ</b>	Una idea general.	Las desventajas, ventajas. Fortalezas, debilidades. Información de la competencia.
<b>DONDE</b>	Únicamente en algunos sectores.	Administración. Dirección. Dueños.
<b>CUÁNDO</b>	Periodos largos.	En cualquier momento.
<b>PORQUÉ</b>	Por informes externos (gobierno, asociaciones, revistas, periódicos, etcétera.).	Para planear. Prevenir eventos contingentes.
<b>CÓMO</b>	De manera general	Con mayor detalle

**PARAFRASEE -**

Expresa la esencia de los puntos críticos que parezcan más importantes:

El incremento en la competencia, debido a la globalización, debe ser conocido y entendido por los dueños y administradores de las empresas. Se debe entender las debilidades y fortalezas de la empresa, así como valorar las oportunidades y los riesgos de su entorno; todo esto para apoyar los procesos de planeación del desarrollo de la empresa.

FIGURA 6. EJEMPLO DE HOJA DE TRABAJO DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

2.1.2. Reconocimiento e identificación de problemas

El reconocimiento e identificación de problemas se realiza mediante la agrupación de los enunciados de la sección anterior. Los párrafos A y B muestran los enunciados identificados como problemas, en este ejercicio.

- A. Los dueños y administradores de empresas no utilizan la información de sus principales procesos internos ni la de posibles eventos externos, para sus procesos de planeación y control del desarrollo de sus empresas. Se requiere de la implantación de mecanismos y tecnologías que ordenen y estructuren información para su explotación en los procesos de toma de decisiones.
- B. Los empresarios y administradores, no toman en cuenta un gran número de variables en el análisis y síntesis de la evaluación de los rendimientos y riesgos de su negocio. Es necesario incrementar el uso de modelos financieros y matemáticos en los procesos de toma de decisiones.

Con estos enunciados se procede a trabajar con hojas de trabajo para la búsqueda de problemas.

La manera en que funciona esta hoja de trabajo es la siguiente: se construyen oraciones interrogativas que combinan el enunciado y los frases que aparecen en negrillas (*En qué forma pueden, Quién, Hace, Qué*). Por ejemplo, *¿En qué forma pueden (Quién) los dueños (Hace) planear y controlar (Qué) el desarrollo de la empresa?* A continuación se presentan las hojas asociadas a los enunciados de los párrafos A y B.

**HOJA DE TRABAJO 1 BÚSQUEDA DEL PROBLEMA (PF -1)**

*En que formas puede*

- A. Los dueños y administradores de empresas no utilizan la información de sus principales procesos internos ni la de posibles eventos externos, para sus procesos de planeación y control del desarrollo de sus empresas. Se requiere de la implantación de mecanismos y tecnologías que ordenen y estructuren información para su explotación en los proceso de toma de decisiones.

¿QUIÉN?	¿HACE?	¿QUÉ?
Los administradores y dueños.	Planear y controlar.	El desarrollo de la empresa.
La información de procesos internos y externos.	Ayuda.	A la planeación y control.
El orden y la estructuración de la información.	Ayuda.	A su utilización en el proceso de toma de decisiones.
<b>AHORA ALARGUE PARA ENUNCIADOS ADICIONALES</b>		
<p><i>El orden y la estructuración de la información, interna y externa, facilita la utilización de la misma, en los procesos de planeación y control de las empresas.</i></p>		

FIGURA 7. HOJA PARA BÚSQUEDA DE PROBLEMA A

**HOJA DE TRABAJO 1 BÚSQUEDA DEL PROBLEMA (PF -1)**

*En que formas puede*

- B. Los empresarios y administradores, no toman en cuenta un gran número de variables en el análisis y síntesis de la evaluación de los rendimientos y riesgos de su negocio. Es necesario incrementar el uso de modelos financieros y matemáticos en los procesos de toma de decisiones.

¿QUIÉN?	¿HACE?	¿QUÉ?
Los modelos matemáticos y financieros.	Apoyar.	La evaluación de rendimientos y riesgos de negocios
El número de variables.	Ayudar.	A la evaluación de negocios.
los administradores y dueños.	Utilizan.	Los modelos matemáticos.
la automatización.	Incrementa.	El uso de modelos.
<b>AHORA ALARGUE PARA ENUNCIADOS ADICIONALES</b>		
<p><i><b>El empleo de modelos matemáticos y financieros, permite un mejor entendimiento del ambiente del negocio y apoya al análisis de diferentes variables útiles para el proceso de análisis y evaluación de negocios.</b></i></p>		

FIGURA 8. HOJA PARA BÚSQUEDA DE PROBLEMA B

Después de haber procesado los mensajes del entorno, se identificaron dos problemas relacionados con el funcionamiento de las empresas y sus sistemas de costeo:

- (i) *No existe un orden ni estructuramiento de los datos con los que se cuenta; y*
- (ii) *No se manejen modelos matemáticos y financieros en la administración y toma de decisiones de la empresa.*

En la siguiente sección se estudia la manera en como se puede estructurar y ordenar la información de costos para un mejor uso de ésta y los procesos de análisis y síntesis de información empleados dentro de la empresa.

**2.2. Análisis de Decisiones**

Como complemento a la identificación del problema(s), se requiere establecer el enunciado y los objetivos de las principales decisiones relacionadas con el proceso de costeo en la empresa. Se abarca para este análisis de decisiones lo relativo únicamente al proceso de presupuestación financiera.



### 2.2.1. *Enunciado (propósito, relación con relaciones anteriores y posteriores)*

El enunciado principal que se intenta resolver en un proceso de presupuestación financiera, se analiza desde un punto de vista financiero, sin olvidar la existencia de una perspectiva contable. El propósito del proceso de presupuestación se puede resumir como:

- *Establecer el patrón de distribución o asignación de los flujos de capital a lo largo de un periodo de tiempo dado. Es deseable que esta asignación se realice a nivel general para la empresa, por unidad de negocio, por departamento, por producto o servicio (Barfield and Dalton, 1995).*

### 2.2.2. *Establecimiento y clasificación de objetivos*

En función del enunciado del propósito básico se analizará ¿qué es obligatorio? y ¿qué es deseable? en el proceso de toma de decisiones para la asignación de presupuesto.

*¿qué debe ser obligatorio?*

- *Contar con un plan de asignación de presupuesto periódico, preferentemente anual.*
- *Presentar estados de resultados de las transacciones de la empresa periódicamente, anualmente.*
- *Identificar necesidades y restricciones de presupuesto por unidades de negocio, departamentos, actividades y productos o servicios, para el período de planeación.*

*¿qué se desea?*

- *Contar con información ordenada por unidad de negocio, departamento, actividad y producto/servicios, en cualquier momento.*
- *Flexibilidad en el proceso de construcción del plan de presupuestación, por ejemplo, flexibilidad en el manejo de alternativas de asignación de costos, modificación de unidades de negocio, actividades, etcétera.*
- *Conocer la relación rendimiento/riesgo por: unidad de negocio, departamento, productos y/o servicios.*

En la siguiente sección se muestra el diseño del sistema de cómputo de costos que apoya a los problemas y procesos de análisis y síntesis presentados por los usuarios de la empresa estudiada.

## 3. Plan sustantivo

Con base en lo comentado en las secciones anteriores, se procede a construir el plan sustantivo del sistema propuesto para la unidad de contabilidad de la empresa. Este plan está formado por la definición del objetivo del sistema, las metas que se deben cumplir a lo largo del proyecto, así como los planes y/o actividades requeridas para el logro de las metas.

### 3.1. Objetivos

El objetivo del sistema de contabilidad de costos, es proporcionar información a:

- (i) *Administradores*, para apoyar sus actividades de planeación, control, evaluación y toma de decisiones, así como proporcionar los datos para la elaboración de la hoja de balance y el estado de resultados.
- (ii) *A dueños, accionistas y autoridades externas*, para ayudar al estudio del negocio mediante el análisis y síntesis de flujos históricos de capital que la empresa ha realizado. La información debe accederse en línea.

### 3.2. Metas

Las metas que debe cumplir el sistema de costos para satisfacer la necesidades de los administradores y los dueños son las siguientes:

1. *Contar con un sistema de información*, que permita almacenar y administrar los flujos de información de costos, de entrada y salida, que realiza la empresa.
2. *Contar con procedimientos para la asignación de costos*, que permitan un manejo flexible de costos variables, fijos, administrativos, de producción, indirectos. Así como el uso de sistemas de costeo diversos (sistema de costeo actual, costeo normal y costeo en base en actividades).
3. *Clasificar información histórica de costos*, se debe contar o generar información histórica por producto, actividad, departamento, unidad estratégica de negocio.
4. *Generar reportes periódicos estándares*, como por ejemplo: estados de resultados, hojas de balance y reportes de ventas.
5. *Contar con mecanismos de explotación de la información*, ofrecer a sus usuarios herramientas de análisis, síntesis, modelos financieros, etcétera.

### 3.3. Planes y/o actividades

las principales actividades que se desarrollaron para la construcción del sistema, y por consiguiente apoyaron el logro de las metas propuestas, fueron:

1. *Desarrollo y mantenimiento de sistemas de información interna y externa. (módulo operativo)*
2. *Desarrollo y mantenimiento de un sistema de elaboración de reportes y consultas predeterminadas*, para información tanto internas (costos por unidad, por producto, balanza general, etcétera.) como externas (estado de resultados, datos históricos por producto, datos históricos por unidad de negocios, etcétera.) *(módulo táctico)*
3. *Desarrollo de un módulo de preparación e interpretación de datos*, para fines contables y financieros, apoyar la utilización e implantación de modelos financieros y matemáticos. *(módulo estratégico)*.

El diseño del sistema de costos debe dar respuesta a este plan sustantivo; por lo tanto, es necesario conceptualizar el sistema de información unido con los proceso de análisis y

síntesis requerido por los usuarios. En la siguiente sección se presenta el desarrollo conceptual del SADC propuesto.

#### 4. Diseño del modelo lógico

A partir de la descripción de la unidad de costos y el análisis de las necesidades de los usuarios se desarrolla el modelo conceptual del sistema. El SADC propuesto está formado por tres componentes o elementos, ver Figura 9:

- *Módulo operativo*, encargado de la administración de los procesos que transfieren información sobre transacciones de costos.
- *Módulo táctico*, encargado de manipular y administrar la información, ordenada y agrupada, necesaria para apoyar los procesos de decisiones de la empresa, este módulo utiliza el concepto de "almacén de datos", descrito en el capítulo anterior.
- *Módulo estratégico*, encargado de la ejecución sistematizada de los principales modelos financieros y matemáticos requeridos para la toma de decisiones presupuestarias de la empresa.

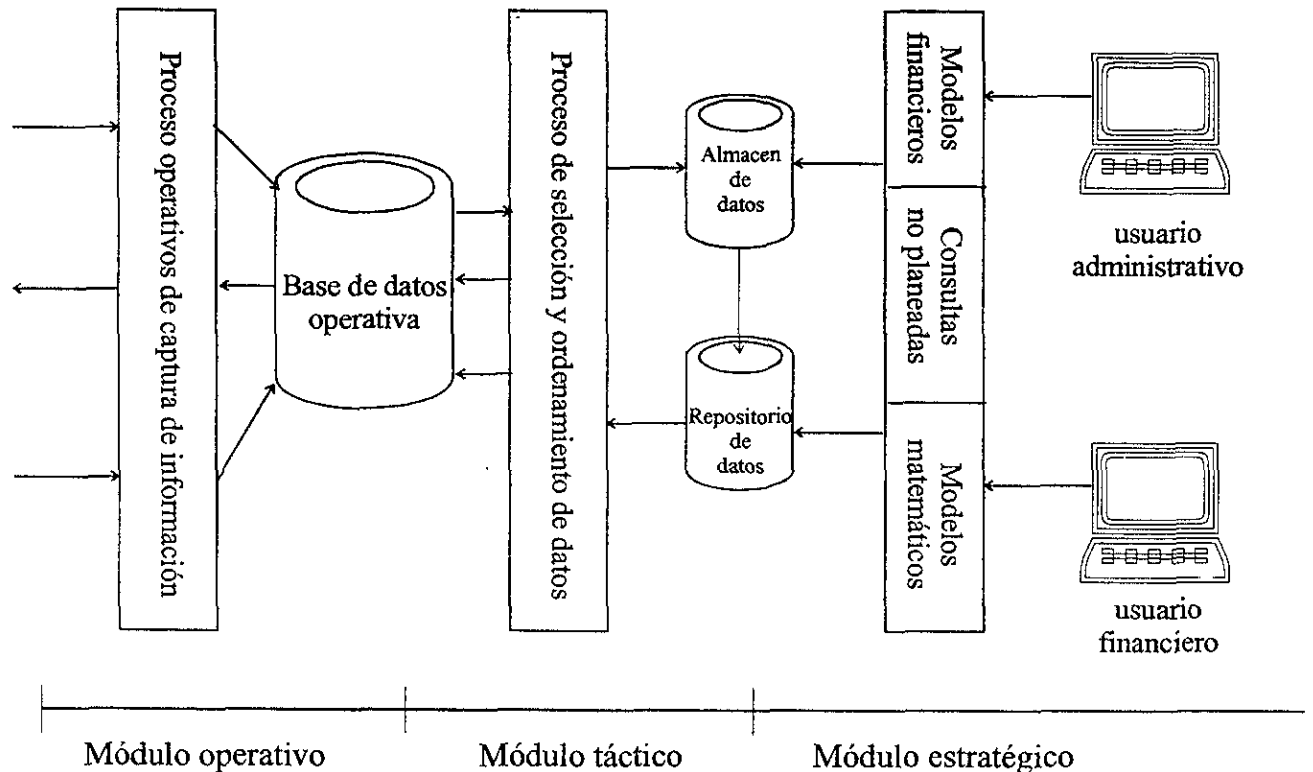


FIGURA 9. DIAGRAMA DEL SISTEMA DE COSTEO

En las siguientes secciones se presenta el diseño de cada uno de estos módulos.

### 4.1. Módulo operativo

El módulo operativo es un sistema de información sobre los flujos de costos que la empresa realiza. El modelo conceptual de este sistema de información está formado de: diagramas de flujos de datos, la cruz de malta, la matriz de planeación, su representación estructural y su modelo entidad relación.

Para construir el modelo de la unidad de costo se identificó primero su entorno. El diagrama de contexto ilustrar tanto los flujos de datos de entrada y salida del sistema como los sistemas externos con los que se tiene relación.

Tres son las principales entidades que intercambian información con la unidad de costos: (i) los dueños, accionistas y directivos, que requieren información de los costos realizados por la empresa; (ii) las unidades de negocio, envían y reciben información de los costos que realizan, en la unidad de costos es donde los gastos de producción y administración de cada una de ellas se registran: y (iii) proveedores y competencia, que envían información de los costos de los productos o servicios que ofrecen, ver Figura 10.

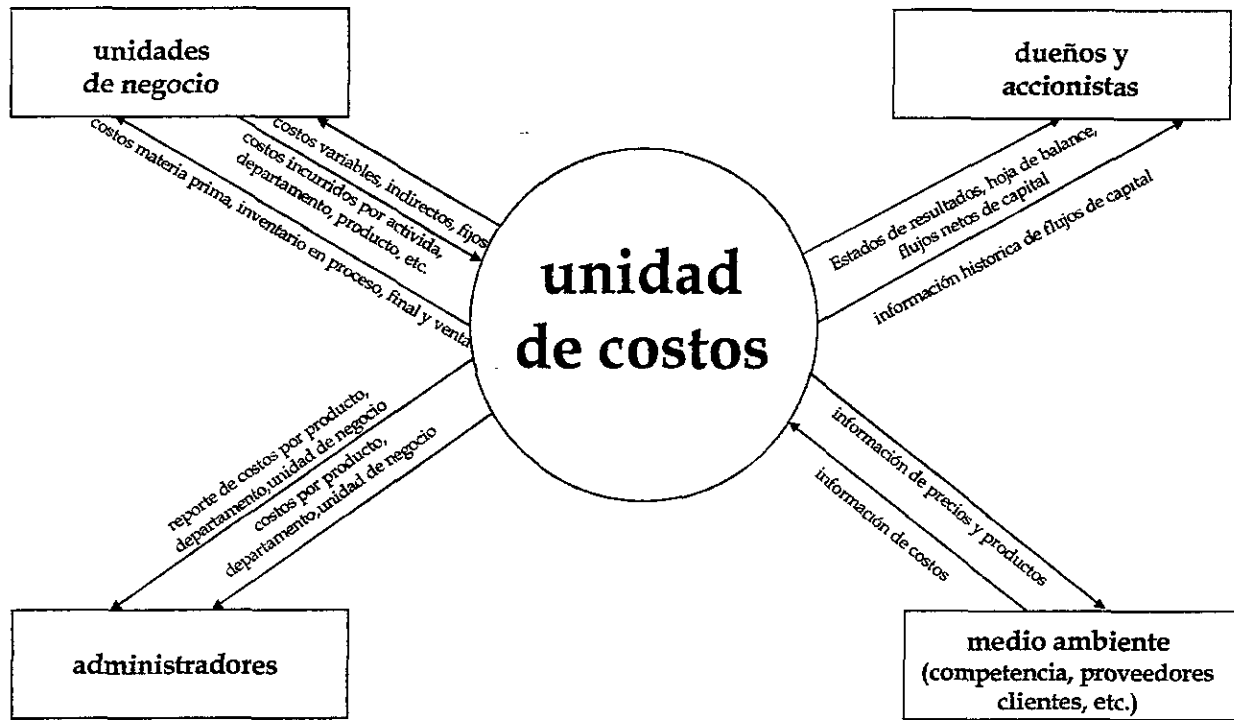


FIGURA 10. DIAGRAMA DE CONTEXTO SISTEMA DE COSTEO.

Una vez identificado el contexto de la unidad de costos, se describe el funcionamiento de la unidad de costos. El funcionamiento de la unidad está caracterizado por sus principales procesos o funciones. En el diagrama 0 se presentan las principales funciones o subunidades de la unidad de costos, las relación que existe entre ellas, así como los datos que producen y/o reciben cada una de ellas.



- (iii) El proceso de registros de producto terminado es el proceso que genera el mayor flujos de datos y en menor grado las cuentas relacionadas con materia prima y mano de obra directa.

El resultado de este análisis muestra la importancia que tienen los procesos de asignación tanto de los costos de producción como los costos indirectos fijos y variables. En la Figura 12, se observan en obscuro los principales procesos y las principales entradas y salidas de datos.

Una vez identificados los procesos y datos críticos de la unidad de costos, se procedió a la construcción de la matriz de planeación. Esta permite visualizar la relación que existe entre los procesos y las entidades; el propósito de esta matriz es planear el desarrollo del sistema.

En la Figura 13 se observa que los principales procesos son: orden de producción, costos de producción y costos indirectos; estos procesos están principalmente relacionados con las entidades: materia prima, mano de obra y registro de producto terminado.

Identificado los flujos de datos y los procesos que conforman la unidad de costos, se definieron los modelos que representan el funcionamiento del sistema.

Unidad Estratégica de Negocio	registro de producto terminado	registro de orden de venta	registro de inventario de materia prima	demanda de insumos, ordenes de compra	controles	registro de materia prima	registro de producto terminado	registro de mano de obra	orden registro de producción	registro de orden de venta
					Procesos					
				X	orden de compra					
X					orden de producción	X	X		X	
					costos de producción	X	X	X		
					costos indirectos	X	X	X		
X		X			orden de venta	X	X	X		X

FIGURA 12. CRUZ DE MALTA DEL SISTEMA DE COSTEO

entidades	registro de inventario de materia prima	registro de mano de obra	registro de producto terminado	registro de producción	registro de orden de venta	demanda de insumos, ordenes de compra
procesos						
orden de compra	GMC					GMC
orden de producción	GMC	GMC	GMC	GMC		
costos de producción	GMC	GMC	GM	C		
mano de obra	GMC		GM			
materia prima		GMC	GM			
costos indirectos	GMC	GMC	GM	C		
mano de obra	GMC		GM			
materia prima		GMC	GM			
orden de venta			MC		GMC	

G: genera  
M: modifica  
C: consulta

FIGURA 13. MATRIZ DE PLANEACIÓN

Geofrion (1987, 1989, 1991), propone utilizar un esquema de modelado estructurado para formalizar la definición de un sistema. A continuación, se presenta el modelo estructural del sistema de costeo, el modelo consta de tres niveles; una estructura genérica, una estructura modular y su definición formal.

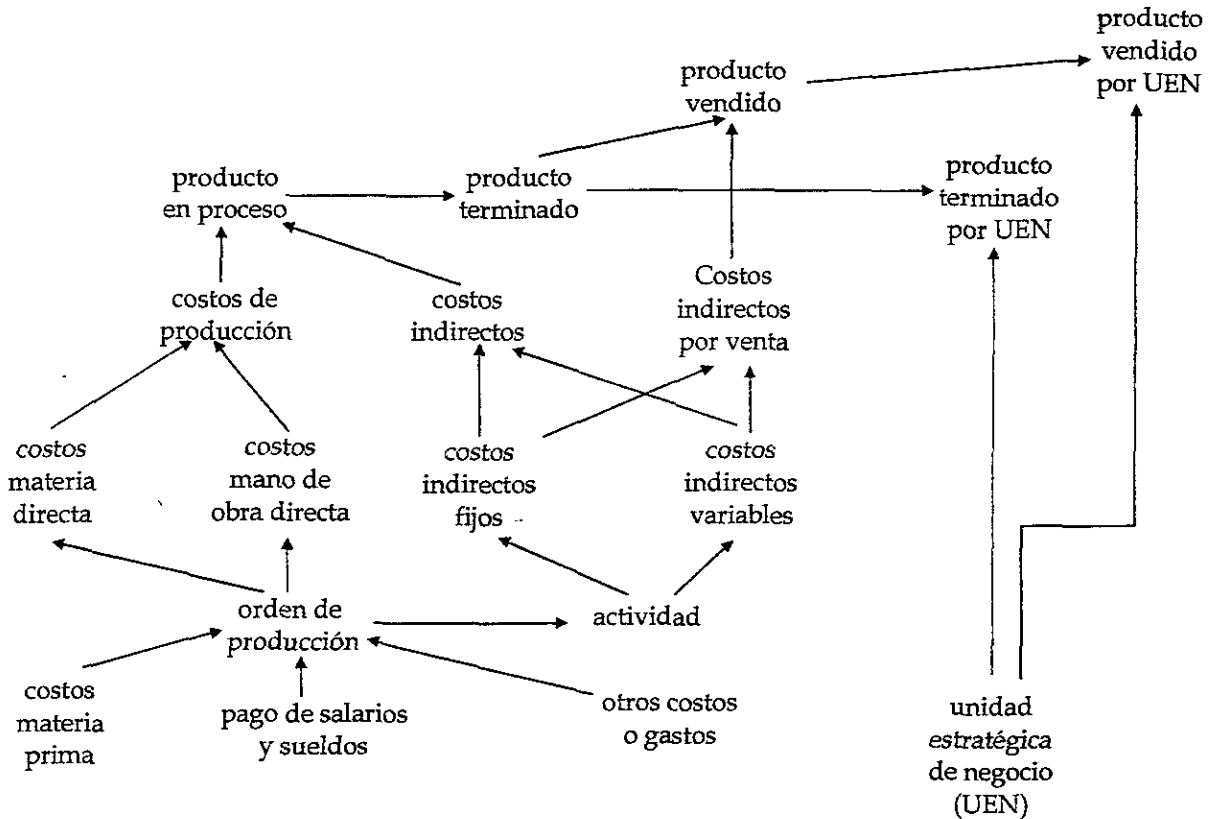


FIGURA 14. ESTRUCTURA GENERICA DEL MODELO DE COSTEO



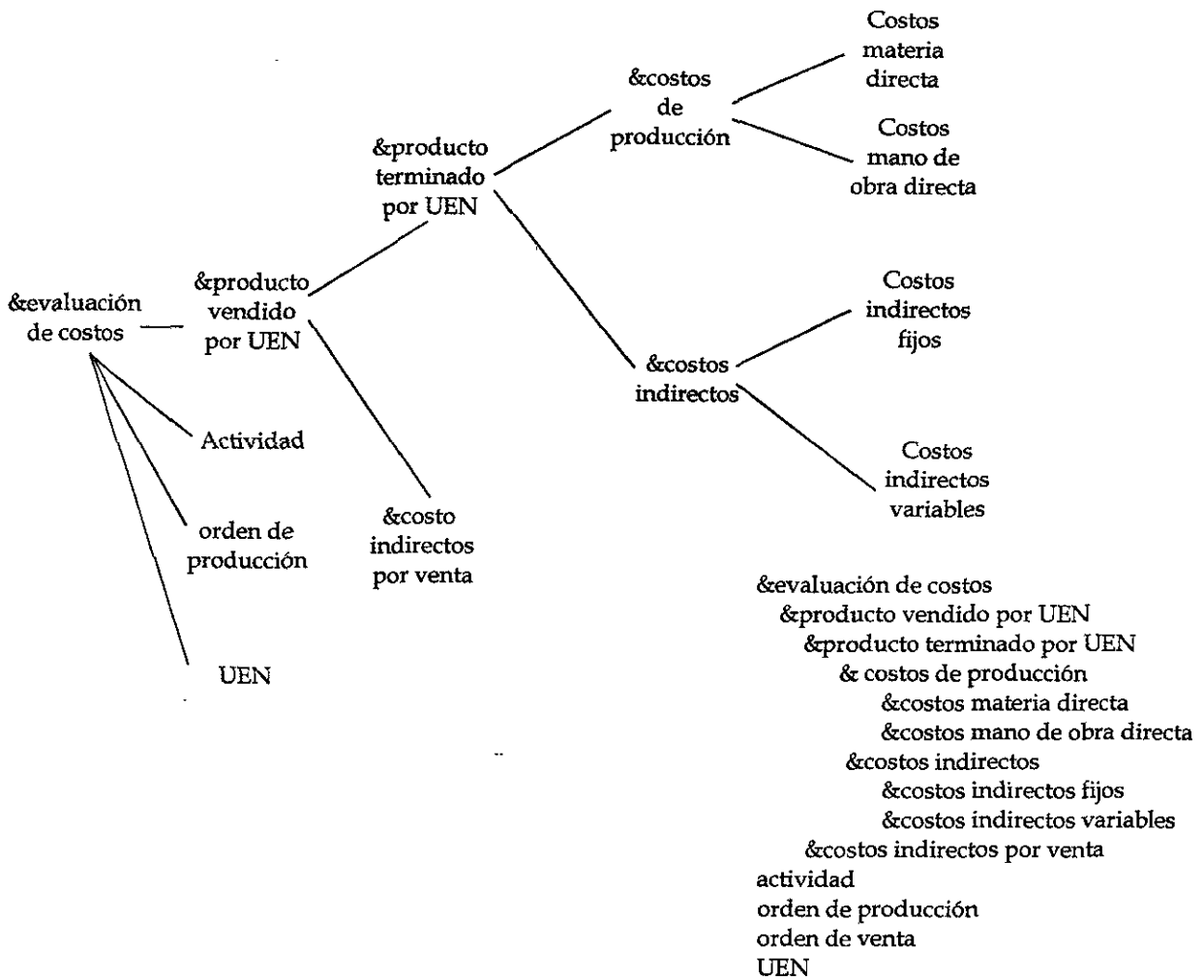


FIGURA 15. ESTRUCTURA MODULAR

La definición formal de los módulos del sistema se desarrolla utilizando lo comentado en el capítulo 1. El sistema general se denomina *EVALUACIÓN DE COSTOS*, sus principales módulos son: *PRODUCTO VENDIDO POR UEN*, *PRODUCTO TERMINADO POR UEN*, *COSTOS INDIRECTOS POR VENTA*, *COSTOS INDIRECTOS* Y *COSTOS DE PRODUCCIÓN*. A continuación se presenta la especificación formal para cada uno de estos módulos, junto con la descripción de sus elementos primitivos.

*&EVALUACIÓN\_DE\_COSTOS* El modelo propuesto representa el proceso de costeo de la empresa.  
*&PRODUCTOS\_VENDIDOS\_POR UEN* El proceso de costeo se divide por UEN, este proceso consta de dos módulos: costos de conversión y costos indirectos por venta.

*&COSTOS DE CONVERSIÓN* Los costos de producción son la suma de los costos de materia prima directa más los de mano de obra directa

$COSTOS\_MATERIA\_DIRECTA(ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN)/f$ ;  $SUM_m \{ \pi_{MP\_requerida} \{ \sigma_{fecha=[x\ z]} \}$   
*& UEN-y (ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN) } Se calcula el total del costo de material directo para la UEN Y en el intervalo de tiempo definido por la diferencia de las fechas X Z.*

COSTOS\_MANO\_DE\_OBRA\_DIRECTA(ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN)/f/; SUMm { $\pi_{MOD\_requerida}$  { $\sigma_{fecha=[x\ z]} \& UEN=Y$  (ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN)}} Se calcula el total del costo de mano de obra directa para la UEN Y en el intervalo de tiempo definido por la diferencia de las fechas X Z.

&COSTOS\_INDIRECTOS Es la suma de los costos indirectos variables más los costos indirectos fijos

COSTOS\_INDIRECTOS\_VARIABLES(ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN, ACTIVIDAD)/f/; SUMm { $\pi_{nivel\_actividad\_MO}$  { $\sigma_{fecha=[x.z]} \& UEN=Y$  (ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN)}}  $\times$  { $\pi_{TCl}$ ( $\sigma_{UEN=Y \& tipo=MO}$  (ACTIVIDAD))}} + SUMm { $\pi_{nivel\_actividad\_MP}$  { $\sigma_{fecha=[x.z]} \& UEN=Y$  (ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN)}}  $\times$  { $\pi_{TCl}$ ( $\sigma_{UEN=Y \& tipo=MP}$  (ACTIVIDAD))}} + SUMm { $\pi_{nivel\_actividad\_OC}$  { $\sigma_{fecha=[x.z]} \& UEN=Y$  (ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN)}}  $\times$  { $\pi_{TCl}$ ( $\sigma_{UEN=Y \& tipo=OC}$  (ACTIVIDAD))}} Se calcula el total de los costos indirectos fijos para la UEN Y en intervalo de tiempo definido por la diferencia de fechas X-Z

COSTOS\_INDIRECTOS\_FIJOS(ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN, ACTIVIDAD)/f/; SUMm { $\pi_{COIF\_MO}$  { $\sigma_{fecha=[x.z]} \& UEN=Y$  (ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN)}} + SUMm { $\pi_{COIF\_MP}$  { $\sigma_{fecha=[x.z]} \& UEN=Y$  (ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN)}} + SUMm { $\pi_{COIF\_OC}$  { $\sigma_{fecha=[x.z]} \& UEN=Y$  (ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓN)}} Se calcula el total de los costos indirectos fijos para la UEN Y en intervalo de tiempo definido por la diferencia de fechas X-Z

COSTOS\_INDIRECTOS\_TOTALES (COSTOS\_INDIRECTOS\_VARIABLES, COSTOS\_INDIRECTOS\_FIJOS) /f/; COSTOS\_INDIRECTOS\_VARIABLES + COSTOS\_INDIRECTOS\_FIJOS Los costos indirectos totales es la suma de los costos indirectos variables más los costos indirectos fijos.

COSTOS\_TOTALES ( COSTOS\_INDIRECTOS\_TOTALES, COSTOS\_MANO\_DE\_OBRA\_DIRECTA, COSTOS\_MATERIA\_PRIMA\_DIRECTA) /f/; COSTOS\_INDIRECTOS\_TOTALES + COSTOS\_MANO\_DE\_OBRA\_DIRECTA + COSTOS\_MATERIA\_PRIMA\_DIRECTA Los costos totales es la suma de los costos indirectos totales más los costos de mano de obra directa más costos de materia prima directa.

COSTOS\_INDIRECTOS\_POR\_VENTA(ORDEN\_DE\_VENTA, ACTIVIDAD) /f/; SUMm { $\pi_{nivel\_actividad\_MO}$  { $\sigma_{fecha=[x.z]} \& UEN=Y$  (ORDEN\_DE\_VENTA)}}  $\times$  { $\pi_{TCl}$ ( $\sigma_{UEN=Y \& tipo=MO}$  (ACTIVIDAD))}} + SUMm { $\pi_{nivel\_actividad\_MP}$  { $\sigma_{fecha=[x.z]} \& UEN=Y$  (ORDEN\_DE\_VENTA)}}  $\times$  { $\pi_{TCl}$ ( $\sigma_{UEN=Y \& tipo=MP}$  (ACTIVIDAD))}} + SUMm { $\pi_{nivel\_actividad\_OC}$  { $\sigma_{fecha=[x.z]} \& UEN=Y$  (ORDEN\_DE\_VENTA)}}  $\times$  { $\pi_{TCl}$ ( $\sigma_{UEN=Y \& tipo=OC}$  (ACTIVIDAD))}} Se calcula el total de los costos indirectos por venta para la UEN Y en intervalo de tiempo definido por la diferencia de fechas X-Z

COSTO\_TOTAL\_PRODUCTO(COSTOS\_TOTALES, COSTOS\_INDIRECTOS\_POR\_VENTA) /f/; COSTOS\_TOTALES + COSTOS\_INDIRECTOS\_POR\_VENTA Los costos de producto vendido por unidad de negocio es la suma de los costos totales más los costos indirectos por venta.

&DATOS\_GENERALES Descripción

ACTIVIDADi /pe/ lista de las actividades con los siguientes atributos (Idactividad, tipo, cantidad pronosticada, nivel base de asignación, TCl, UEN)

ORDEN\_DE\_PRODUCCIÓNi /pe/ lista de las ordenes de producción con los siguientes atributos (Idorden, fecha, MP requerida, MOD requerida, [nivel actividad MO, nivel actividad MP, nivel actividad OC, UEN], COIF MO, COIF MP, COIF OC)

ORDEN\_DE\_VENTAi /pe/ lista de las ordenes de venta con los siguientes atributos (Idordenventa, fecha, [nivel actividad MO, nivel actividad MP, nivel actividad OC, UEN])

UENi /pe/ lista de las unidades estratégica de negocio con los siguientes atributos (UEN, nombre)

En el modelo estructural se definieron cuatro entidades primarias; ACTIVIDAD, ORDEN DE PRODUCCIÓN, ORDEN DE VENTA Y UEN. Otras entidades requeridas, son las relacionadas con los inventarios de materia prima, producto terminado así como los registros de pago de salarios sueldos y otros gastos. En total ocho entidades primarias formaran el modelo de costos. A continuación se presenta la descripción de estas entidades con los atributos que las representan:

- *materia\_prima* (id\_mov, idmaterial, fecha, tipomov, Des\_Ori, cantidad, costo). Es el registro de los movimientos de los costos de materia prima, de entra y salida, en el almacén o almacenes. Sus principales atributos son, un identificador único [*Id\_mov*] asociada a cada movimiento; un identificador único para el material involucrado en el movimiento, [*idmaterial*]; fecha [*fecha*] en que se realizó el movimiento; tipo de movimiento [*tipomov*], entrada o salida; destino u origen [*Des\_Ori*]; cantidad en volumen [*cantidad*] del movimiento y el costo [*costo*] del material del movimiento.
- *materia\_salarios\_sueldos* (id\_pago, fecha, tipomov, Des\_Ori, cantidad, costo). Es el registro de los pagos de salarios y sueldos. Sus principales atributos son: identificador único [*Id\_mov*] asociada a cada pago; fecha [*fecha*] en que se realizó el pago; tipo de movimiento [*tipomov*]; destino u origen [*Des\_Ori*] del movimiento; cantidad en volumen [*cantidad*] del pago y el costo [*costo*] del movimiento.
- *otros\_costos/gastos* (id\_pago, fecha, tipomov, Des\_Ori, cantidad, costo). Es el registro de otros costos o gastos. Sus principales atributos son: un identificador único [*Id\_mov*] asociada a cada costo o gasto; fecha [*fecha*] en que se realizó el gasto; tipo de movimiento [*tipomov*]; destino u origen [*Des\_Ori*] del movimiento; cantidad en volumen [*cantidad*] del gasto y el costo [*costo*] del movimiento.
- *producto\_terminado* (id\_mov, tipo\_mov, fecha, cantidad, costo, UEN). Es el registro de los cargos y abonos de costos asociados a los productos terminados. Sus atributos son: un identificador único, asociado a cada movimiento [*Id\_mov*]; el tipo de movimiento [*tipomov*], cargo o abono; fecha en que se produjo el movimiento [*fecha*]; cantidad en volumen [*cantidad*] del movimiento; costo [*costo*] del material del movimiento; unidad de negocio asociada con el movimiento [*UEN*].
- *orden\_de\_venta* (id\_ven, fecha, cantidad, costo, UEN, Niv\_ac\_MO, Niv\_ac\_MP, Niv\_ac\_OC, CIF\_MP, CIF\_MO, CIF\_OC). Es el registro de las órdenes de venta de cada producto. Sus atributos son: un identificador único, asociado a cada orden de venta [*Id\_ven*]; fecha en que se produjo el movimiento [*fecha*]; cantidad en volumen [*cantidad*] de la venta; el costo [*costo*] de la venta; UEN que efectuó la venta [*cantidad*]; nivel de la actividad relacionada al costo indirecto de mano de obra [*Ni\_ac\_MO*]; nivel de la actividad relacionada al costo indirecto de materia prima [*Ni\_ac\_MP*]; nivel de la actividad relacionada al costo indirecto de otros gastos [*Ni\_ac\_OC*]; costos indirectos fijos de materia prima [*CIF\_MP*]; costos indirectos fijos de materia obra [*CIF\_MO*]; costos indirectos fijos clasificados como otros costos [*CIF\_OC*].
- *orden\_de\_produccion* (id\_orden, fecha, cantidad, MP\_reque, MO\_reque, UEN, Niv\_ac\_MO, Niv\_ac\_MP, Niv\_ac\_OC, CIF\_MP, CIF\_MO, CIF\_OC). Es el registro de

los órdenes de producción. Sus atributos son: un identificador único, asociado a cada orden de producción [*Id\_orden*]; fecha en que se produjo el movimiento [*fecha*]; cantidad en volumen [*cantidad*] de la orden; costo de la materia prima requerida [*MP\_reque*]; costo de la mano de obra directa requerida [*MO\_reque*]; UEN que emitió la orden de producción [*cantidad*]; nivel de la actividad relacionada al costo indirecto de mano de obra [*Ni\_ac\_MO*]; nivel de la actividad relacionada al costo indirecto de materia prima [*Ni\_ac\_MP*]; nivel de la actividad relacionada al costo indirecto de otros gastos [*Ni\_ac\_OC*]; costos indirectos fijos de materia prima [*CIF\_MP*]; costos indirectos fijos de materia obra [*CIF\_MO*]; costos indirectos fijos de otros costos [*CIF\_OC*].

- *actividad* (id\_actividad, tipo, can\_pronos, nivel\_base\_asign, TCI, UEN). Es el registro de las actividades de la organización que son asociadas con costos indirectos. Sus atributos son: un identificador único, asociado a cada actividad [*Id\_orden*]; una clasificación de las actividades [*tipo*]; el costo pronosticado del costo de la actividad para el periodo de muestreo [*can\_pronos*]; nivel pronosticado de la actividad para el periodo [*nivel\_base\_asign*]; tasa de costos indirectos por unida de actividad [*TCI*]; unidad estratégica UEN a la que pertenece la actividad.
- *UEN* (UEN, Nombre). Es el registro de las unidades estratégicas del negocio. Sus atributos son: un identificador único, asociado a cada unidad [*UEN*]; el nombre de la unidad [*Nombre*].

Con la información anterior se construyó el modelo entidad relación del sistema. Las relaciones entre las entidades, son función de los movimientos entre las cuentas de mayor. Se definieron relaciones de cardinalidad de uno a uno, como una primera aproximación del sistema.

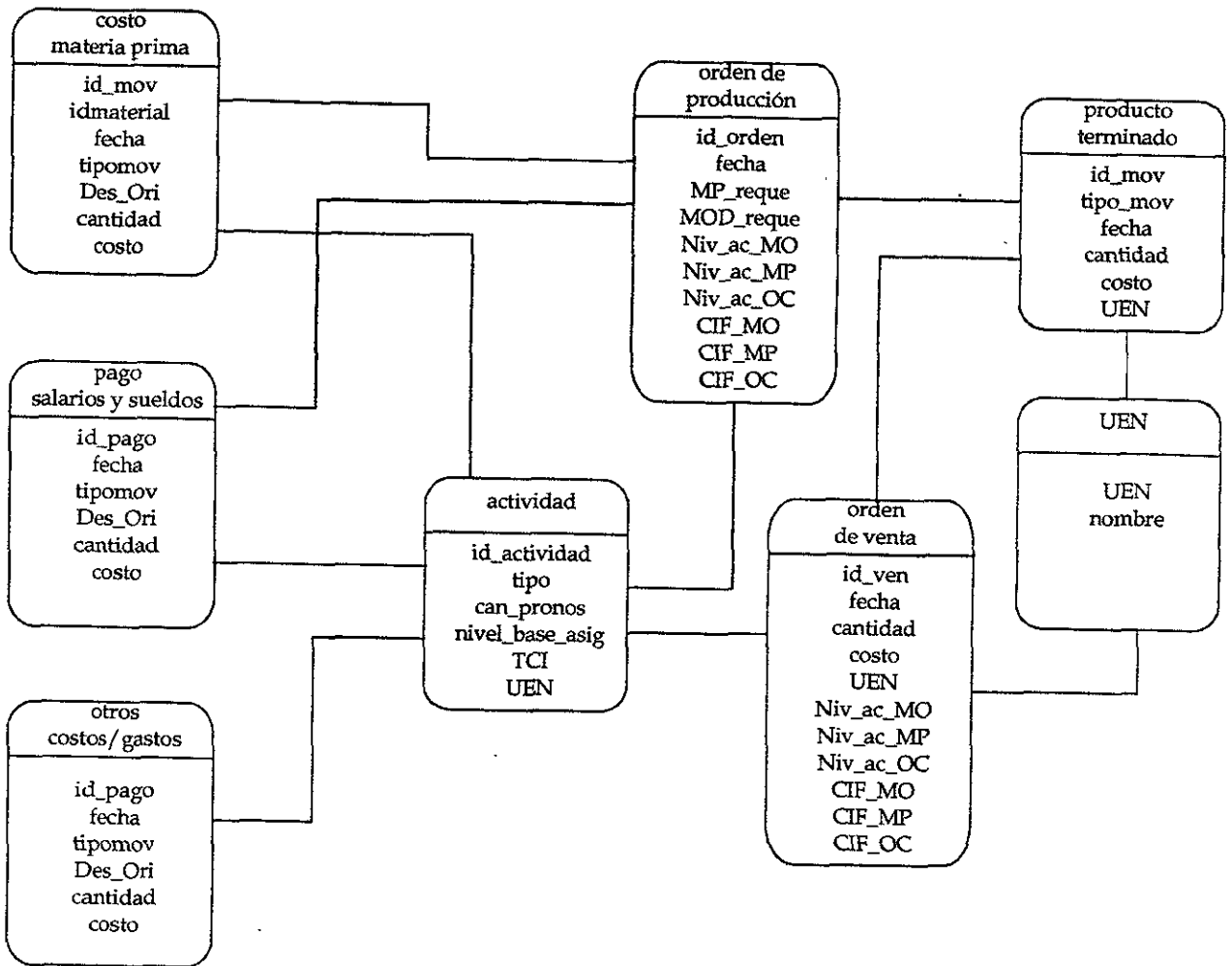


FIGURA 16. MODELO ENTIDAD RELACIÓN

La implantación de este módulo operativo es la unión del modelo de datos (entidad - relación) con el modelo operativo (modelo estructurado).

#### 4.2. Módulo táctico

El módulo táctico es la implantación de un almacén de datos para el sistemas de costeo (módulo operativo). Un almacén de datos ofrece la posibilidad de ser implementado en sistemas existentes, como una ampliación de los mismos. Como se comentó en el capítulo anterior, un "almacén de datos" es una colección de datos específicos, orientada, integrada, no volátil, y variante en el tiempo, desarrollada como apoyo al proceso de toma de decisiones" (Inmon W.H. 1996).

Por lo tanto, el módulo táctico tiene como objetivo apoyar el proceso de toma de decisiones de los usuarios internos y externos de la organización. A manera de ejemplo, para este trabajo, se desarrolla únicamente lo relacionado con el análisis de las ventas de la organización. Para la conceptualización de este almacén de datos, se emplea el análisis multidimensional propuesto por Kimball R. (1997). Este análisis se basa en la

identificación de los principales hechos dentro de una organización, asociados con sus proceso de toma de decisiones, y las dimensiones que los caracterizan.

Los administradores y dueños de una empresa, con frecuencia, utilizan como una referencia importante para su análisis riesgo/rendimiento del negocio, el comportamiento de sus ventas. La variable o hecho ventas se analiza en función, por ejemplo, de ventas por UEN (Unidad Estratégica de Negocio) y/o costos indirectos incurridos por venta. Estas diferentes alternativas o vistas del hecho ventas, son función de las dimensiones identificadas para el hecho. A continuación se presentan las dimensiones definidas para el hecho ventas:

TABLA 2. DIMENSIONES DEL HECHO VENTAS

Unidad estratégica de negocio UNE	Costos de producción		Tiempo
Departamentos	Mano de obra directa	Materia prima directa	Mes
Productos			Trimestre
			Año

Costos indirectos totales								
Costos Indirectos producción						Costos Indirectos ventas		
Costos indirectos fijos			Costos indirectos variables			Costos indirectos totales ventas		
Mano de obra	Materia prima	Otros gastos	Mano de obra	Materia prima	Otros gastos	Mano de obra	Materia prima	Otros gastos

En la Tabla 2 se muestran las dimensiones del hecho ventas: unidad estratégica de negocio, costos de producción, tiempo y costos indirectos totales, junto con sus respectivos atributos. Este conjunto de dimensiones, y atributos, permite obtener diferentes perspectivas del hecho ventas, por ejemplos se puede tener reportes de ventas por unidad estratégica de negocio mensual y/o trimestral o costos indirectos totales por venta.

Después de identificar las dimensiones del hecho ventas, se define las *consultas y reportes frecuentes* así como los *principales modelos* utilizados en el proceso de presupuestación de la empresa. El objetivo es definir los agregados de información que más frecuentemente se utilizarán.

Las principales consultas y reportes de un sistema de costeo, están asociadas a los estados de resultados y la hoja de balance. Los sistemas comerciales realizan estos reportes en forma automática. La diferencia que propone el sistema actual, es consecuencia del hecho de aplicar el concepto de “almacén de datos”, con lo que se espera mejorar la eficiencia y alcance de estos reportes, por ejemplo tener la posibilidad de manejar reportes de información histórica, análisis multidimensional de datos, cruces de variables, etcétera.

Para la hoja de balance los agregados mensuales que se requieren son:

1. materia\_prima/mes [inventario de materia prima]
2. producto\_terminado /mes [inventario producto terminado]
3. orden\_producción/mes - producto\_terminado /mes [inventario trabajo en proceso]

Para el estado de resultados los siguientes agregados anuales se necesitan:

1. orden\_venta/trimestre [Costo de bienes o servicios vendidos]
2. costos\_ind\_ventas/trimestre [Gastos administrativos]

Con estos agregados se resuelven las principales consultas que los usuarios requieren y que son primordiales para la operación diaria del negocio. También, con estos agregados, se proporcionan los datos requeridos en los procesos de análisis sobre las actividades sustantivas del negocio. El uso de análisis multidimensional, propuesto por Kimball R. (1997), se empleó para la conceptualización del hecho ventas y sus dimensiones. En la Figura 17 se presenta el modelo estrella asociado con las dimensiones propuestas. Este modelo puede realizar consultas como: ventas por UEN; costo indirectos de venta por UEN, costos indirectos totales por venta, costos de producción por venta, UEN, mes, año, entre otras.

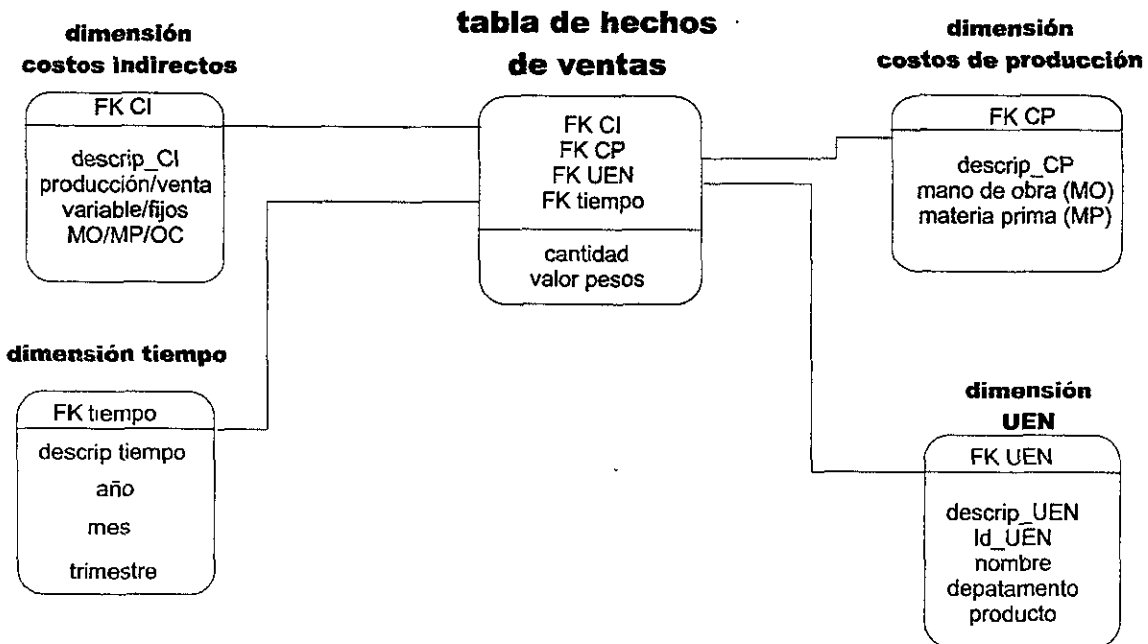


FIGURA 17. MODELO ESTRELLA

### 4.3. Módulo estratégico

El módulo estratégico apoya a los usuarios en el desarrollo de sus planes estratégicos, mediante el uso de modelo financiero y matemáticos, requeridos para tal propósito. Una de las actividades importantes, que realiza la alta dirección junto con los dueños, es el análisis de rendimiento/riesgo. Este análisis se puede realizar a nivel de unidad de negocio, producto o servicio.

Existen numerosos modelos matemáticos y financieros, para ejecutar este tipo de análisis rendimiento/riesgo, por lo que abarcar todos en este trabajo sería difícil. Se presenta un modelo de evaluación de proyectos que utiliza el concepto de valor presente neto.

El cálculo del valor presente neto de flujos de capital se evalúa con la siguiente ecuación:

$$VPN = -Inv + \sum_{i=1}^n \frac{FNC_i}{(1+r)^i}$$

Donde  $FNC_i$  son los flujos netos de capital para cada periodo  $i$ ;  $Inv$  es el monto invertido en el periodo 0;  $r$  es la tasa de descuento asociada al negocio o proyecto; y  $n$  es el número de periodos de vida del proyecto.

La principal variable, asociada con los costos, en esta ecuación son los  $FNC$ ; estos flujos netos de capital, para cada periodo, se calculan con la siguiente ecuación:

$$FNC = (Ventas - Gasto)(1 - Tc) + Tc \times Dep$$

Donde  $Ventas$  es el monto en dinero del producto o servicio vendido;  $Gastos$  es el total de los costos producción más los costos totales indirectos;  $Dep$  es la depreciación para cada periodo y  $Tc$  es la tasa de impuesto.

Por otro lado, los gastos se definen como:

$$\begin{aligned} Gastos &= Costos \text{ de producción} + Costos \text{ indirectos} + Costos \text{ de venta} \\ Costos \text{ indirectos} &= Costos \text{ indirectos fijos} + Costos \text{ indirectos variables} \\ Costos \text{ de venta} &= Costos \text{ indirectos ventas} \end{aligned}$$

Si se aplica este modelo por unidad estratégica de negocio, se requieren los siguiente acumulados por unidad estratégica de negocio y unidad de tiempo, por ejemplo trimestralmente: costos indirectos, costos de producción, costos de venta:

$$\begin{aligned} &ventas/UEN/trimestre [Costo \text{ de bienes o servicios vendidos}] \\ &costos\_indirectos\_venta/UEN/trimestre [Gastos \text{ administrativos}] \\ &costos\_indirectos-fijos /UEN/trimestre [Costo \text{ indirectos fijos por UEN}] \\ &costos\_indirectos\_variables/UEN/trimestre [Costo \text{ indirectos variables por UEN}] \\ &costos\_producción/UEN/trimestre [Costo \text{ de producción bienes o servicios vendidos}] \end{aligned}$$

Se recomienda, para un análisis a mayor detalle, tener la posibilidad de modificar la variable tiempo y la posibilidad de realizar este análisis por actividad, departamento o producto.

Los agregados mencionados se desarrollan en el diagrama constelación de la Figura 18. Esta configuración permite generar series de tiempo de estos agregados.



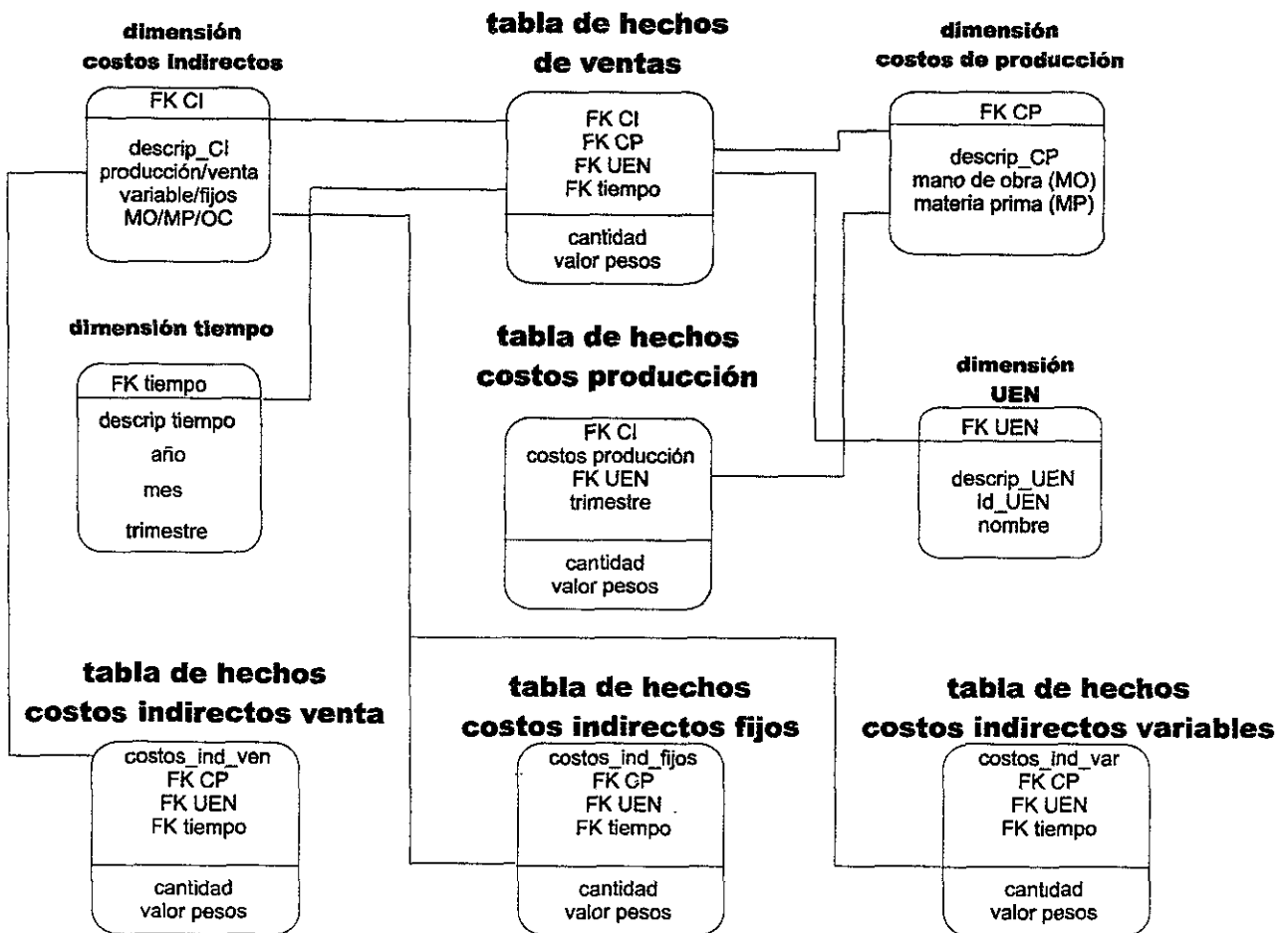


FIGURA 18. DIAGRAMA CONSTELACIÓN

En esta estructura de datos se tienen precalculados y almacenados, en archivos específicos, costos de producción, indirectos (totales, fijos y variables), dimensionados por venta, UEN y tiempo.

La información generada con este diagrama constelación ayuda a:

- (i) *Utilizar una herramienta de análisis multidimensional*, esta herramienta permite visualizar los hechos en diferentes perspectivas, dependiendo de las dimensiones definidas; y
- (ii) *Generar series de tiempo de hechos en diferentes perspectivas*, estas series de datos son utilizadas para alimentar a los modelos matemáticos o financieros, utilizados en los procesos de presupuestación financiera.

Utilizando el lenguaje de modelación estructurado de Gefrion (1987), se construye un modelo financiero simple, este modelo utiliza como entrada las series de tiempo generadas a partir del modelo constelación de la Figura 18.

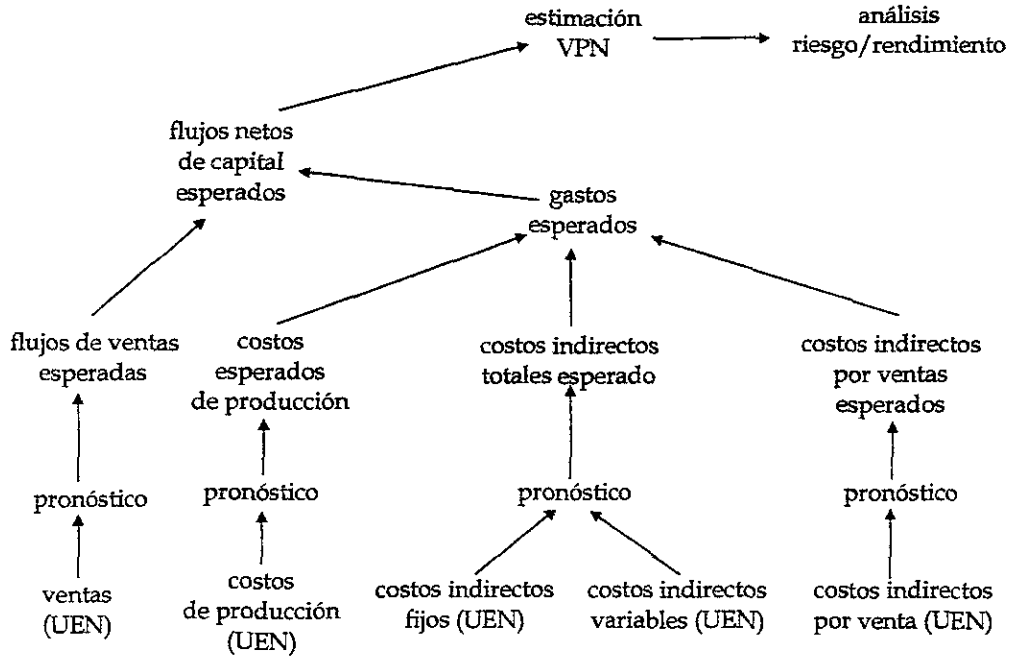


FIGURA 19. GRÁFICA JERÁRQUICA PARA EL MÓDULO TÁCTICO

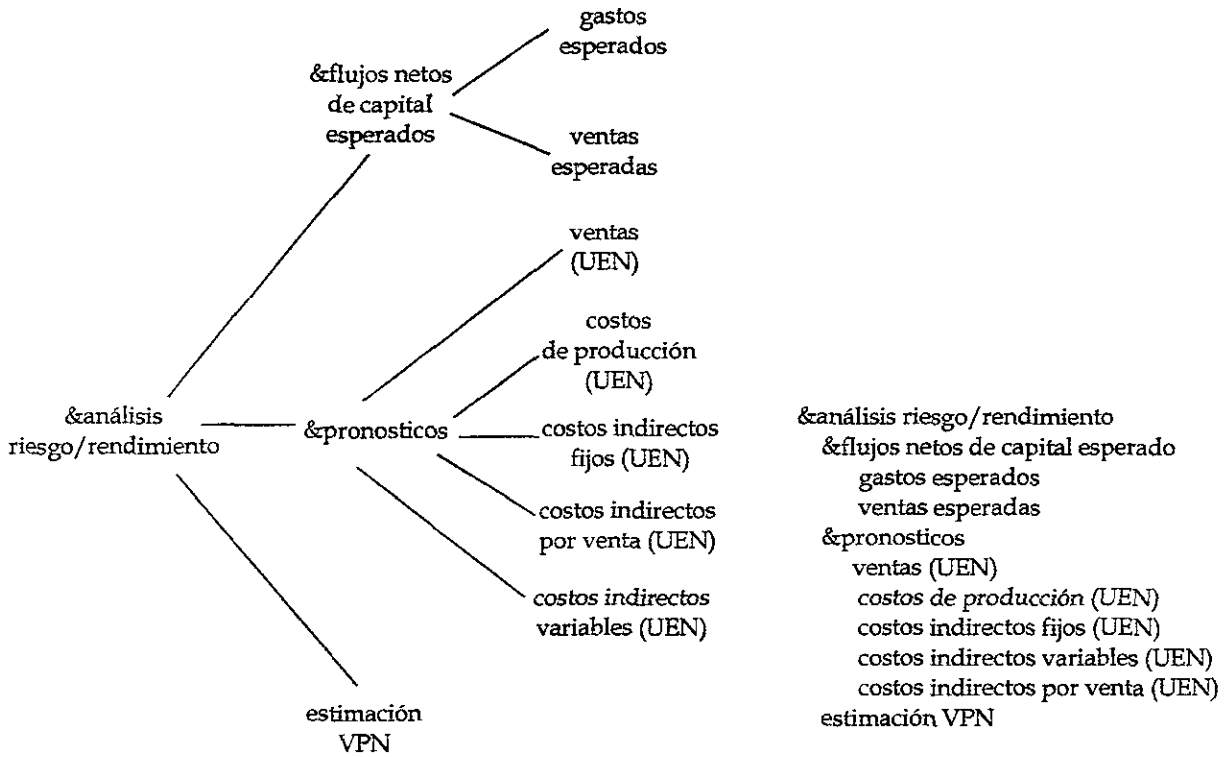


FIGURA 20. GRÁFICA MODULAR PARA EL MÓDULO TÁCTICO

La definición formal del módulo táctico se desarrolla utilizando los pasos comentados en el capítulo 1. El sistema general se denomina *ANÁLISIS RIESGO/RENDIMIENTO*, sus principales módulos son: *PRONÓSTICOS*, *FLUJOS NETOS DE CAPITAL POR UEN Y VPN*. A continuación se presenta la especificación formal de cada uno de estos módulos, junto con la descripción de sus elementos primitivos.

&ANÁLISIS RIESGO/RENDIMIENTO El modelo ayuda al análisis rendimiento/riesgo de la empresa.

&PRONÓSTICOS Una estimación para los próximos 5 años se calcula para diferentes componentes de los flujos netos de capital.

VENTAS (VENTAS<sub>i</sub>)/f/ { PRONO\_VENTAS<sub>i</sub> }; PRONO\_VENTAS<sub>i</sub> = PRONOSTICO (VENTAS<sub>i</sub>, VENTAS<sub>i-1</sub>, VENTAS<sub>i-2</sub> ...) utilizando datos históricos se pronostican ventas para los próximos 5 años.

COSTOS DE PRODUCCIÓN (COSTOS DE PRODUCCIÓN (UEN)<sub>i</sub>)/f/ {PRONO\_CP PRONO\_CPI = PRONOSTICO (COSTOS DE PRODUCCIÓN (UEN)<sub>i</sub>, COSTOS DE PRODUCCIÓN (UEN)<sub>i-1</sub>, COSTOS DE PRODUCCIÓN (UEN)<sub>i-2</sub> ...) utilizando datos históricos se pronostican los costos de producción para los próximos 5 años.

COSTOS INDIRECTOS FIJOS (COSTOS DE INDIRECTOS FIJOS (UEN)<sub>i</sub>)/f/ { PRONO\_CIF<sub>i</sub> }; PRONO\_CIF<sub>i</sub> = PRONOSTICO (COSTOS DE INDIRECTOS FIJOS (UEN)<sub>i</sub>, COSTOS DE INDIRECTOS FIJOS (UEN)<sub>i-1</sub>, COSTOS DE INDIRECTOS FIJOS (UEN)<sub>i-2</sub> ...) utilizando datos históricos se pronostican los costos indirectos fijos para los próximos 5 años.

COSTOS INDIRECTOS VARIABLES (COSTOS DE INDIRECTOS VARIABLES (UEN)<sub>i</sub>)/f/ {PRONO\_CIV}; PRONO\_CIV<sub>i</sub> = PRONOSTICO (COSTOS DE INDIRECTOS VARIABLES (UEN)<sub>i</sub>, COSTOS DE INDIRECTOS VARIABLES (UEN)<sub>i-1</sub>, COSTOS DE INDIRECTOS VARIABLES (UEN)<sub>i-2</sub> ...) utilizando datos históricos se pronostican los costos indirectos variables para los próximos 5 años.

COSTOS INDIRECTOS POR VENTA (COSTOS DE INDIRECTOS POR VENTA (UEN)<sub>i</sub>)/f/ {PRONO\_CIPV}; PRONO\_CIPV<sub>i</sub> = PRONOSTICO (COSTOS DE INDIRECTOS POR VENTA (UEN)<sub>i</sub>, COSTOS DE INDIRECTOS POR VENTA (UEN)<sub>i-1</sub>, COSTOS DE INDIRECTOS POR VENTA (UEN)<sub>i-2</sub> ...) utilizando datos históricos se pronostican los costos indirectos por venta para los próximos 5 años.

&FLUJOS NETOS DE CAPITAL POR UEN Se calcula los flujos netos de capital por UEN como la diferencia entre las ventas y los gastos.

VENTAS ESPERADAS POR UEN (PRONO\_VENTAS<sub>i</sub>)/ce/ Serie de tiempo que contiene los datos pronosticados de ventas.

GASTOS ESPERADOS (PRONO\_CP, PRONO\_CIF, PRONO\_CIV, PRONO\_CIPV)/f/ {PRONO\_GAS}; PRONO\_GAS<sub>i</sub> = PRONO\_CP<sub>i</sub> + PRONO\_CIF<sub>i</sub> + PRONO\_CIV<sub>i</sub> + PRONO\_CIPV<sub>i</sub> Los gastos esperados son la suma de los pronósticos de los costos indirectos más los costos de producción

VPN(PRONO\_VENTAS, PRONO\_GAS, R)/f/; R+; SUM<sub>m</sub>{(PRONO\_VENTAS<sub>m</sub> - PRONO\_GAS<sub>m</sub>)/(1+R)<sup>m</sup>} Se calcula el valor presente neto.

&DATOS\_GENERALES Descripción

VENTAS<sub>i</sub> /pe/ serie de tiempo de ventas por Unidad Estratégica de Negocio

COSTOS DE PRODUCCIÓN (UEN)<sub>i</sub>/pe/ serie de tiempo de costos de producción por Unidad Estratégica de Negocio

COSTOS DE INDIRECTOS FIJOS (UEN)<sub>i</sub> /pe/ serie de tiempo de costos indirectos fijos por Unidad Estratégica de Negocio

COSTOS DE INDIRECTOS VARIABLES (UEN)<sup>i</sup> /pe/ serie de tiempo de costos indirectos variables por Unidad Estratégica de Negocio

COSTOS DE INDIRECTOS POR VENTA (UEN)<sup>i</sup> /pe/ serie de tiempo de costos indirectos por venta por Unidad Estratégica de Negocio

Con esta definición del modelo estratégico se termina la construcción del modelo conceptual del sistemas. El siguiente paso es la implantación de este esquema en un ambiente de cómputo. La selección de hardware y software en donde se desarrolle el sistema se comenta en la siguiente sección.

## 5. Análisis y selección de hardware y software para el desarrollo

El análisis de los requerimientos de hardware y software, es un punto importante dentro de cualquier metodología de desarrollo de sistemas. En este punto influyen factores como el tamaño de la empresa, presupuesto, expectativas de desarrollo de nuevos productos, entre otros. El sistema presentado en este trabajo se desarrolló bajo la siguiente plataforma:

- El hardware en donde el sistema se ejecuta es: una computadora personal con un procesador Pentium.
- El administrador de base de datos utilizado fue: Microsoft Access.
- El software de desarrollo es: Visual Basic.
- El solver empleado es: Microsoft Excel.

## 6. Conclusiones

El desarrollo de este sistema utiliza la metodología propuesta en el capítulo anterior. Esta metodología permite desarrollar un sistema que de manera integral apoya los procesos de toma de decisiones corporativas. Se remarca la importancia que tiene la fase de análisis, tanto de los aspectos operativos como de los procesos de toma de decisiones. La buena aceptación del sistema por parte de los usuarios es consecuencia de la clara definición de los objetivos y metas que el sistema satisface. El sistema está formado por tres módulos:

- (i) *Operacional*, encargado de la administración de los flujos de los costos diarios en los que incurren las actividades sustantivas de la organización, el sistema posee la características necesarias para realizar esta función. El sistema de información apoya tanto la actividades administrativas (operación diaria) como las directivas (planes estratégicos).
- (ii) *Táctico*, responsable de la generación de reportes, construcción de estados financieros y el análisis simple de información. Un almacén de datos es la herramienta que apoya las operaciones tácticas de la empresa.
- (iii) *Estratégico*, el desarrollo de planes estratégicos requiere la utilización de herramientas para el análisis de riesgo, generación de escenarios, pronósticos, etcétera. La construcción de modelos empleando el modelado estructurado, muestra

ventajas tanto para la definición de los modelos como para la implantación de éstos en un ambiente de cómputo.

El desarrollo del sistema presentó las siguientes características:

- (i) *Definición de las necesidades de los usuarios en forma sistematizada.* La utilización de una metodología de análisis de problemas y toma de decisiones, permite establecer necesidades genéricas que el sistema debe satisfacer. Ayudó a proponer un sistema que da solución a un problema real.
- (ii) *Vinculación de los modelos de datos e información con el modelo organizacional.* Un factor importante que se toma en cuenta para el desarrollo del sistema, es la necesidad de contar con los datos y los modelos de información que apoyen el proceso de toma de decisiones. Se utiliza el concepto de almacén de datos en armonía con el contexto táctico y estratégico de la organización.
- (iii) *Fusión del modelo de información con los procesos de análisis y síntesis.* Los modelos de información son la fuente de datos que alimentan al conjunto de modelos de la organización. Se propone el uso del concepto de almacén de datos como el medio para alimentar los modelos. Esto facilita el uso de modelos en las organizaciones.

Este sistema carece de un módulo que contemple todas la etapas de un proceso de administración de modelos. En los siguientes capítulos se presenta el desarrollo del administrador de modelos.

## 7. Referencias

- Barfield, R. and Dalton. (1995). *"Cost Accounting"*. West Publishing Company
- Chatfield M. (1995). *"Cost Accounting"*. Harcourt Brace Jovanovich.
- Geoffrion A. M. (1987). *An introduction to structured modeling*. Management Science 33, pp. 547-588.
- Geoffrion A. M. (1989a). *The formal aspects of structured modeling*. Operations Research 41, pp. 33-43.
- Geoffrion A. M. (1991). *A prototype structured modeling environment*. Management Science 37, pp. 1513-1538.
- Kimball R. (1997). *A Dimensional Modeling Manifesto*. DBMS Magazine, August. También disponible en <http://www.dbmsmag.com/9708d15.html>

8. Anexo A

Breve descripción del mensaje:

1. *Aumento en la competencia, proceso de globalización*

	<b>CONOCE:</b>	<b>NECESITA/CONOCER</b>
<b>QUIÉN</b>	Los empresarios Los clientes Los proveedores El gobierno	Los empresarios Los administradores Los asesores financieros Los proveedores El gobierno
<b>QUÉ</b>	Una idea general	Las desventajas, ventajas, fortalezas, debilidades, información de la competencia
<b>DÓNDE</b>	Únicamente en algunos sectores	Administración Dirección Dueños
<b>CUÁNDO</b>	Periodos largos	En cualquier momento
<b>POR QUÉ</b>	Por informes externos (gobierno, asociaciones, revistas, periódicos, etcétera.)	Para planear, prevenir eventos contingentes, etcétera.
<b>CÓMO</b>	De manera general	Con mayor detalle

**PARAFRASEE -**

Expresé la esencia de los puntos críticos que parezcan más importantes:

El incremento en la competencia, debido a la globalización, debe ser conocido y entendido por los dueños y administradores de empresas, de manera de planear el desarrollo de la empresa, tomando en cuenta debilidades y fortalezas, así como valorando las oportunidades y los riesgos.

Breve descripción del mensaje:

2. *Diversificación de actividades.*

	CONOCE:	NECESITA/CONOCER
QUIÉN	Los empresarios Los clientes Los proveedores El gobierno	Los empresarios Los administradores Los asesores financieros Los proveedores El gobierno
QUÉ	Los productos y servicios actuales Productos en el mercado	Comportamiento de mercados Los riesgos Los rendimientos Costos e infraestructura para nuevos productos
DÓNDE	Empresas grandes Empresas internacionales	Empresas nacionales Empresas medianas y pequeñas
CUÁNDO	Estrategia para crecimiento	En estos momentos es muy importante
POR QUÉ	Financieros recomiendan	Recomendable para administrar los rendimientos y el riesgo de los negocios
CÓMO	Análisis financiero de la empresa, negocio o proyecto.	Manejo de modelos financieros con mayor frecuencia.

PARAFRASEE -

Expresa la esencia de los puntos críticos que parezcan más importantes:

En estos momentos es muy importante para los empresarios y administradores de empresas medianas y pequeñas, el manejo de modelos financieros, que permitan evaluar (rendimientos y riesgos) de nuevos negocios.



Breve descripción del mensaje:

**3. Inconvenientes procesos de planeación y control.**

	CONOCE:	NECESITA/CONOCER
QUIÉN	Los empresarios	Los empresarios Los administradores Los asesores financieros
QUÉ	Existen metodologías de planeación y control	Se requiere información [costo, tiempos, etcétera.] a detalle de los procesos y actividades.
DÓNDE	La planeación y control se desarrolla a niveles generales	Se deben de identificar unidades estratégicas de negocios actividades o funciones críticas
CUÁNDO	Se planea a corto plazo (plan táctico) Plan largo plazo (plan estratégico)	La planeación debe ser evolutiva y contingente.
POR QUÉ	Por los resultados no adecuados que de no de planear	Para el éxito, supervivencia, continuidad de la empresa
CÓMO	Educación profesional y experiencia	Por unidades de negocio, actividad, producto y departamento.

**PARAFRASEE -**

Expresé la esencia de los puntos críticos que parezcan más importantes:

Para los procesos de planeación y control, los administradores y empresarios, requieren información a detalle de sus procesos [costos, tiempos, etcétera.] clasificada por; principales unidades de negocios, actividades, departamentos y productos.

Breve descripción del mensaje:

4. Ausencia de procesos analíticos de evaluación de riesgos de mercados.

	CONOCE:	NECESITA/CONOCER
QUIÉN	Los empresarios Los administradores	Los empresarios Los administradores Los asesores financieros
QUÉ	Existen múltiples modelos para la evaluación de riesgo	Información del medio ambiente conocimientos matemáticos y financieros
DÓNDE	Instituciones financieras y bancos publicaciones especializadas	Los directivos y dueños
CUÁNDO	En plazos predeterminados	Cuando lo requieran los directivos y dueños
POR QUÉ	Asesoría de analistas financieros	Para tomar mejores decisiones de inversión
CÓMO	En forma oral y escrita	En forma automatizada sintetizada y oportuna, lista para su interpretación

PARAFRASEE -

Expresa la esencia de los puntos críticos que parezcan más importantes:

los administradores y dueños de empresas, requieren de conocimientos matemáticos y financieros para el análisis y síntesis de la información del medio ambiente del negocio.

Breve descripción del mensaje:

*5. Deficientes procesos de evaluación de alternativas de inversión*

	CONOCE:	NECESITA/CONOCER
QUIÉN	Los asesores financieros	Los empresarios Los administradores
QUÉ	Su manejo adecuado, presenta una ventaja competitiva	Los diferentes modelos, sus ventajas y desventajas
DÓNDE	Financieros	En todas las direcciones que propongan proyectos de inversión
CUÁNDO	En periodos determinados	Al momento de tomar decisiones de inversión
POR QUÉ	Por su utilidad en proyectos	Para tomar en cuenta el mayor número de variables involucradas en un proyecto
CÓMO	Por reportes financieros, preparados por especialistas	De forma automática y simple

PARAFRASEE -

Expresé la esencia de los puntos críticos que parezcan más importantes:

los administradores y dueños de las empresas así como otros directivos, requieren conocer las ventajas del uso de modelos de evaluación de alternativas de inversión. De manera que al momento de tomar una decisión de inversión, se tome en cuenta el mayor número de variables involucradas, el proceso debe de realizarse de forma automática y simple.

Breve descripción del mensaje:

6. *Aumento de los recursos de información interna y externa.*

	CONOCE:	NECESITA/CONOCER
QUIÉN	Empresarios Administradores	Empresarios Administradores Directores
QUÉ	Información general y con poco detalle	Información a detalle para diferentes eventos internos y externos
DÓNDE	Información externa en diarios, boletines y bases de datos. La información interna, en juntas, reportes, estados financieros, bases de datos	En reuniones y juntas relacionadas con la toma de decisiones.
CUÁNDO	En forma periódica y con un detalle espacial acotado, por ejemplo, un mes de datos, un trimestre, un años, etcétera.	En el momento en que sea requerida.
POR QUÉ	Se preparan reportes periódicos de información interna y externa.	Para mejorar el proceso de toma de decisiones.
CÓMO	En formatos predeterminados	En forma flexible, para facilitar el proceso de análisis y síntesis

**PARAFRASEE -**

Exprese la esencia de los puntos críticos que parezcan más importantes:

los administradores y dueños de las empresas así como otros directivos, requieren de información interna y externa, ordenada de manera que facilite su utilización en el proceso de análisis y síntesis de la toma de decisiones.

Breve descripción del mensaje:

*7. Dificultad en el manejo del volumen de la información.*

	CONOCE:	NECESITA/CONOCER
QUIÉN	Los operadores y personal de sistemas	Los administradores Los dueños
QUÉ	Los volúmenes y la variedad de información están aumentando considerablemente.	Los mecanismos y tecnologías que permitan el manejo de volúmenes de información
DÓNDE	Tanto los datos operativos como los externos, están incrementando sus volúmenes	En los centro cómputo se requiere conocer este problema.
CUÁNDO	Con la aparición de internet, el problema se incremento	En estos momentos
POR QUÉ	La cantidad de datos, comienza a presentar problemas para su utilización en la toma de decisiones	Un buen manejo de la información, tendrá repercusión en el proceso de toma de decisiones.
CÓMO	Procesos lento e ineficientes	De manera ordenada y estructurada, acorde al proceso de toma de decisiones.

PARAFRASEE -

Expresa la esencia de los puntos críticos que parezcan más importantes:

los administradores y dueños de las empresas así como otros directivos, requieren entender la importancia del manejo de la información en el proceso de toma de decisiones, de manera de implantar en sus centros de cómputo, los mecanismos y tecnologías que ordenen y estructuren la información en concordancia con la toma de decisiones.

Breve descripción del mensaje:  
 8. *Incremento en tecnología y metodología contable, financiera e información..*

	CONOCE:	NECESITA/CONOCER
QUIÉN	Los académicos, investigadores y consultores.	Los empresarios Los administradores
QUÉ	La importancia de contar con tecnología y metodología de vanguardia.	Las ventajas y desventajas La forma de implantarlas Que funciona y que no funciona.
DÓNDE	En instituciones académicas y de investigación.	En diversas direcciones o centros de la organización
CUÁNDO	En forma esporádica	En forma constante
POR QUÉ	Por comentarios en el ambiente	Para incrementar sus ventajas competitivas
CÓMO	De manera general	Como funcionan y su utilidad

**PARAFRASEE -**

Expresa la esencia de los puntos críticos que parezcan más importantes:

Los administradores y dueños de las empresas así como otros directivos, requieren conocer el funcionamiento y utilidad las diferentes tecnologías y metodologías, para incrementar sus ventajas competitivas.

**9. Anexo B**

Lista de enunciados resultado del ejercicio de manejar la hoja de trabajo de búsqueda de información.

1. Los dueños y administradores, deben entender el incremento en la competencia, debido al efecto de la globalización, de manera de planear el desarrollo de la empresa tomando en cuenta debilidades y fortalezas, así como valorando las oportunidades y los riesgos de su entorno.
2. Los empresarios y administradores, de empresas medianas y pequeñas, requieren de conocimientos sobre el manejo de modelos financieros y matemáticos, que permitan evaluar los rendimientos y riesgos de nuevos negocios.
3. Los administradores y empresarios, requieren para los procesos de planeación y control de sus actividades, información a detalle de sus procesos principales [costos, tiempos, etcétera.] clasificada por: principales unidades de negocios, actividades, departamentos y productos.

4. Los administradores y dueños de empresas, requieren de utilizar herramientas matemáticas y financieras para el análisis y síntesis de la información del medio ambiente del negocio.
5. Los administradores y dueños de las empresas así como otros directivos, requieren conocer las ventajas del uso de modelos de evaluación de alternativas de inversión. De manera que al momento de tomar un decisión de inversión, se tome en cuenta el mayor número de variables involucradas, el proceso debe de realizarse de forma automática y simple.
6. Los administradores y dueños de las empresas así como otros directivos, requieren de información interna y externa, ordenada de manera que facilite su utilización en el proceso de análisis y síntesis de la toma de decisiones.
7. Los administradores y dueños de las empresas así como otros directivos, requieren entender la importancia del manejo de la información en el proceso de toma de decisiones, de manera de implantar en sus centros de cómputo, los mecanismos y tecnologías que ordenen y estructure la información en concordancia con la toma de decisiones.
8. Los administradores y dueños de las empresas así como otros directivos, requieren conocer el funcionamiento y utilidad de las diferentes tecnologías y metodologías, para incrementar sus ventajas competitivas.

## 10. Tabla de figuras

FIGURA 1. RELACIÓN ENTRE LA CONTABILIDAD FINANCIERA Y LA CONTABILIDAD ADMINISTRATIVA .....	51
FIGURA 2. EL PROCESO DE PRODUCCIÓN O CONVERSIÓN.....	52
FIGURA 3. COMPORTAMIENTO DE COSTOS .....	54
FIGURA 4. RELACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN Y ADMINISTRACIÓN CON LOS ESTADOS FINANCIEROS .....	54
FIGURA 5. EJEMPLO DE LOS MOVIMIENTOS DE COSTOS .....	57
FIGURA 6. EJEMPLO DE HOJA DE TRABAJO DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN .....	60
FIGURA 7. HOJA PARA BÚSQUEDA DE PROBLEMA A .....	61
FIGURA 8. HOJA PARA BÚSQUEDA DE PROBLEMA B .....	62
FIGURA 9. DIAGRAMA DEL SISTEMA DE COSTEO.....	65
FIGURA 10. DIAGRAMA DE CONTEXTO SISTEMA DE COSTEO. ....	66
FIGURA 11. DIAGRAMA 0 SISTEMA DE COSTEO.....	67
FIGURA 12. CRUZ DE MALTA DEL SISTEMA DE COSTEO .....	69
FIGURA 13. MATRIZ DE PLANEACIÓN .....	69
FIGURA 14. ESTRUCTURA GENERICA DEL MODELO DE COSTEO .....	70
FIGURA 15. ESTRUCTURA MODULAR.....	71
FIGURA 16. MODELO ENTIDAD RELACIÓN .....	75
FIGURA 17. MODELO ESTRELLA .....	77
FIGURA 18. DIAGRAMA CONSTELACIÓN .....	79
FIGURA 19. GRÁFICA JERÁRQUICA PARA EL MÓDULO TÁCTICO .....	80
FIGURA 20. GRÁFICA MODULAR PARA EL MÓDULO TÁCTICO.....	80



CAPÍTULO 3

ADMINISTRACIÓN DE MODELOS

CONTENDIO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>96</b>
<b>2. PROCESO DE MODELACIÓN.....</b>	<b>97</b>
2.1. DEFINICIÓN DE MODELO.....	97
2.2. METODOLOGÍA DE MODELACIÓN.....	102
<b>3. SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN DE MODELOS (SAM).....</b>	<b>106</b>
3.1. CONCEPTOS Y MOTIVACIÓN.....	107
3.2. ENFOQUE DE SISTEMAS.....	110
3.3. ENFOQUE ORIENTADO A OBJETOS.....	118
3.4. MODELADO ESTRUCTURADO.....	124
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>131</b>
<b>5. REFERENCIAS.....</b>	<b>133</b>
<b>6. TABLA DE FIGURAS.....</b>	<b>136</b>

## RESUMEN

Es reconocido que el uso de modelos incrementa la capacidad de procesar información para la de toma de decisiones. La tendencia, al uso de modelos, se está convirtiendo en una necesidad en los negocios y las industrias, debido a la naturaleza compleja de sus actuales problemas, así como también a la evolución de los ambientes económicos en los que se encuentran. La competencia internacional demanda nuevas habilidades para procesar información interna y externa, en forma efectiva e innovadora.

El proceso de modelar juega un papel importante en la resolución de problemas dentro de una organización, sin embargo, el desarrollo de modelos involucra realizar actividades difíciles, en donde se combina tanto un arduo trabajo como altos costos. Avances recientes en hardware y software han ayudado a incrementar el uso de modelos de investigación de operaciones (IO), basados en ambiente de cómputo. Los modelos ayudan a solucionar dificultades en áreas como gobierno, negocios e industria (Gass, 1984; Naylor 1979).

El concepto sistema para la administración de modelos (SAM), aparece por la necesidad de apoyar el uso de modelos. Un SAM ofrecer un conjunto de herramientas de cómputo que apoyan los trabajos de administración de modelos y los recursos asociados a éstos. El objetivo de este capítulo es mostrar los principales conceptos relacionados con un SAM y su relación con la definición y construcción de un modelo.

Se concluye que un SAM desde la perspectiva actual, centra sus esfuerzos en el uso de modelos cuantitativos, descuidando lo referente al uso de modelos cualitativos. Se manifiesta la necesidad de contar con un administrador de modelos, en donde se considere la construcción tanto de modelos cuantitativos como cualitativos, también se resalta la importancia de diseñar y construir una base de conocimiento de los recursos informáticos de una organización, como requisito para la edificación de un administrador de modelos eficiente.

## 1. Introducción

En muchas ocasiones los directivos optan por no utilizar modelos, debido a que el desarrollo de éstos presenta problemas en diversas etapas, lo que demanda una intensa labor y costos altos. Estos problemas tienen mayor impacto en la construcción de modelos grandes y complejos, en donde se necesita contar con habilidades técnicas especiales. A pesar de esta poca aceptación de los modelos, por parte de los administradores, los investigadores en el área de Investigación de Operaciones y Ciencias Administrativas (IO/CA) han resaltado la importancia de los modelos en el desarrollo de sistemas para el soporte de decisiones. Los modelos se deben considerar como un componente integral de un sistema de información (Conway, 1963; Dijkstra, 1968).

Es de estos sucesos que surge el término de *sistemas de administración de modelos* (SAM). Desde una perspectiva general, un SAM es un sistema de software que facilita el desarrollo, almacenamiento, manipulación, control y utilización de modelos en una organización.

El capítulo se divide en tres secciones: la primera, **Proceso de modelación**, se presenta, como antecedentes a la definición de un SAM, la descripción del concepto de modelo y los pasos utilizados para su desarrollo; en la segunda sección, **Sistemas de administración de modelos (SAM)**, se resumen las principales ideas relacionadas con un SAM: conceptos, motivación y enfoques utilizados en su desarrollo; finalmente, en la sección tres, **Conclusiones**, se presentan comentarios y conclusiones de la información contenida en el capítulo.

## 2. Proceso de modelación

Es importante comprender el concepto de *modelo*, como antecedente al desarrollo de un SAM. Se presentan algunas definiciones del concepto *modelo*, con el objetivo de precisar sus características, usos y la forma en como se clasifican.

El término *modelo* cuenta con una amplia gama de usos en las ciencias e ingenierías y puede referirse a cualquier cosa, desde una maqueta hasta un conjunto de ideas abstractas. Estos modelos pueden usarse con fines de explicación, predicción, cálculo, sistematización, derivación de leyes, etcétera, de un objeto o sistema.

Existen diversas definiciones de lo que se entiende por un modelo. Se presentan dos perspectivas del concepto *modelo*, desde el punto de vista teórico y desde el punto de vista de cómputo, con el propósito de entenderlo y extrapolarlo, como antecedente al desarrollo de un SAM:

- (i) *Punto de vista teórico*, se analizará la definición del concepto de *modelo teórico* propuesta por Peter Achinstein (1987); y
- (ii) *Punto de vista de cómputo*, se expone la visión de un modelo visto como precursor en el desarrollo de *sistemas de soporte de decisiones (SSD)*.

### 2.1. Definición de modelo

*Punto de vista teórico*: algunas suposiciones o definiciones sobre modelos han sido presentadas por diferentes autores desde el punto de vista teórico. Por ejemplo, Nagel (1961) se refiere al modelo como “una interpretación para el cálculo abstracto que recubre con un poco de carne la estructura ósea en términos de materiales conceptuales o visualizables más o menos familiares”. Hutten (1956) afirma que “el modelo da una posible interpretación a los símbolos (en una ecuación o en una fórmula) que gracias a él adquieren un significado, y así podemos aplicar la ecuación o la fórmula, y probarla”. Brithwaite (1955, 1962) habla del modelo como “otra interpretación del cálculo de la teoría”, y sostiene que la similitud en la estructura formal... es todo lo que se requiere de la relación entre el modelo y la teoría.

Achinstein (1987), por su cuenta, en el documento *Los modelos teóricos*, define un modelo en función de cuatro características:

- (i) *Un modelo teórico consiste de un conjunto de supuestos acerca de algún objeto o sistema*. El modelo de Bohr, por ejemplo, es el conjunto de supuestos según los

cuales el electrón gira alrededor del núcleo de un átomo. En relación con esta primera característica de un modelo, hay dos puntos que merecen atención. En primer lugar, hay que distinguir los modelos teóricos de los diagramas, ilustraciones o maquetas que, aunque algunas veces son útiles para representar el modelo, no deben identificarse como el modelo mismo. En segundo lugar, es cierto que algunas veces, aunque no siempre, lo que se llama modelo también recibe el nombre de teoría. Este uso de nombres se hace posible porque, en tales casos, los términos “modelo” y “teoría” se refieren al mismo conjunto de supuestos, aunque no se sugieran las mismas cosas acerca de ese conjunto cuando lo llamamos modelo que cuando lo llamamos teoría.

- (ii) *Un modelo teórico describe un tipo de objeto o sistema atribuyéndole lo que podría llamarse una estructura interna.* Este es una composición o un mecanismo que explicará, al tomarlo como referencia, diversas propiedades de ese objeto o sistema. Más aún, la estructura descrita debe considerarse siempre con referencia a aquellas propiedades a las que sirve de explicación y no como algo definitivo e incapaz de admitir explicaciones ulteriores. Finalmente, la distinción de que se habla no debe entenderse simplemente como la distinción entre las propiedades y sus explicaciones, dado que no todo conjunto de principios capaces de explicar las propiedades de un objeto o sistema necesita referirse a su estructura interna.
- (iii) *Un modelo teórico se considera como una aproximación útil para ciertos propósitos.* Es útil representar a los X con tal y cual estructura, porque así se podrán derivar algunos principios conocidos; además, la estructura real que tienen los X es semejante a ésta, aunque muy posiblemente sea más compleja. El valor de un modelo determinado puede juzgarse, desde dos puntos de vista diferentes aunque relacionados: cuán bien sirve a los fines para los que se emplea, y cuán compleja y exacta es la representación que propone. El hecho de que se proponga un modelo teórico como una forma de representar la estructura de un objeto o sistema para ciertos propósitos, explica por qué a menudo se usan alternativamente varios modelos. Se pueden emplear diferentes representaciones para diferentes fines. Proponer algo como modelo de (un) X, equivale a sugerirlo como una manera de representar a X que proporciona por lo menos alguna aproximación a la situación real; más aun, es admitir la posibilidad de representaciones alternativas que sean útiles para fines diferentes. Proponer algo como teoría de (un) X en cambio, equivale a sugerir que los X están gobernados por tales y cuales principios, y no sólo que es útil para ciertos fines el representar a los X como gobernados por esos principios o que esos principios se aproximan a los que en realidad prevalecen.
- (iv) *Frecuentemente un modelo teórico se formula, desarrolla y hasta llega a denominarse con base a una analogía entre el objeto o sistema descrito por él y algún otro objeto o sistema diferente.* Esto implica una comparación en la que se observan propiedades y principios similares en algunos aspectos. Esto concuerda con el punto anterior de que los modelos teóricos tienen por objeto proporcionar una representación útil de un sistema: para proporcionar una representación así, resulta útil muchas veces establecer una analogía entre el sistema en cuestión y algún

sistema conocido que esté gobernado por leyes que se entienden y que gobiernan también el sistema que se trata de describir en el modelo.

En forma esquemática estas cuatro propiedades identificadas por Achinstein (1987) se presentan en la Figura 1.

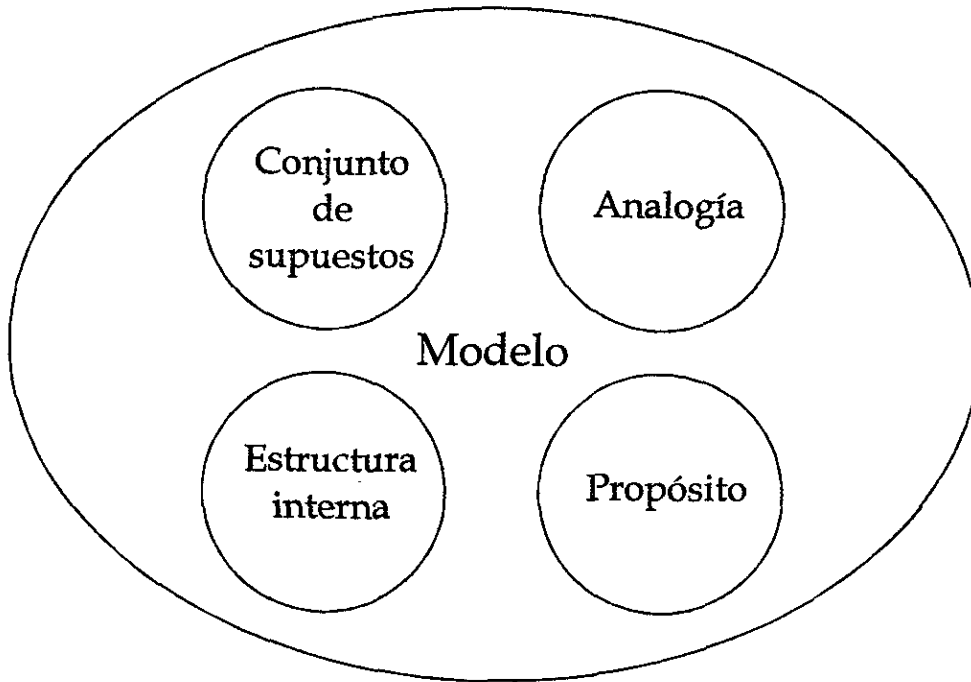


FIGURA 1 CARACTERÍSTICAS DE UN MODELO TEÓRICO

*Punto de Vista de cómputo:* por otro lado, desde una perspectiva computacional, en particular en el área de sistemas para el soporte de decisiones, un modelo presenta diferentes definiciones, por ejemplo:

- Es un proceso computarizado o una rutina ejecutable que requiere ser manejada y/o utilizada por el usuario, para un fin específico (Bonczek et. al. 1981, 1983; Fedorowicz and Williams, 1986; Ghiasedding, 1986; Shaw et. al. 1988; Sprague and Carlson, 1982; Will, 1975).
- Son datos que son analizados o entradas a procesos matemáticos, las cuales generan nuevos datos (Lenard, 1986).
- Puede ser visto a dos niveles: externo (usuario final), donde los modelos son vistos como datos; y físico (computacional), donde los modelos son tratados como procesos o subrutinas (Blanning, 1983; Dutta and Basu, 1984; Ling 1985; Sprague and Watson, 1975).
- Es un enunciado de un problema particular (Dolk, 1984, 1986; Elam et. al. 1980), que puede ser especificado como un proceso o conjunto de procesos o simplemente puede

identificar al proceso o conjunto de procesos que deben ser ejecutados, especificando sus entradas (Bonczek et. al 1980).

Un punto de vista que combina estas definiciones de modelo, se muestra gráficamente en la Figura 2. Se observa que un modelo está compuesto por un nivel externo y un nivel interno. El nivel externo está definido en función de los datos de entrada y salida al modelo, el nivel interno está formado por los procesos o rutinas que representan el comportamiento del objeto o sistemas modelado.

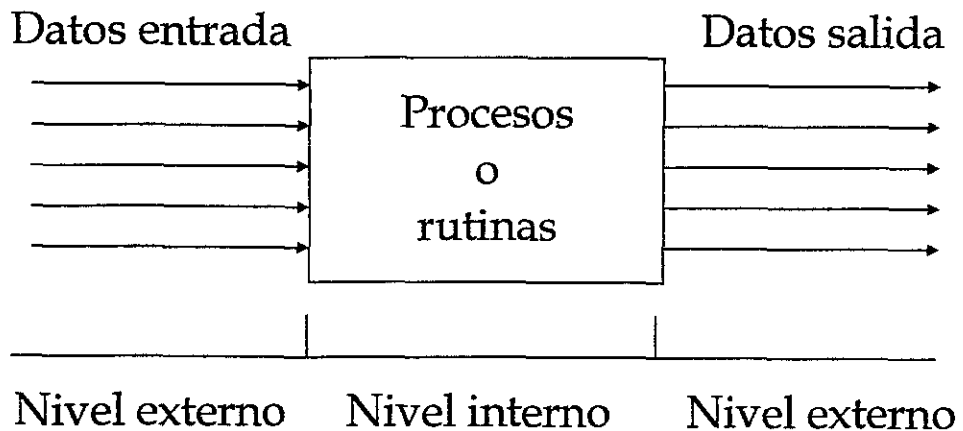


FIGURA 2 MODELO DESDE LA PRESPECTIVA DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES (SSD)

Geoffrion (1987) distingue entre un modelo (o esquema de modelo), los datos utilizados para particularizar un modelo, y el “solver” empleado para su ejecución; el mismo autor propone y define los siguientes conceptos:

- (i) *Modelo (o modelo esquema)*. Es la especificación formal de una clase de problema del mundo real, sistema u objeto. La especificación puede ocurrir a diferentes niveles de agregación, dependiendo de los objetivos de la modelación, los conocimientos, tiempo disponible, y restricciones de recursos;
- (ii) *Modelo caso*. Es la especificación de un caso particular de un problema, sistema u objeto. Un modelo caso está formado por un esquema de modelo, en donde se han especificado sus datos, en otras palabras, se ha definido un conjunto de datos para las variable o coeficientes de entrada al modelo;
- (iii) *“Solver”*. Es un programa ejecutable o rutina capaz de resolver un modelo caso.
- (iv) *Modelo realizado*. Está formado por un modelo caso y un solver específico.

Esquemáticamente la relación entre estos cuatro tipos de conceptos se observa en la Figura 3. El modelo realizado 1, es producto de haber utilizado el “solver” 1 para resolver el modelo caso 1; el modelo caso 1 es un caso particular del modelo esquema 1, en el cual se utilizan los datos Dato Y1, Dato Y2 ...

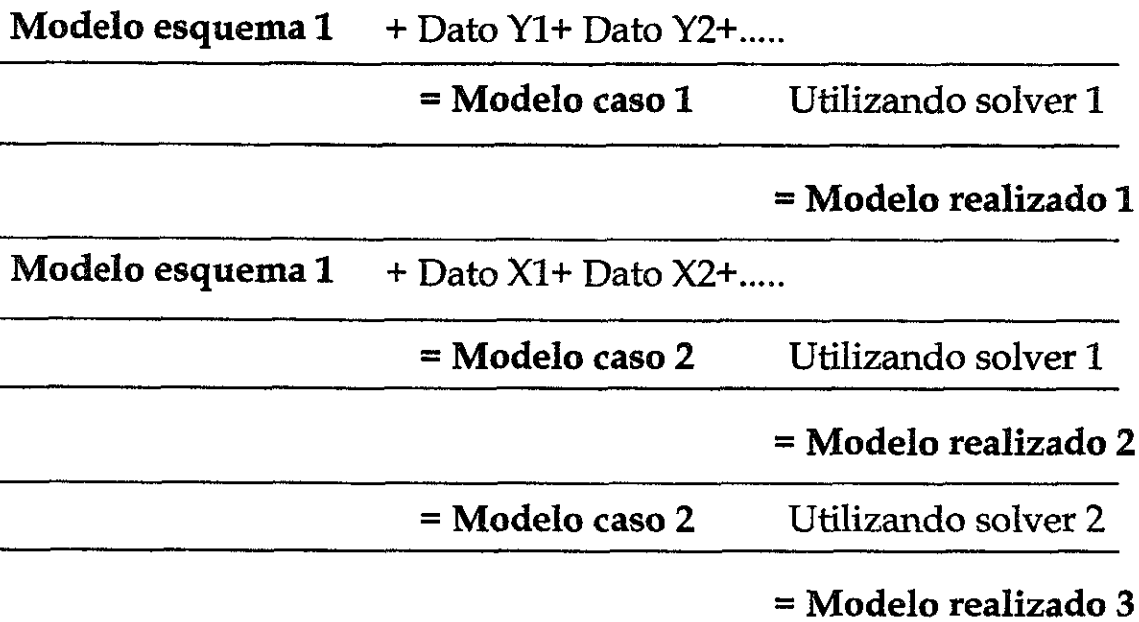


FIGURA 3 CLASIFICACIÓN DE MODELOS

Los concepto de modelos presentados en las Figura 1 y Figura 2, coinciden en la definición de una estructura interna o nivel interno, y en una externa o nivel externo; adicionalmente se tiene la definición de las siguientes características de un modelo: propósito, supuesto y analogías. Para el desarrollo de un SAM, se proponen las siguientes características para definir un modelo:

- (i) *Estructura interna*, encargada de definir la estructura y comportamiento del modelo, ésta explica las diversas propiedades del objeto o sistema;
- (ii) *Estructura externa*, encargada de la definición de los datos de entrada y salida del modelo;
- (iii) *Supuestos del modelo*, son la descripción de los supuestos considerados por el modelo para representar el objeto o sistema; esta descripción ayuda a la utilización y comprensión del modelo para usuarios no expertos en áreas de investigación de operaciones;
- (iv) *Propósito*, es el enunciado en donde se especifica para qué fines fue pensado el modelo, cuán bien sirve a los fines para los que se emplea, y cuán compleja y exacta es la representación que propone; y
- (v) *Analogías*, es el enunciado en donde se compara el modelo con otro sistema u objeto, en el que se observan propiedades y principios similares. Esta comparación tiene la finalidad de apoyar la interpretación del modelo.

En la definición de modelo anterior se conecta el punto de vista científico de un modelo con el punto de vista práctico definido en el área de cómputo. En adición a esta definición de modelo, el uso y construcción de modelos en áreas de IO/CA requiere la realización de un

conjunto ordenado de pasos o tareas (metodología de modelación); en la siguiente sección se presenta la descripción de los procesos necesarios para la construcción de modelos.

## 2.2. Metodología de modelación

El estructuramiento de problemas y el desarrollo de un tratamiento consistente para el proceso de toma de decisiones, es el objetivo del uso de modelos. Los pasos generales para la construcción y uso de modelos en áreas de IO/CA, deben entenderse si se desea desarrollar un sistema que apoye la administración de modelos. En esta sección se presentan dos metodologías: la primera propuesta por King (1988, 1989), es una metodología de uso general empleada en la construcción de modelos de áreas de IO/CA; esta metodología ha probado su utilidad en situaciones prácticas (King et. al. 1991). La segunda metodología analizada es la utilizada por Muhanna (1994), la cual presenta mayor énfasis en el uso de herramientas de cómputo.

La metodología empleada por King (1988, 1989) para el desarrollo de modelos, propone el uso de un esquema híbrido, compuesto de un modelado matemático y un modelado de tipo intuitivo (sistema experto, creatividad, entre otros), lo que permite ligar características cuantitativas y cualitativas del sistema u objeto en estudio.

Se parte del supuesto de que una metodología de modelación matemática es central para el éxito del desarrollo de un modelo aceptable y útil (King, 1991, 1989), pero no se descuida la importancia de la detección y definición de problemas, así como la revisión y seguimiento del modelo. Se añaden las etapas de planeación y auditoría de sistemas, como antecedentes necesarios cuando se aplique esta metodología de modelación. Aún más, como Checkland (1981) sugiere, una fase de prueba se debe realizar una vez que el modelo ha sido definido y especificado. En resumen, la metodología propone siete estados, ver Figura 4.



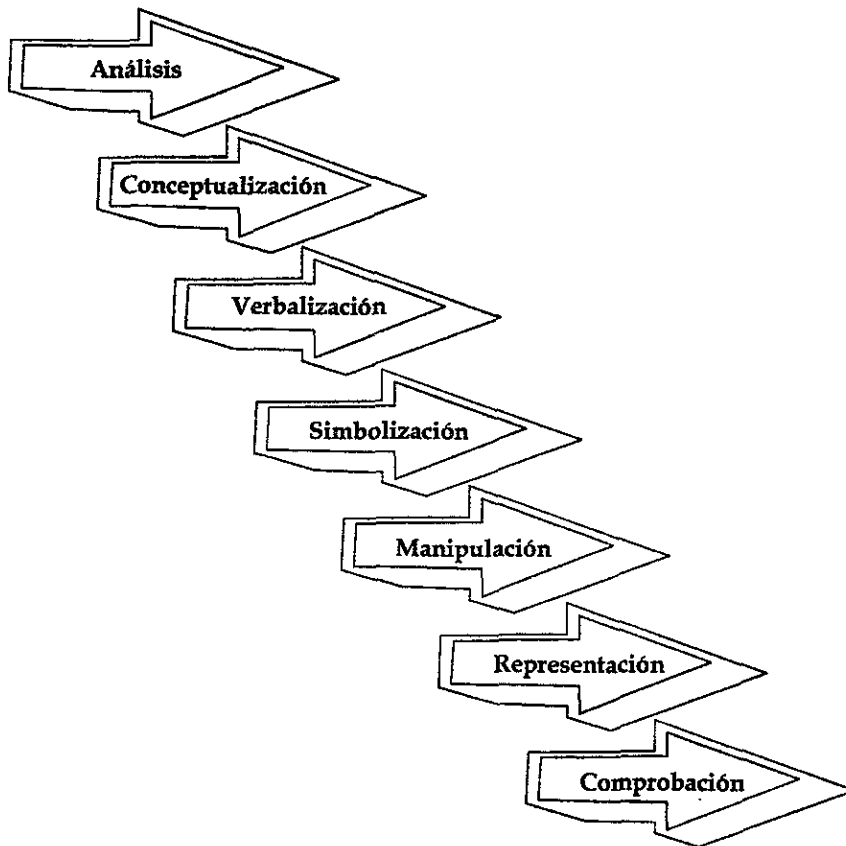


FIGURA 4 METODOLOGÍA DE MODELACIÓN (KING, 1991)

1. *Análisis y planeación.* Esta fase incluye las negociaciones con los representantes de la organización. Se establecen las prioridades de la organización y se identifica el problema o problemas que se desean resolver con el modelo. Se definen objetivos, metas, compromisos y tiempos.
2. *Conceptualización.* En esta fase se muestran los factores más importantes en términos de sistemas; asimismo, se identifican las relaciones existentes entre ellos de manera general y son representados gráficamente, si es posible.

Se piensa en términos de variables de entrada, relación entre variables, restricciones y las salidas. Por ejemplo, se puede iniciar a un determinado nivel estratégico o en un subsistema organizacional, determinando los factores que son considerados esenciales para las decisiones del subsistema o nivel estratégico. Las relaciones, las inconsistencias y los problemas son explorados a través de discusiones con los administradores hasta que las variables claves sean identificadas, agregadas y clasificadas.

3. *Verbalización.* En este punto las variables son listadas, clasificadas, y las restricciones expresadas. Se prepara una especificación verbal de las relaciones entre las variables y las restricciones. Con esta información se procede a la construcción de la especificación del modelo, en un lenguaje comprensible tanto para los administradores como para el modelador.

Esta fase se considera clave en el desarrollo del modelo; por lo tanto, se utiliza un proceso iterativo de perfeccionamiento para la especificación del modelo. Por ejemplo, el modelador expresa variables y sus relaciones para una particular decisión en términos simples, por ejemplo se puede redactar el enunciado de la especificación del modelo en español; se verifica con los administradores o directivos de la organización a través de consultas o reuniones; si no existe un acuerdo entre administradores y consultores, se reinicia este paso tres, hasta que los administradores den su aprobación. La verbalización puede realizarse de diversas maneras, por ejemplo:

- (i) *Modelación matemática.* Utilizando un lenguaje matemático, por ejemplo programación matemática, se proponen enunciados o ecuaciones con las variables cuantificables y sus interconexiones.
  - (ii) *Verificación de enunciados.* Se manejan y discuten con los administradores y consultores listas de conceptos e ideas clasificadas por sus características. Las discusiones se realizan pensando en los procesos de toma de decisiones de la organización.
4. *Simbolización.* Las relaciones verbales o matemáticas descritas en el estado tres, se convierten a una forma simbólica; esta representación encapsula al modelo verbal y/o algebraico y permite la manipulación de las características del problema.
  5. *Manipulación.* El modelo es reordenado para ofrecer una forma más apropiada de generación de resultados usando técnicas matemáticas y/o su implantación y ejecución en paquetes de cómputo. Esta manipulación se piensa en términos de los resultados cuantitativos y cualitativos:
    - (i) *Cuantitativos.* Los aspectos cuantitativos pueden ser manipulados mediante entradas de variables en una hoja de cálculo o en un sistema de cómputo que describa al modelo.
    - (ii) *Cualitativos.* Los aspectos cualitativos se pueden manipular empleando una clasificación dada por los administradores. Los administradores pueden cuestionar con base a sus estrategias de mercadotecnia y producción, y proporcionar una escala de calificación del uno al diez.
  6. *Presentación.* Se desarrolla la presentación del modelo de manera gráfica o en forma de un diagrama, algebraica o computarizada.
 

Por ejemplo, el modelo final presentado a una organización puede consistir de un grupo de módulos para finanzas, mercadotecnia, producción y estrategia. El módulo de finanzas es un modelo implantado en un sistema de cómputo, debido a que esta área se maneja en forma cuantitativa. Contrariamente, los módulos restantes emplean verificaciones de listas de preguntas las cuales pueden ser procesadas en una hoja de cálculo.
  7. *Comprobación.* Se evalúa que el modelo sea la representación deseada por sus usuarios, también se determina qué tanto ayuda al fin para el cual se realizó. Pruebas, inspecciones y reportes son preparados con esta finalidad.

Esta metodología hace énfasis en la importancia que tienen, tanto los aspectos cualitativos como los cuantitativos en la resolución de un problema o sistema en estudio. Se manifiesta la existencia de teorías particulares para atacar cada uno de los pasos de la metodología y se resalta la importancia que tiene la comunicación con los responsables de la toma de decisiones.

Por otro lado, en el área de sistemas para el apoyo de decisiones se han identificado las siguientes actividades para el ciclo de vida del desarrollo de modelos (Muhanna and Pick, 1994):

- (i) *Desarrollo de modelos.* En esta actividad se incluyen los paradigmas de selección, formulación, validación y verificación del modelo.
- (ii) *Almacenado del modelo.* Se refiere a la representación del modelo, tanto su descripción lógica como su almacenamiento físico.
- (iii) *Manipulación de modelos.* Esta actividad incluye la selección de modelos, el acceso a ellos, su síntesis e integración, la definición de modelos inminentes, la resolución de modelos, el análisis de resultados y la generación de reportes.
- (iv) *Control de modelos.* En esta actividad se realizan las siguientes funciones: administración de modelos, control de autorización de acceso, y mantenimiento de la consistencia e integridad de modelos.

Estas actividades ayudan a los tomadores de decisiones a ser más eficientes (Conway, 1963; Dijkstra, 1968). En la Figura 5 se muestran estas actividades en forma gráfica.

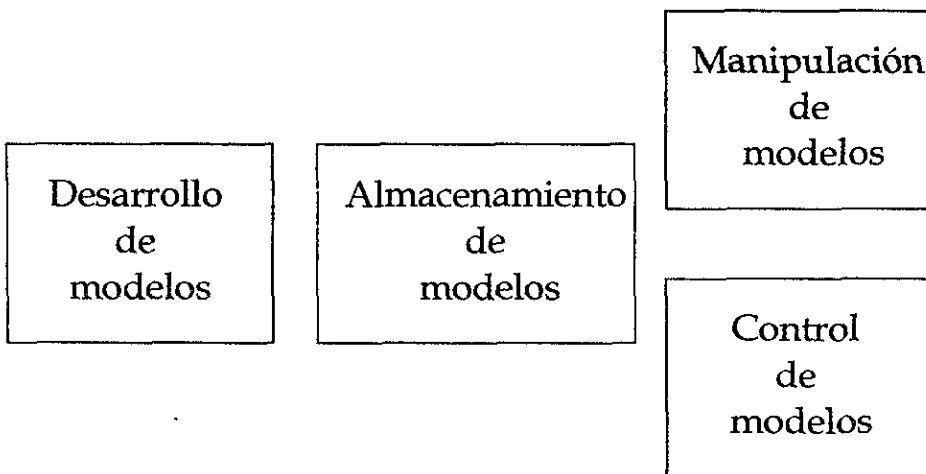


FIGURA 5 CICLO DE VIDA DEL DESARROLLO DE MODELOS  
(MUHANNA AND PICK, 1994)

Estas dos perspectivas proponen dos conjuntos de actividades diferentes para el desarrollo de modelos. La primera, es una perspectiva general enfocada más a la identificación y formulación de modelos como parte de un proceso de solución de problemas; los modelos pueden ser tanto de tipo cuantitativo como cualitativo. La segunda plantea el uso y

operación de modelos de tipo cuantitativo implantados en ambientes de cómputo. Es importante mencionar que el proceso de desarrollo de modelos propuesto por King (1991), remarca el arduo trabajo que se requiere para construir un modelo y la relación de éste con la resolución de problemas en una organización, así como el hecho de que en muchas ocasiones el éxito del modelo depende de factores humanos (comunicación, resistencia al cambio, entre otros) más que factores técnicos; la propuesta de Muhanna y Pick (1994) sugiere el uso de la computadora como herramienta de apoyo en la administración de modelos cuantitativos. Se recomienda contar con una metodología que abarque ambas perspectivas.

### 3. Sistemas de administración de modelos (SAM)

Para aumentar su productividad en el desarrollo y uso de modelos matemáticos, un número creciente de corporaciones están adoptando el uso de diversos lenguajes de modelación algebraica (LMA). Estos LMA han penetrado en diversas áreas de las organizaciones generando un nuevo reto: administrar efectivamente modelos que han sido diseñados y desarrollados con diferentes plataformas de modelado y ambientes de manipulación, pero que intentan resolver problemas de negocios similares.

El sistema de cómputo que intenta resolver esta situación, y otras relacionadas con el uso de modelos en ambientes organizacionales, se le nombró sistema de administración de modelos (SAM). Un SAM es un sistema de software que facilita el desarrollo, almacenamiento, manipulación, control y efectiva utilización de modelos dentro de una organización. Sus principales funciones son:

- (i) *Almacenamiento.* Esta función abarca las representaciones utilizadas para el almacenamiento del modelo, tanto desde el punto de vista lógico como físico.
- (ii) *Manipulación.* La manipulación de modelos incluye: la selección, consulta, síntesis e integración, especialización (modelos caso), solución, generación y análisis de resultados.
- (iii) *Control.* Las funciones que se consideran para el control de modelos son: administración de su configuración y evolución, control de autorizaciones de acceso y uso, y mantenimiento de su consistencia e integridad.

En resumen, un SAM es un sistema que proporciona apoyo para las diferentes fases del ciclo de vida de la modelación, de tipo cuantitativo; este tipo de sistema ofrece un ambiente integral de modelación que permite incrementar la productividad de los tomadores de decisiones, de los expertos en modelación y de los desarrolladores de sistemas para el apoyo de decisiones.

Al momento de la realización de este documento, no existe una implantación de un SAM, con las características antes mencionadas. Algunas de las causas de esta situación es la ausencia de un esquema conceptual general para la administración de modelos.

Para que la administración de los modelos alcance la importancia que en estos momentos presenta la administración de datos, y se fomente el desarrollo de metodologías para la administración de modelos, se requiere pensar al menos en dos factores (Muhanna et. al., 1994):

- (i) *Reconocimiento de la relevancia de los modelos.* Es necesario que las organizaciones reconozcan sus modelos como un recurso importante, el cual debe ser cuidado y utilizado de manera eficiente.
- (ii) *Alternativas para la representación de modelos.* Se debe contar con esquemas conceptuales que permitan un manejo equivalente al proporcionado por las representaciones para datos (modelo relacional, orientado a objetos, entidad-relación, etcétera.). Estos esquemas o representaciones son fundamentales en la implantación de un sistemas de administración de modelos (SAM).

Se han realizado varios esfuerzos para conceptualizar un SAM, pero no satisfactorios desde el punto de vista de la flexibilidad y los aspectos de la ejecución del modelo (Muhanna et. al., 1994), ésto es, no se ha logrado contar con un ambiente de modelación que permita representar diferentes LMA; también se ha detectado, en estos ambientes, deficiencias en la presentación y uso de comandos de manipulación de consulta. Por otro lado, estos sistemas cuentan con representaciones de modelos y procedimientos de ejecución de manera adecuada, pero utilizan únicamente su propio ambiente de modelación, mostrando un descuido en el uso y análisis de otros LMA existentes (Brooke et. al., 1988; Fourer et. al., 1990; Geoffrion, 1990).

Las investigaciones sobre administración de modelos durante la pasada década, estuvieron orientadas hacia compartir, almacenar, acceder y ejecutar modelos de programación matemática, lo que permitió desarrollar una estructura conceptual en donde en una simple entidad se representa tanto el modelo como sus datos.

En esta sección se presentan: primero, los principales conceptos y motivaciones que han promovido el desarrollo del concepto de SAM, sección 3.1; posteriormente, son expuestos tres enfoques utilizados para la conceptualización de un SAM: Enfoque de Sistemas, sección 3.2; Enfoque orientado a objetos sección 3.3; y Modelado estructurado, sección 3.4.

### 3.1. Conceptos y motivación

Existen discusiones en la literatura respecto a las dificultades actuales que enfrenta el proceso de modelación, así como también sobre las limitaciones de los ambientes tradicionales de modelación (Balci, 1986; Dolk, 1985, 1986; Gass, 1984, 1987; Geoffrion, 1987; Roth et. al., 1978; Sprague and Watson, 1975; Will, 1975). Las investigaciones coinciden en señalar la ausencia de un ambiente integral que proporcione una cobertura total al ciclo de vida del desarrollo de modelos. Las limitaciones actuales de los sistemas de modelación son en cuatro grandes áreas: administración de modelos, liga problema – modelo, liga modelo - modelo, liga modelo – datos. Estas limitaciones se definen como:

- (i) *Administración de modelos.* No existen en los actuales ambiente de modelación facilidades para acumular, compartir, y reutilizar modelos; ésto es importante si se desea la utilización del conocimiento intrínseco de los modelos. Los desarrolladores de modelos frecuentemente están reinventando o construyendo de la nada sus modelos. Unido a este problema está la ausencia de una disciplina y control de las actividades de modelación en las organizaciones. Esta situación es similar a la que se presentaba entre los años de 1950 y 1960 con la administración de datos (redundancia, inconsistencia, datos no compartidos, difícil manipulación, control de calidad pobre, ausencia de seguridad, dependencia programa – datos) (Dolk y Konsynsky, 1985). Un sistema que ayude tanto a la organización de modelos como a la coordinación de las actividades requeridas para su elaboración, reducirá la duplicidad en actividades, evitará prácticas divergentes y apoyará a mejorar su calidad.
- (ii) *Liga problema – modelo.* En los actuales ambientes de modelación, diferentes representaciones son utilizadas por el mismo modelo, de acuerdo a la actividad o cliente (Fourer, 1983). El paso de un problema real a su abstracción y su traducción a una solución en un ambiente de cómputo es una tarea difícil. La multiplicidad de representaciones produce redundancia de actividades y demanda diversas habilidades por parte del personal encargado del desarrollo del modelado. La validación y verificación de modelos se complica y origina que cualquier modificación sea una fuente potencial de inconsistencias.
- (iii) *Liga modelo – modelo.* Las actuales herramientas de modelación no soportan la composición de modelos. La composición de modelos es la interconexión (liga) de modelos resueltos de manera independiente; las salidas computarizadas de uno o más modelos son utilizadas como entradas (flujo de datos) a otros modelos. En los ambientes tradicionales de cómputo, los modelos se desarrollan como entidades independientes; ésto ocasiona, que la integración de modelos a través de la liga modelo – modelo, sea una tarea tediosa y propensa a errores, lo cual representa una deficiencia seria en el desarrollo de modelos. El uso de modelos existentes, como bloques, para construir nuevos modelos compuestos, ayuda a que nuevos modelos sean desarrollados con menor esfuerzo; aun más, la composición de modelos permite contar con un conjunto de modelos construidos estructuralmente; ésto es, los modelos más pequeños pueden ser construidos independientemente, validados, y entonces utilizados como componentes en modelos más grandes.
- (iv) *Liga modelo – dato.* Los sistemas tradicionales de modelación proporcionan poco soporte a los aspectos de administración de datos, de entrada y salida, que los procesos de modelación requieren; estos sistemas están más enfocados al manejo de modelos de casos individuales. Las salidas están usualmente disponibles en reportes con formatos predefinidos, con poco o nada de soporte para su exportación y/o almacenamiento en otros tipos de formatos, lo mismo sucede para los datos de entrada; esta situación, lógicamente, provoca dificultades en el manejo de datos.

En la Figura 6 se presentan en la primera columna los pasos para el desarrollo de modelos cuantitativos y en la segunda columna, las limitaciones antes mencionadas.


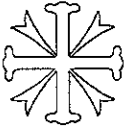
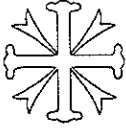

Ciclo de vida del desarrollo de modelos		Limitaciones actuales
Desarrollo de modelos		Liga problema - modelo
Almacenamiento de modelos		Liga modelo - modelo
Manipulación de modelos		Liga modelo - dato
Control de modelos		Administración de modelos

FIGURA 6 COMPARACIÓN ENTRE CICLO DE VIDA DE DESARROLLO DE MODELOS Y LIMITACIONES ACTUALES

Los trabajos de investigación sobre el desarrollo de sistemas para administrar modelos, han contribuido al entendimiento de los problemas, conceptos, y posibles soluciones a las dificultades que presenta la administración de modelos. Es manifiesto, que aún existen debilidades y limitaciones. Estas limitaciones pueden resumirse en los siguientes puntos:

- (i) *Ninguno de los prototipos desarrollados, abarca en su totalidad las fases del ciclo de vida de la modelación.* La mayoría de las alternativas presentan un énfasis en el almacenamiento y solución de modelos de IO/CA; se presta poca atención a compartir modelos, control de modelos, y evolución de su administración.
- (ii) *Las alternativas han sido reportadas a nivel conceptual.* Son pocas las propuestas que prestan atención a los problemas o alternativas para su implantación en un ambiente de cómputo.
- (iii) *El problema de la liga modelo - dato.* La administración de datos de entrada y salida es limitada; en la mayoría de los casos la transferencia de datos está condicionada al uso de formatos predefinidos por el sistema.

- (iv) *Reutilización y ensamble de modelos.* La reutilización y ensamble de modelos permanece sin ser explotada a su máximo. La descomposición y el uso de jerarquías son dos estrategias que los humanos utilizan para manejar la complejidad; ambas son fundamentales para analizar, diseñar, e implementar sistemas complejos. Desde la perspectiva de los usuarios, es más fácil conceptualizar, desarrollar y verificar modelos en forma jerárquica. Siempre que sea posible el modelador puede recordar soluciones a sub-problemas (acceso y extracción de submodelos prefabricados) y utilizarlos para la construcción en bloques en una integración de abajo - arriba.

Para atacar estas limitaciones de los sistemas de modelación, se proponen dos tipos de esquemas de modelación:

- (i) *Modelación en pequeño.* Éste está enfocado a la liga problema – modelo, la cual abarca las actividades de conceptualización, formulación, ejecución y validación de modelos definidos para objetivos particulares. Ejemplos de estos esfuerzos son Excel, Lotus, SAS, SPSS, los cuales se consideran limitados.
- (ii) *Modelación en grande.* Este esquema de modelación está enfocado a colocar el control de modelos como un recurso organizacional. En particular, el objetivo es la organización y administración de una base de modelos compartida; en síntesis, en este esquema se permite construir modelos a partir de componentes existentes reusables (liga modelo – modelo), apoya la liga modelo – dato, permite la integración de diferentes “solver”, y apoya la evolución y configuración de la administración tanto de los modelos como de sus datos.

En resumen, se puede decir que un SAM es la filosofía que entiende tanto el proceso de modelación como los procesos resultantes de éste, como:

- (i) *Recurso organizacional.* Los modelos, al igual que los datos, deben constituir un recurso organizacional que debe ser administrado como tal. Aun más, al igual que cualquier otro recurso, los modelos deben ser vistos desde la perspectiva organizacional y no dentro del contexto de una aplicación particular o de una subfunción dentro de la organización; y
- (ii) *Actividad crucial.* El desarrollo de modelos dentro de una organización debe entenderse como un conjunto de actividades que deben ser administradas, integradas, y coordinadas de manera de evitar duplicidad de esfuerzos, costos excesivos, inconsistencias, y decisiones no óptimas.

Se presentan a continuación, para su análisis, tres enfoques utilizados en el desarrollo de sistemas de administración de modelos (SAM): enfoque sistémico, orientado a objetos y modelado estructural.

### 3.2. Enfoque de Sistemas

Muhanna y Pick (1994) proponen el desarrollo de sistemas para la administración de modelos, empleando los conceptos empleados en la teoría de sistemas. Se propone un esquema de tipo sistémico para la representación de modelos, como una visión natural y



general que permite abarcar un amplio rango de modelos. Se utilizan gráficas orientadas, no procedurales, junto con un proceso de jerarquización para la síntesis de modelos. Este enfoque apoya un acercamiento a los problemas liga modelo – modelo y liga modelo – dato.

Los conceptos de teoría de sistemas proporcionan un esquema útil para entender y describir fenómenos (o procesos); por lo tanto, no es sorpresa que estos conceptos jueguen un papel crítico tanto en ciencias como en ingeniería. Un modelo visto como un sistema puede ser expresado de manera formal y sintetizada, a partir de la representación de sus principales elementos y la interacción entre éstos. El ver un modelo como un sistema es útil, porque permite emplear conceptos de sistemas y principios de estructuración, los cuales apoyan la administración de modelos. Este esquema puede servir como guía para el diseño efectivo de un sistema de administración de modelos flexible y extensible.

El esquema propuesto es un conjunto de metaconceptos de modelación, que intentan capturar la semántica de los modelos en un ambiente integral. Estos conceptos incluyen la noción de *modelo tipo*, *tipo especialización*, *modelos atómicos* y *versiones*, *modelos caso*, y *versiones con parámetros*. Muhanna y Pick, (1994) describen estos conceptos.

Cuatro aspectos son considerados aportaciones importantes para este enfoque:

- (i) *Identificación de conceptos fundamentales*. Se exponen claramente los conceptos fundamentales del proceso para el desarrollo de modelos y los principios relacionados con la administración de modelos;
- (ii) *Aplicación del concepto de metamodelación*. Se explican, desarrollan y utilizan los conceptos de meta modelación en la administración de modelos;
- (iii) *Síntesis de los conceptos de metamodelación*. Se presenta un esquema coherente y unificado para la administración de modelos;
- (iv) *Demostración práctica*. Se cuenta con un prototipo en donde se aplica la metodología.

En este enfoque se define un modelo como la especificación de un sistema. En esta especificación se describen los límites en donde el sistema presenta su interfaz, entorno o medio ambiente. La interfaz es un conjunto de puertos de entrada y de salida (variables endógenas). El modelo es visto como una caja negra, en el cual sus entradas y salidas son conocidas. El comportamiento del modelo, estructura interna, está disponible por inspección, si y sólo si esto es necesario. Esta propiedad permite especificar modelos compuestos, mediante el acoplamiento de modelos. El esquema soporta:

- (i) *Independencia modelo – “solver”*. La especificación del modelo (esquema del modelo) es independiente de su implantación (“solver”).
- (ii) *Independencia modelo – dato*. El esquema del modelo es independiente al conjunto de valores que pueden ser utilizados para especificar sus variables y coeficientes.

- (iii) *Definición de una estructura externa e interna.* La especificación del esquema del modelo está compuesta por la descripción de su estructura externa o interfaz, tipo de modelo, y la especificación su estructura interna o comportamiento del modelo.

Bajo esta concepción de modelo, se entiende como *esquema de modelo* a la especificación de una clase de sistema o problema. El *esquema de modelo* es el formalismo que describe los aspectos generales del sistema (problema) que se desean modelar. La estructura interna del esquema de modelo, son las relaciones que existen entre sus elementos y su comportamiento esperado; en otras palabras, es el conjunto de operaciones o transformaciones que el modelo debe realizar. Un “*solver*”, por su lado, es un programa ejecutable capaz de resolver un modelo específico (*modelo caso*). Un *modelo caso*, puede ser solucionado por diferentes “*solvers*”. Los *modelos caso* son neutrales con respecto al “*solver*”, ver Figura 3.

El SAM visto bajo esta perspectiva se entiende como un administrador de una colección de objetos que están semánticamente relacionados de diversas maneras. Estos objetos incluyen *modelos tipo* (de lo general a lo específico), *modelos versión* (atómicos y compuestos), *modelos caso*, y “*solvers*”. La relación entre estos objetos puede verse esquemáticamente en la Figura 7.

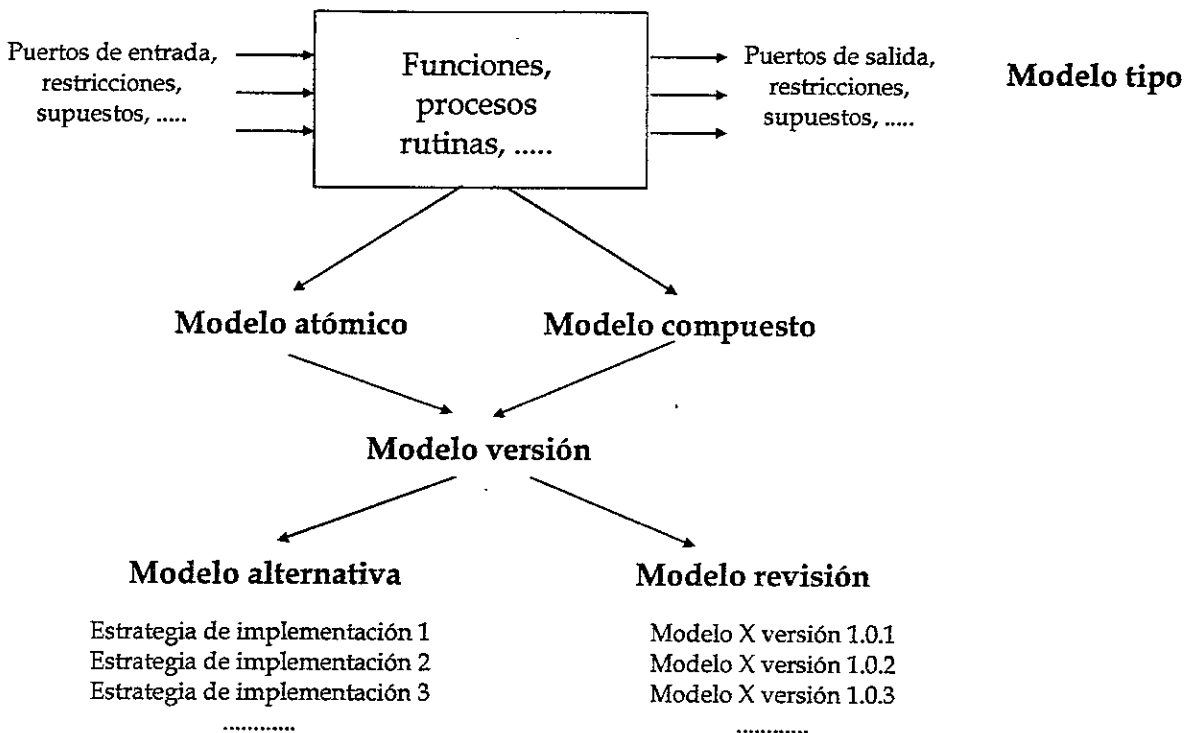


FIGURA 7 CLASIFICACIÓN DE ESQUEMAS DE MODELOS EN UN SAM

A continuación se describen los conceptos de modelo tipo, modelo atómico, modelo compuesto, modelo alternativo y modelo revisión.

**Modelos tipo.** Un *modelo tipo* describe cómo un esquema de modelo puede utilizarse. Por ejemplo, el modelo tipo transporte, describe las funciones principales que hacen esta clase de modelos así como las restricciones presentes en cada uno de sus puntos conexión, llamados puertos. La interfaz entre el modelo y su medio ambiente son sus puertos.

Bajo este esquema, los puertos asumen un papel dual: como medios para el envío de información al exterior y como receptores de los valores de las variables de entrada del modelo, respectivamente puertos de salida y entrada:

- (i) *Los puertos de entrada*, representan variables o condiciones que el medio ambiente proporciona al modelo.
- (ii) *Los puertos de salida*, están asociados con cada una de las variables endógenas o condiciones de control que el modelo proporciona a su medio ambiente.

A los puertos, al igual que a las variables en la mayoría de los lenguajes de programación, se les pueden asignar tipos. Un tipo de dato define la estructura del dato y/o las señales de control que se envían a través del puerto, así como el rango de valores que las variables asociadas con los puertos pueden tomar.

Mediante el uso del concepto de herencia un *modelo tipo* puede transformarse en un *modelo caso*. Por ejemplo, el modelo tipo general de pronóstico de la Figura 8 puede ser especializado para el cálculo del pronóstico de venta de carros.

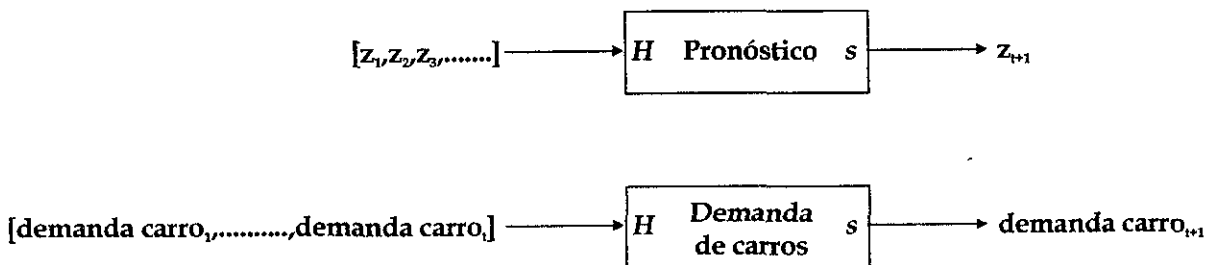


FIGURA 8 ESPECIALIZACIÓN DE UN MODELO TIPO DE PRONÓSTICO

**Modelos versión: alternativas y revisiones.** La generación de alternativas y revisiones de documentos, datos, programas y modelos es reconocido como una función importante en diversos dominios de aplicación tales como software, ingeniería (Ghiasedding, 1986; Rochking, 1975; Tichy, 1982) y sistemas de base de datos (Dittrich y Lorie, 1988; Katz y Lehman, 1984). Contar con esta función es importante si se desea construir un SAM efectivo. Al igual que otros procesos de diseño, el proceso de desarrollo de modelos tiende a ser iterativo y tentativo. Durante los estados de análisis y construcción, un desarrollador de modelos frecuentemente construye y experimenta con múltiples **alternativas de modelos**, para un fenómeno o problema particular. El desarrollador inicia con un modelo simple y posteriormente se mueve a uno de mayor complejidad, mayor detalle, o supuestos más realistas, **versión de modelo**. En la medida que se aprende más del sistema en estudio

o a medida que los objetivos cambian, frecuentemente se realizan cambios y mejoras a los modelos existentes.

**Versión de modelo.** Se especifica la estructura interna del modelo y su comportamiento y se define la relación entre sus elementos y el conjunto de operaciones que el modelo debe realizar. Un *modelo tipo* puede tener una o más versiones asociadas. Versiones de un modelo comparten una misma estructura externa (interfaz), pero pueden tener diferentes estructuras internas o exhibir diferente comportamiento, o ambos.

**Versión generalizada** (Batory y Kim, 1986). Este término se utiliza para describir la relación entre un modelo tipo y sus versiones. Un *tipo de modelo* es una abstracción de las características comunes que presentan sus diferentes versiones. Se distinguen dos familias de versiones de modelos:

- (i) *Alternativas.* Son versiones independientes de un modelo que corresponden a un *tipo de modelo* dado. Estas alternativas surgen del uso de estrategias diferentes para satisfacer los requerimientos funcionales de la abstracción del modelo.
- (ii) *Revisiones.* Son versiones resultado de modificaciones incrementales y/o mejoras a versiones de modelos existentes. Las revisiones pueden ser derivadas de viejas versiones.

**Modelo compuesto.** El desarrollo de alternativas y/o revisiones de modelos puede ser producto de una composición de modelos existentes. Un SAM efectivo debe proporcionar apoyo al desarrollo de modelos en forma modular y jerárquica; esta propiedad es reconocida como importante en el diseño general de sistemas.

La visión modular y jerárquica ofrecida por el esquema de teoría de sistemas facilita el reuso e integración de modelos, especialmente mediante la interconexión de los puertos de salida de un modelo con puertos de entrada de otro. Los modelos son ensamblados para formar modelos compuestos de mayor nivel jerárquico. Las versiones de modelos construidos de esta manera son llamados *modelos compuestos*; los modelos no generados a partir de otros modelos, son llamados *modelos atómicos*.

Un *modelo compuesto* puede ser utilizado como componente en la construcción de un nuevo modelo de un nivel más alto. La habilidad de acoplar modelos es significativa; basta pensar en sistemas físicos (problemas) definidos en términos de una red de sub-sistemas, que interactúan como componentes de una red isomórfica, ver Figura 9.

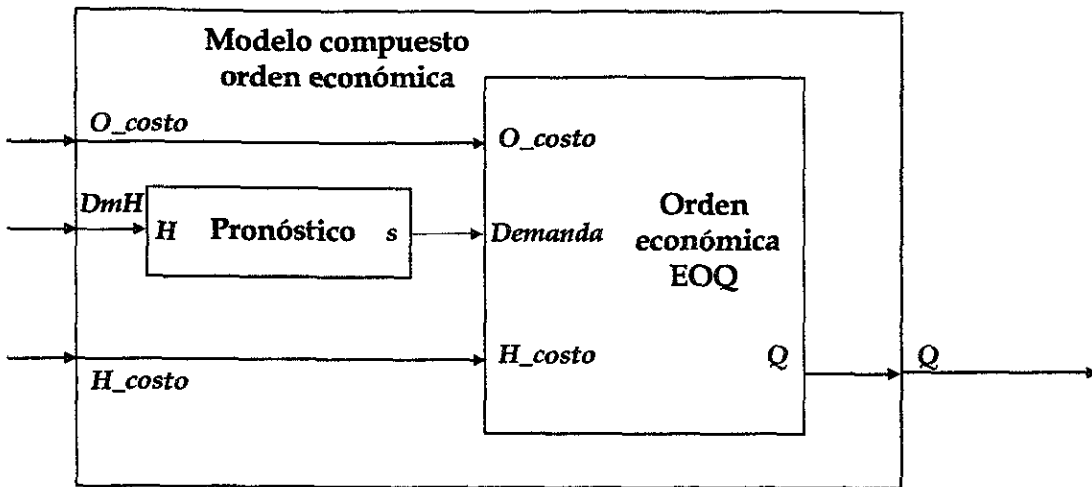


FIGURA 9 MODELO COMPUESTO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO Y UN MODELO EOQ

Para el desarrollo de un modelo compuesto, Muhanna y Pick (1994) utilizan un esquema de configuración, compuesto por un sub-esquema de acoplamiento (SEA) y un sub-esquema de interfaz (SEI).

- (i) *Subesquema de acoplamiento (SEA)*. En éste se especifica la topología de la red de los componentes del modelo; la topología puede ser vista como una gráfica multi dirigida, en donde los nodos representan modelos casos, compuestos, versiones y tipos. Las aristas representan las ligas de comunicación entre los puertos de salida de unos modelos con los puertos de entrada de otros.
- (ii) *Subesquema de la interfaz (SEI)*. Mediante la definición de los puertos de entrada y salida (interfaz externa) del modelo compuesto, se ve al modelo como un nodo simple.

No obstante que la agregación es más que la agrupación de conceptos: ésta captura la topología de los componentes acoplados. La agregación de modelos permite ver un modelo compuesto a dos niveles de abstracción: a nivel de interfaz, donde las características externas del modelo compuesto son las mismas que las de un modelo atómico; y a nivel interno, en donde sus componentes individuales e interconexiones son visibles.

En conclusión, las ventajas de este esquema son:

- (i) *Concepto de metamodelo*. El esquema está basado en un conjunto de meta conceptos de modelos (tipos de modelos, tipo generalización, versiones atómicas y compuestas, versiones parametrizadas y versiones específicas), los cuales son útiles para capturar la esencia de la actividad de modelación en un ambiente integral.
- (ii) *Reutilización de modelos*. Permite la reutilización de modelos en un variedad de situaciones de decisión y modelación. Ver modelos como un sistema promete la reutilización de modelos, así también ofrece un proceso de modelación claro y

estructurado. La habilidad de poder construir modelos grandes a partir de la composición de modelos existentes, puede jugar un papel importante para mejorar la productividad del ambiente de modelación.

- (iii) *Solución a dos problemas fundamentales en la administración de modelos.* La conceptualización de un modelo como un sistema, permite manejar las relaciones modelo-modelo y modelo-datos, en forma natural. Se promueve la independencia entre el modelo y sus datos, y el modelo y el “solver” en donde se ejecuta.
- (iv) *Vista uniforme.* El esquema propuesto permite acoplar modelos de diferentes tradiciones de modelación (por ejemplo, IO/CA, administración de datos, IA).
- (v) *Representación gráfica de modelos compuestos.* Se sugiere el uso de un ambiente en donde el usuario trabaje con gráficas dirigidas (no texto) para la especificación, modificación, y solución de modelos compuestos. El desarrollador e incluso el tomador de decisiones, pueden construir nuevos modelos compuestos simplemente acoplando una colección de modelos existentes.

### 3.2.1. Arquitectura

La arquitectura del SAM conceptualizado bajo este enfoque fue nombrada SYMSS (Muhanna y Pick, 1994). Se argumenta que este sistema proporciona las facilidades necesarias para la definición de tipos de modelos y versiones. Así también el sistema cuenta con funciones que apoyan el almacenamiento, extracción, administración, control, construcción, ejecución de modelos (compuestos, versiones, etcétera), sin descuidar la integración de “solvers”.

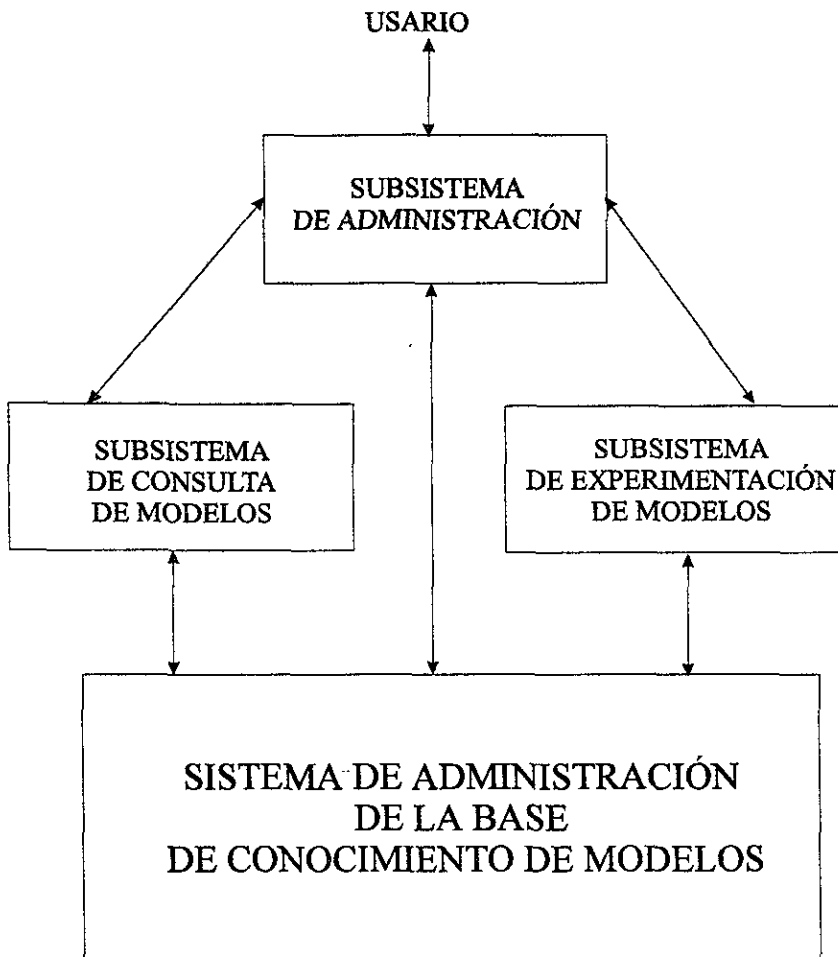


FIGURA 10. ESQUEMA TIPO DE UN SAM (MUHANNA Y PICK, 1994)

En la Figura 10, se ilustra la arquitectura del SYMMS. Este SAM está compuesto de cuatro subsistemas: el subsistema de administración de la base de conocimiento de modelos (SABCM), subsistema de consulta de modelos (SCM), subsistema de experimentación de modelos (SEM) y el subsistema de administración (SA). Cada uno de estos subsistemas está caracterizado por un conjunto de funciones; estas funciones se describen a continuación.

**Subsistema de administración de la base de conocimiento de modelos (SABCM).** Es una base de conocimiento acerca de los modelos (BCM), esta base es el corazón de la información de modelos. La información se comparte y se actualiza de tal manera que se puede garantizar la consistencia de la base. El BCM es para el SABCM lo que una base de datos para un DBMS. Funcionalmente, existen similitudes entre un DBMS y un SABCM; en particular, ambos proporcionan funciones de almacenamiento, extracción, control del acceso concurrente de operaciones y seguridad en la recuperación del sistema en caso de fallas.

**Subsistema de consulta de modelos (SCM).** Este componente ofrece una interfaz de consulta para los diferentes usuarios del SAM, ayuda a la localización y selección de modelos que pudieran satisfacer sus necesidades. Los usuarios pueden localizar modelos y su documentación en línea por diferentes medios, y no únicamente por el nombre. Estos medios son:

- (i) *Menús*, el sistema cuenta con una interfaz con menús, la cual permite navegar a través de los índices jerarquizados; estos índices catalogan los modelos disponibles por tipo de problema, metodología de modelación, teoría, y posiblemente por funciones organizacionales y niveles;
- (ii) *Razonamiento*, se comenta que el sistema cuenta con un mecanismo de búsqueda que utiliza reglas de inferencia. Se puede dar respuesta a cuestiones como: dado un conjunto de datos de entrada ¿qué respuestas pueden ser obtenidas y qué modelos pueden ser utilizados?;
- (iii) *Antecedentes*, existe un mecanismo similar al mencionado en el inciso anterior para la búsqueda por antecedentes. Se da respuesta a preguntas de la siguiente naturaleza: ¿qué entradas son necesarias y qué conjunto de modelos son necesarios para obtener un conjunto de salidas determinadas?

Adicionalmente, los usuarios pueden realizar preguntas acerca de relaciones entre tipos de modelos y sus versiones. Ejemplos de tales consultas son: lista todos los modelos que sean la especialización un tipo de modelo dado, lista todas las versiones disponibles de un tipo de modelo dado; y busca todas las versiones compuestas del modelo que directa o indirectamente usa otro modelo.

**Subsistema de experimentación de modelos (SEM).** El SEM facilita la especificación y ejecución de modelos. Este subsistema es un ambiente de ejecución, con características particulares que ayuda al desarrollo y utilización de modelos. Proporciona los medios para la entrada de parámetros, ofrece diálogos para la administración, especificación, ejecución automática, sincronización y comunicación entre modelos.

**Subsistema de administración (SA).** Por último el sistema cuenta con un subsistema de administración de los recursos del sistema (SABCM, SCM Y SEM), el cual proporciona la interfaz general para los usuarios del sistema.

### 3.3. Enfoque orientado a objetos

Huh y Chung (1995) proponen utilizar un enfoque orientado a objetos para el desarrollo de un SAM, se presupone la existencia de modelos implementados dentro de la organización en diversos LMA. Estos modelos requieren ser administrados para mejorar su eficiencia. Se presenta un esquema para la administración de modelos que facilita la captura, representación y manipulación de modelos algebraicos escritos en diversos LMA.

Se argumenta que la aceptación de los diferentes LMA, es atribuida a sus méritos inherentes, tales como: amigabilidad con los usuarios, esquemas intuitivos de



representación de modelos basado en una notación algebraica, y mecanismos convenientes para el desarrollo y ejecución de modelos.

El uso de los LMA proporciona beneficios al apoyo de toma de decisiones debido a:

- (i) *Conocimiento experto.* Los modelos algebraicos son considerados como un activo importante para la organización, que puede formalmente consolidar el conocimiento experto acerca de diversos problemas del negocios con sus respectivas alternativas de solución, y
- (ii) *Utilización de modelos.* Los LMA contemporáneos proporcionan un apoyo significativo en diversos dominios del conocimiento, mediante el uso de modelos financieros, económicos, logísticos, etcétera.

El uso de este esquema propone los siguientes objetivos:

- (i) *Ordenamiento de modelos.* Se ofrece una forma general y uniforme para clasificar y ordenar modelos desarrollados en diferentes LMA;
- (ii) *Implantación del concepto de modelado genérico.* Se utilizan los conceptos e ideas de la metodología de orientados a objetos, en el desarrollo de un sistema administrador de modelos, así como su implantación en una administrador de base de datos orientado a objetos (ODBMS); e
- (iii) *Integración de las bases de modelos, "solvers", y datos.* Se conceptualiza y desarrolla una base de datos en donde se integra información de modelos, datos y "solvers", con el propósito de ofrecer a los usuarios una manipulación dinámica de modelos.

El aprovechamiento propone un ambiente de administración de modelos con los siguientes beneficios:

- (i) *Incorporación de diferentes LMA.* El esquema ofrece las bases conceptuales para la incorporación de diferentes LMA, se utiliza el concepto de modelado genérico junto con una representación canónica para cada modelo;
- (ii) *Consolidación de un esquema de administración de modelos.* El esquema envuelve los conceptos fundamentales del modelado genérico, lo que permite tener en un simple formalismo, base de datos, modelos, y "solvers" asociados. Para la implantación y operación de este esquema se utiliza un sistema de administración de base de datos orientada a objetos; y
- (iii) *Estandarización de comandos para la administración de modelos.* La utilización del lenguaje de consulta de una base de datos, permite al esquema proporcionar comandos uniformes de administración de modelos desarrollados en diferentes LMA.

### 3.3.1. El concepto de modelado genérico

Un modelo genérico es la representación de un modelo, desarrollado en algún LMA, como una abstracción de un problema del mundo real. El modelo genérico contiene componentes u objetos, cada uno caracterizado por un tipo de modelo genérico. Para la interfaz externa, intercambio de datos, el modelo genérico utiliza un conjunto de puertos para realizar el intercambio de flujo de información con su medio ambiente; por ejemplo, con usuarios, modeladores y bases de datos.

Los puertos están caracterizados por un tipo, un nombre único, y conjuntos de atributos y funciones que describen su operación. A los puertos se les pueden asociar expresiones algebraicas o valores de datos. Existen tres tipos de puertos para realizar este intercambio de datos:

- (i) *Puertos de entrada.* Estos puertos son los encargados de suministrar datos al modelo;
- (ii) *Puertos de salida.* Son los encargados de enviar los datos generados por el modelo a su entorno (resultados esperados): y
- (iii) *Puertos intermedios.* Son los encargados del intercambio de resultados parciales y cualquier otro tipo de restricción entre los componentes del modelo.

Los puertos son agrupados para formar estructuras lógicas de mayor nivel llamadas módulos; por ejemplo, un conjunto de parámetros. Así mismo, los módulos pueden ser integrados para formar otros módulos de nivel más alto. De esta forma, un modelo genérico puede ser visto como el nivel más alto de agregación de un conjunto de módulos, que a su vez están compuestos de un conjunto de puertos y posiblemente módulos de menor nivel.

Por su lado, la interfaz externa de un modelo genérico es la vista simplificada y única del modelo. Presenta el escenario de información en donde operará el modelo, los datos requeridos y el tipo de resultados esperados, ver Figura 11.



En la Figura 12 se muestra esquemáticamente el desarrollo de un sistema de administración de modelos, bajo este enfoque.

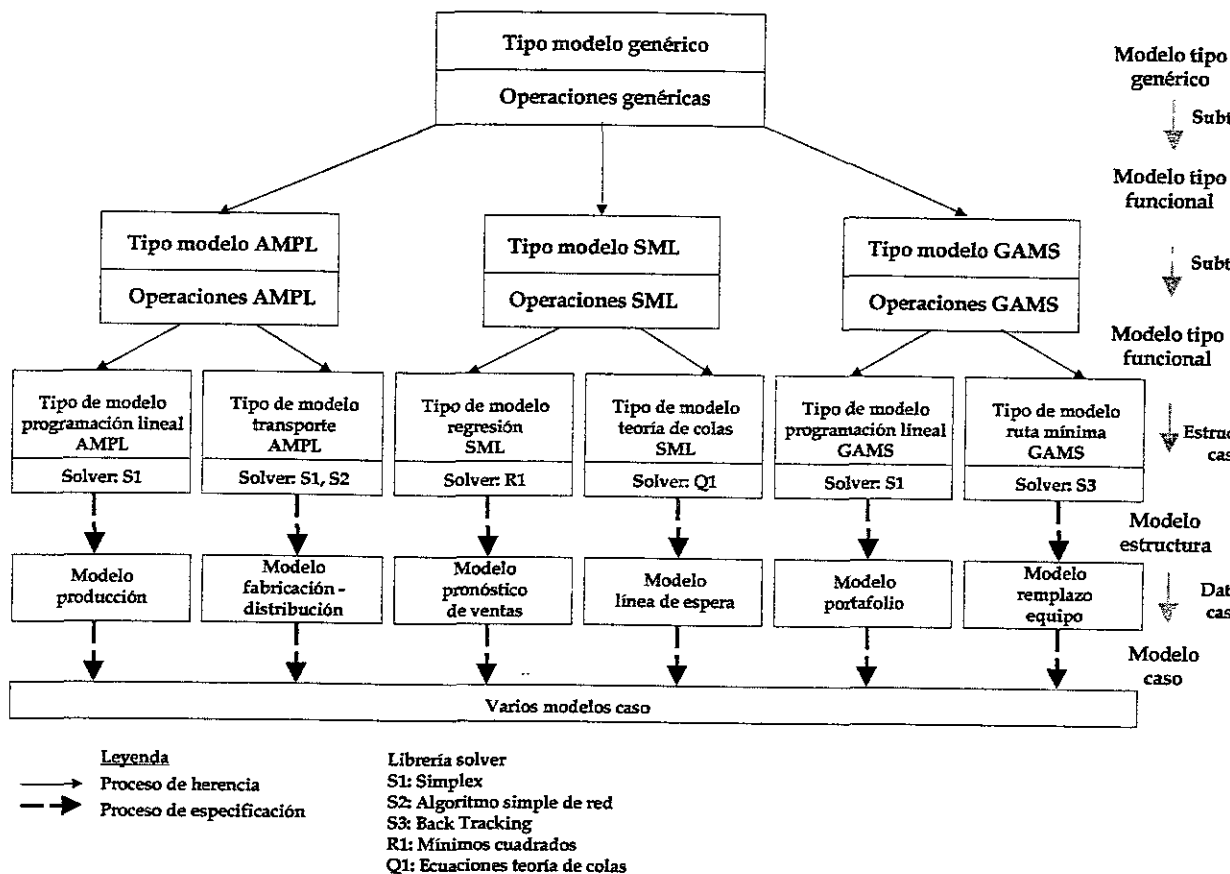


FIGURA 12 ESQUEMA PROPUESTO POR (HUH Y CHUNG, 1995)

Un modelo, bajo este enfoque, está compuesto por tres tipos de objetos genéricos: modelo tipo genérico, módulo tipo, y puerto tipo, y dos subtipos: tipos de modelos funcionales y tipos de puertos especializados. La esencia de la definición del esquema de desarrollo de un SAM bajo esta perspectiva está sustentada en las definiciones de *modelo tipo genérico* y *módulo tipo*.

**Modelo tipo genérico.** Es el super tipo de los tipos de modelos funcionales, este tipo de modelo está compuesto de seis atributos, ver Tabla 1. Los atributos *nombre* y *comentarios* proporcionan, respectivamente, el identificador y una descripción narrativa del modelo. Para la vista interna del modelo, el atributo *tipo módulo*, como un objeto atributo multi valuado, ordena a un conjunto de módulos; especialmente módulos de GAMS, AMPL y SML.

**Módulo tipo.** La definición de un *módulo tipo* ayuda a capturar bloques intermedios de construcción. Un módulo tipo es la agregación de un conjunto de puertos y sus módulos hijos, e indica la conexión al módulo superior al que pertenecen. El atributo módulo del *módulo tipo* proporciona una referencia inversa para sus módulos padres.

En la Tabla 1, se muestra la especificación de estos tipos y en la Figura 13 se observa esquemáticamente la interacción entre estos tipos de objetos.

TABLA 1 DEFINICIÓN DE OBJETOS TIPOS EN EL CONCEPTO DE MODELO GENÉRICO (HUH Y CHUNG, 1995)

Tipo Objeto	Definición de Tipo
Modelo tipo genérico	Define tipo <b>TipoModeloGenérico</b> ( <u>estructura</u> cadena de caracteres: nombre; cadena de caracteres: comentarios; lista de TipoMódulo: módulo tipo <b>inverso</b> módulo ModuleType; lista de PortType: entrada, salida, intermedio; lista de cadena de caracteres: solvers <u>operaciones</u>  GenericModelType(nombre); MuestraInterna(); MuestraExterna(); despliega(); convierte(); solve(); solve(solverNonmbre); Tipo()) Ajustable Ajustable Ajustable
Módulo tipo	Define tipo <b>TipoMódulo</b> ( <u>estructura</u> cadena de caracteres: nombre; cadena de caracteres: comentarios; TipoModeloGenérico: modelo <b>inverso</b> módulo GenericModelType; lista de TipoPuerto: por <b>inverso</b> módulo PortType; Módulo tipo: MóduloPadre <b>inverso</b> MóduloHijo; lista de TipoMódulo: MóduloHijo <b>inverso</b> MóduloPadre; <u>operaciones</u>  ModuloTipo(nombre); ModuloTipo(nombre, modelo); ModuloTipo(name,puerto); MuestraModuloInterna()) Ajustable
Puerto tipo	Define tipo <b>TipoPuerto</b> ( <u>estructura</u> cadena de caracteres: nombre, comentarios; TipoMódulo: módulo <b>inverso</b> puerto de ModuleType; cadena de caracteres: tipo, unidades; conjunto de cadena de caracteres: expresión; lista de TipoPuerto índice; estado: iostate; DatoTipo: dato; <u>Operaciones</u>  PuertoTipo(nombre); PuertoTipo(nombre,comentario,módulo,tpo); MuestraDependencia(); AsignaDato(int, int, list of real); AsignaDato(int, int, list of string); RecibeDato(); RecibeDato(type, range)) Ajustable
Dato tipo	Define <b>TipoDato</b> ( <u>estructura</u> int: lastLabel,; arreglo[] de cadena de caracteres: label; int: row,col; arreglo[] de reales: valor; <u>operaciones</u>  DatoTipo(string))

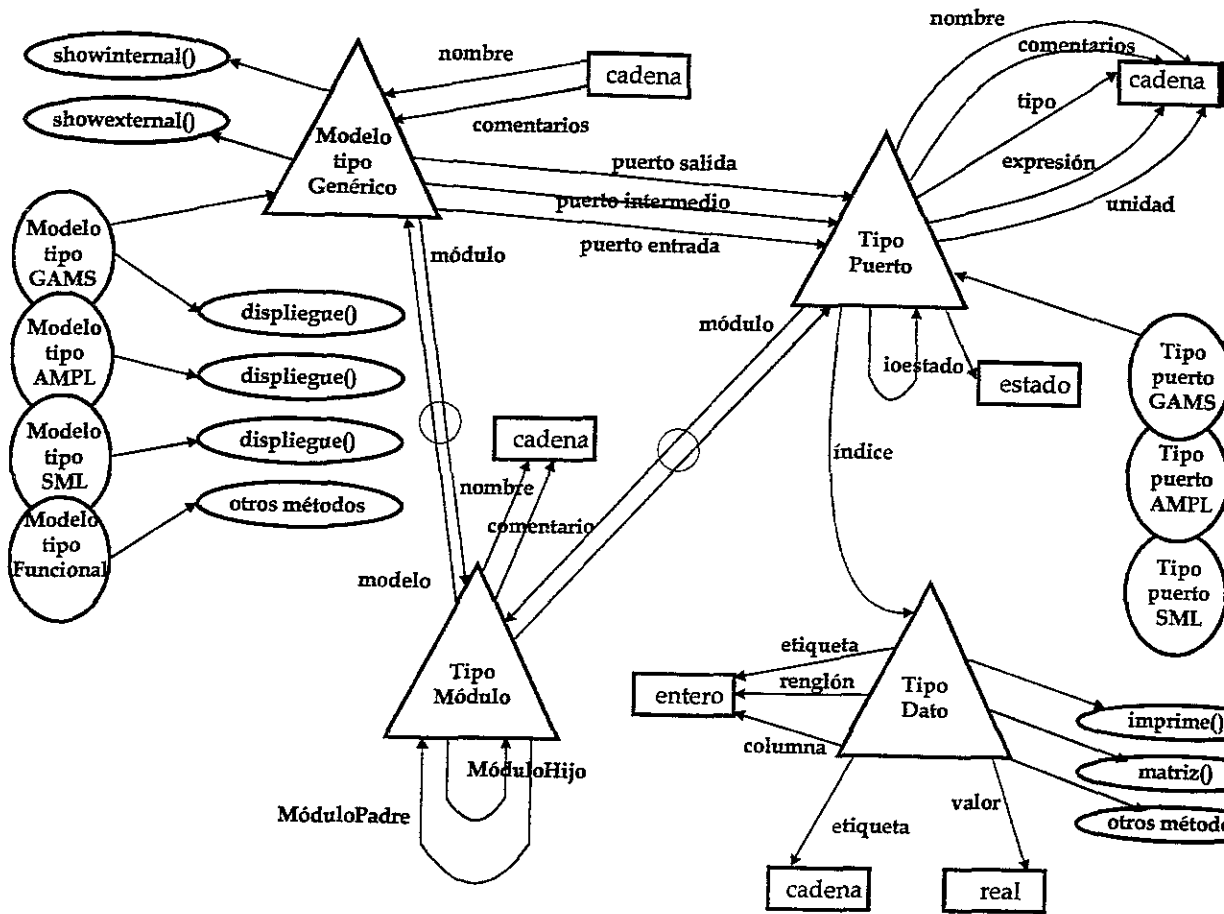


FIGURA 13 ESQUEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE MODELOS ORIENTADO A OBJETOS (HUH Y CHUNG, 1995)

Algunos comentarios relacionados con este enfoque para la construcción de un administrador de modelos son: a) como los mismos autores afirman, se presupone la existencia de modelos ya desarrollados en algún LMA, lo que afecta en gran medida el desarrollo y validación de nuevos modelos; b) Huh y Chung (1995) hacen únicamente una presentación conceptual del problema, por lo que no se discuten los problemas que se pudieran presentar en la implantación del esquema, así como sugerencias a la estructura del sistema de administración de modelos.

### 3.4. Modelado estructurado

En los años 1980 la mayoría de los esfuerzos de investigación en disciplinas de IO/CA fueron enfocados al desarrollo e implantación de metodologías que apoyaran la búsqueda más eficiente a soluciones de problemas. Los aspectos humanos del proceso de modelación, tales como la construcción del modelo, su representación, manipulación y administración fueron relegadas a un segundo término. El modelado estructurado propuesto por Geoffrion (1987), y descrito en el capítulo 1, tiene la finalidad de proporcionar un esquema de apoyo a la totalidad de las fases del proceso de modelación; esta metodología propone el uso de una representación simple de un modelo, la cual permite identificar las necesidades del usuario

final y facilita la ejecución del modelo en un ambiente de cómputo. Este esquema de modelación, y conceptos asociados con él, permiten concebir, representar, manipular y administrar una amplia variedad de modelos.

El proceso de modelación consiste de un ciclo que abarca la concepción, formulación, manipulación y uso del modelo, así como eventualmente su terminación. Estas diferentes fases del ciclo de vida del proceso de modelación requieren de diferentes tipos de representación; por ejemplo, una descripción cualitativa del problema, una formulación matemática del modelo solución, una representación gráfica del modelo, entre otras. Geoffrion (1987) propone ver al proceso de modelación como la transformación de una representación a otra.

El modelado estructural proporciona un esquema matemático para la concepción, representación y manipulación de una amplia variedad de modelos del área de IO/CA, basado en el uso de un ambiente de cómputo.

Dos áreas que se han trabajado en relación al modelado estructurado son:

- (i) *Refinamiento y adaptación.* Esta se ha enfocado al refinamiento y adaptación de los conceptos del modelado estructurado en diferentes dominios de aplicación; por ejemplo, finanzas, economía, logística, entre otras. (Neustadter, 1992; Ramirez y Lin, 1993; Bradley y Clemence, 1987; Hamacher 1993); e
- (ii) *Implantación en un ambiente de cómputo.* Se han desarrollado sistemas de cómputo en donde los conceptos del modelado estructurado están implementados. Los esfuerzos de desarrollo de sistemas de cómputo, ha recibido, comparativamente con el inciso anterior, menos atención.

Yeo y Hu (1997) presentan una propuesta de la implantación del modelado estructural en un ambiente de cómputo. Proponen cuatro fases sustantivas para la construcción de su esquema: *selección y construcción de modelos, presentación de modelos, manipulación de modelos y administración de recursos.* Estas fases actúan en unión con herramientas de apoyo (hojas de cálculo, bases de datos, aplicaciones OLAP, etcétera.), ver Figura 14.

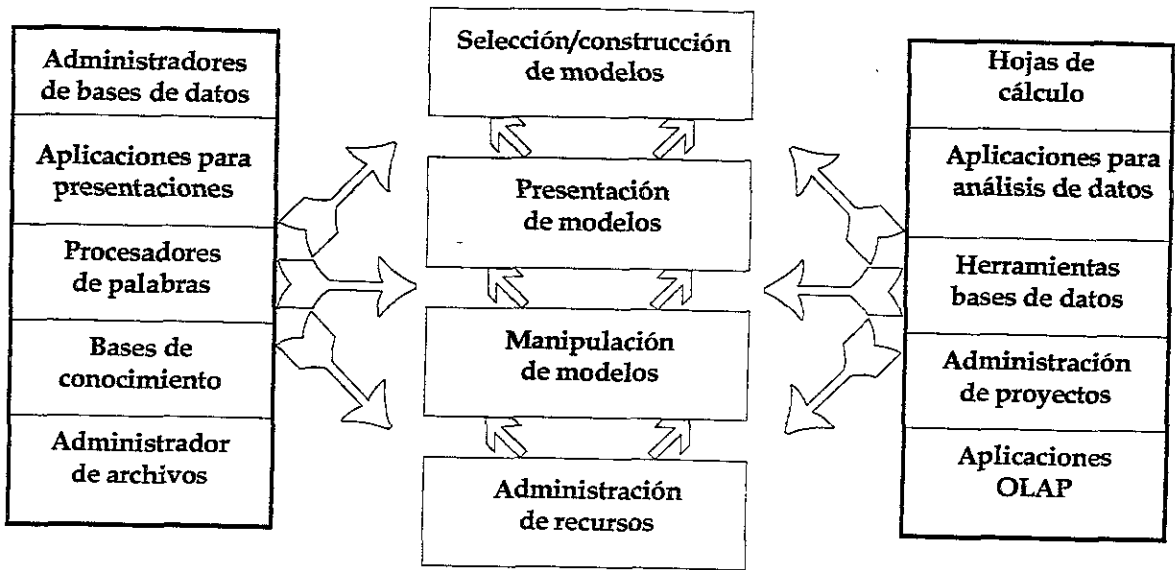


FIGURA 14 ESQUEMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELADO ESTRUCTURADO EN UN AMBIENTE DE CÓMPUTO (YEO HU, 1997)

La descripción de cada una de las cuatro fases propuesta por Yeo y Hu (1997), se presenta a continuación:

**Selección o construcción del modelo.** En esta fase del proceso de modelación, existen, al menos, dos aspectos de implantación que deben ser considerados: *descripción de los requerimientos del usuario y construcción y administración de una base de conocimiento*:

- i) *La descripción de los requerimientos de los usuarios de modelos.* Esta descripción debe ser expresada en un lenguaje de representación simple. Mannino (1988) propone tres niveles de requerimientos, *modelo tipo, modelo template y modelo caso*. Banerjee (1993), por su parte, propone una jerarquización de cuatro niveles: nivel objetivo, nivel estructura, nivel caso y nivel "solver". Independientemente del número de niveles de requerimientos, el problema está en la conversión de los requerimientos del modelo de los usuarios al diseño del modelo solución, ésta es una tarea difícil, incluso para modeladores expertos. El esquema ofrece funciones que realizan la conversión automatizada de la descripción del problema al diseño del modelo solución.
- ii) *Construcción y administración de una base de conocimiento.* Es importante, tanto para la selección como para la construcción de un modelo, contar con una base de conocimiento. Para que esta base de conocimiento sea considerada exitosa en la selección y construcción de modelos, debe ser aplicable a una amplia variedad de modelos del área de IO/CA. Este enfoque propone que se construya una base de conocimiento de modelos.



**Presentación de modelos.** La presentación de modelos debe ser en la forma más natural e intuitiva para los usuarios. El uso del LME, propuesto por Geoffrion (1987), se utiliza para esta representación.

Se desarrolla una interfaz, para la explotación de los modelos y sus componentes, que utiliza la representación gráfica del modelo estructurado. También se cuenta con un esquema basado en un lenguaje tipo texto como apoyo de esta representación gráfica. El uso de la interfaz gráfica ayuda tanto a los usuarios técnicos como no técnicos en la construcción de modelos.

La representación visual está basada en gráficas de modelos; Jones (1996) recomienda se desarrolle un lenguaje de modelación visual. Este lenguaje incrementará el nivel de “compromiso semántico” entre el usuario y su computadora (Jones, 1996). El diseño y construcción de un ambiente gráfico es importante para mejorar el acceso a los elementos visuales que componen el modelo, así como para su construcción. El aprendizaje de este lenguaje visual deberá ser fácil e intuitivo.

**Manipulación de modelos.** Para el tomador de decisiones, la selección o construcción de modelos, es de poco beneficio si no existen beneficios adicionales que puedan ser percibidos en la solución de sus problemas. Esto es, el tomador de decisiones está interesado en sus modelos, resolverlos, su integración, pero lo más importante para él es poder realizar análisis con ellos, y obtener resultados que no podría conseguir de otra manera. Las actividades para el manejo de modelos están agrupadas dentro las siguientes funciones:

- (i) *Especificación de modelos (modelos casos).* La especificación de modelos se refiere a la asociación de esquemas de modelos clase a un problema particular, de manera, que el modelo caso, para un problema particular, pueda ser generado.
- (ii) *Solución de modelo.* La solución de un modelo caso necesita de la invocación de un tipo de “solver”. El proceso de selección del “solver” puede ser de alguna manera similar al proceso de selección de un modelo. El “solver” y el modelo comparten la misma base de conocimiento; el conocimiento acerca de un modelo particular puede ayudar en la selección del “solver” ha utilizar, para la ejecución del mismo. El reto verdadero está en el diseño de la interfaz que permita la interacción entre esquemas de modelos estructurados y “solver”. El problema es análogo a escribir diferentes compiladores para diferentes plataformas.
- (iii) *Integración de modelos.* La integración de modelos individuales, a nivel operativo, es necesaria para expandir su utilidad y su administración, en los niveles de control y estrategia para un tomador de decisiones, como lo identificó Dolk (1993). Por otro lado, Goeffrion (1994) propone dos niveles de integración: *integración profunda*, la cual es la combinación de dos o más modelos que producen un nuevo modelo, e *integración funcional*, en donde una liga computacional es definida entre modelos sin crear un nuevo modelo. También se ha reconocido (Geoffrion, 1994; Dolk, 1993) que la integración es una tarea realmente difícil para ser completamente automatizada, sin intervención humana, y se cuestiona qué tanto puede ser

automatizada. Se recomienda contar con una interfaz gráfica, de representación de modelos, en donde sea posible realizar la integración de modelos automáticamente, consistente con el aprovechamiento empleado en el lenguaje de modelado estructural, junto con mecanismos y/o herramientas que permitan la integración de modelos en forma manual.

- (iv) *Análisis de modelos.* La habilidad de administrar el uso y las actividades involucradas en el proceso de modelación, contribuye a hacer más eficiente el trabajo del tomador de decisiones.

**Administración de los recursos.** Esta capa está formada por un conjunto de módulos y/o funciones integradas, los cuales proporcionan a los usuarios los servicios necesarios para el uso eficiente de los recursos del sistema. El módulo es una capa intermedia entre la aplicación del usuario y la base de datos donde los recursos de modelación son almacenados, ver Figura 14. Sus principales funciones son:

- (i) *Selección.* Se cuenta con procedimientos para la selección de las entidades de la base o librería de modelos.
- (ii) *Consultas.* Se tienen funciones para consultar las principales características de un modelo y la de sus componentes; estas consultas son importantes para la administración de los recursos informáticos.
- (iii) *Administración de datos.* El sistema ofrece funciones para la manipulación de los datos del negocio, lo que ayuda al proceso de solución de modelos. Se permite el uso de diferentes formatos de datos de entrada y salida de un modelo; se cuenta con funciones de apoyo para el intercambio de formatos (liga modelo – datos).
- (iv) *Administración de "solver".* Se propone contar con un administrador para la base de "solver" que realice búsquedas, selección y su ejecución.
- (v) *Operaciones varias.* Otras operaciones para la construcción y presentación de modelos están disponibles, por ejemplo: añadir, clasificar, borrar y editar modelos.

Esta capa de administración de recursos conoce la estructura lógica de la base de datos donde se almacenan los recursos informáticos de la organización. Las bases de conocimiento de modelos, "solvers" y datos del negocio, pueden estar implementadas separadamente y/o en la misma base datos física o en diferentes bases físicas.

Se puede decir que este ambiente de modelación realiza un rol similar a un sistema operativo: actúa como el administrador del conjunto de herramientas de los recursos de hardware que un equipo de cómputo presenta. El ambiente de modelación puede ser visto como una interfaz de software que contiene y soporta a un conjunto de herramientas y aplicaciones necesarias para que el usuario pueda realizar sus actividades de modelación. También cumplen con las siguientes características:

- (i) *Extensión.* Es la principal aplicación que se utiliza en el desarrollo de modelos; ésta es, apoya los procesos de modelación, así como la interacción y comunicación con

otros programas o sistemas de apoyo (hojas de cálculo, administradores de bases de datos, etcétera.).

- (ii) *Comunicación.* Proporciona un conjunto de herramientas y estructuras de menús, como una interfaz de usuario, que permite el acceso a todas las utilerías y aplicaciones disponibles en el ambiente de modelación.
- (iii) *Amabilidad.* Proporciona asistencia a los usuarios para la utilización del ambiente de modelación, utiliza una metodología de diseño de interfaz lo más familiar para los usuarios.
- (iv) *Flexibilidad.* Permite ajustes en varios aspectos del proceso de modelación (incluyendo las herramientas y aplicaciones), de tal manera que se puedan satisfacer las necesidades futuras de los usuarios.
- (v) *Soporte.* Proporciona un conjunto de funciones que permiten el uso de herramientas de apoyo para el desarrollo de modelos. Ejemplos de estas herramientas son procesadores de palabras, hojas de cálculo, administradores de bases de datos, etcétera.
- (vi) *Integración.* Soporta un alto nivel de integración de software entre las herramientas y aplicaciones, permitiendo un fácil intercambio de documentos y datos en diferentes formatos.

Un ambiente de modelación con tan riguroso conjunto de requerimientos y especialización no existe disponible comercialmente (Yeo y Hu, 1995), pero el conjunto de herramientas necesarias para apoyar las actividades de modelación pueden ser incorporadas de paquetes comerciales. El software integrado más popular es Microsoft Office. Este software consta de una interfaz gráfica para usuarios y un conjunto de herramientas de uso general; el ambiente cuenta con intercambio de datos dinámico (DDE), uso de objetos OLE, manejo de componentes (COM), objetos para acceso de datos (DAO), conectividad a bases de datos abiertas (ODBC). Con este conjunto de facilidades de desarrollo es posible pensar en la construcción de un software integrado de ayuda a la modelación.

#### 3.4.1. Arquitectura

Yeo y Hu (1995) desarrollaron un prototipo de un ambiente de modelado visual llamado VMS/Vs, basado en la utilización del concepto de modelado estructural. El ambiente de modelación incluye la construcción, solución, interpretación, análisis y documentación de modelos.

En este ambiente de modelación el usuario usa unidades visuales, predefinidas, para construir modelos estructurales en forma visual y acorde a las reglas y sintaxis del modelado estructural. A cada modelo estructurado visual se le asocian dos tipos de modelo:

- (i) *Modelo genérico visual (GVM)(modelo dominio).* Este modelo genérico es utilizado para representar el dominio particular de un problema (modelo dominio visual independiente), por lo tanto, GVM se emplea para formular y manipular diversos modelos de dominio (por ejemplo: pronósticos, asignación, etcétera). Las unidades

visuales utilizadas por GVM están basadas en el paradigma de modelación. Las GVM son herramientas de uso general que permiten al usuario *modelar en grande* (Geoffrion, 1994), los usuarios pueden crear y manipular modelos genéricos.

- (ii) *Modelo visual específico (SVM) (modelo caso)*. Este tipo de modelo visual se utiliza para representar un caso particular de un problema dominio. Estos modelos son derivados de un GVM a través de la especificación de los datos que el modelo genérico usa. Las unidades visuales utilizadas por SVM son las mismas que utiliza un GVM, por lo tanto, los usuarios podrán manipular directamente un modelo dominio para formar un modelo específico, ver Figura 15.

Los “solvers” son integrados dentro del sistema. El uso de la interfaz con los “solvers” proporciona la verificación, interpretación y solución de *modelos caso*. Los resultados generados por la solución de modelos, regresan al ambiente de modelación para su interpretación y presentación a los usuarios.

El modelado visual permite a los usuarios crear y manipular objetos gráficos (modelos, datos y herramientas de apoyo) y realizar acciones con ellos. Las unidades visuales incluyen íconos, menús, ventanas de diálogo, líneas, cuadros, círculos y cadenas de texto. Estos elementos son agrupados bajo ciertas reglas de manera que forman un lenguaje gráfico estructurado y coherente. En este ambiente se considera a la modelación visual como la traslación del paradigma del modelado a un lenguaje visual.

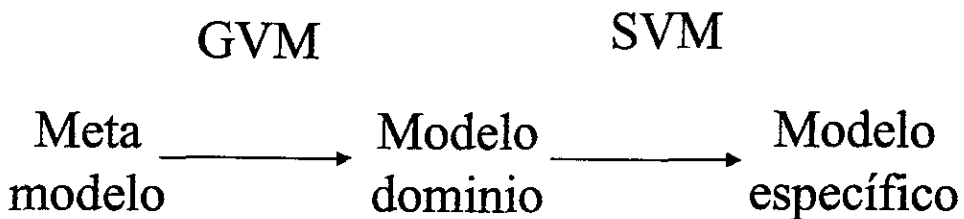


FIGURA 15 ESQUEMA DE MODELACIÓN DE VISUALIZACIÓN GENERAL

La visualización de modelos es un método orientado a usuarios, concebido para crear y manipular modelos visuales. La presentación de un modelo visual es, por lo tanto, la composición de un conjunto de unidades visuales junto con las relaciones que existen entre éstas. Los componentes y sus relaciones son representados por sus correspondientes unidades visuales. Una expresión formal para este esquema es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 M &= \{e_1, e_2, \dots, e_N\}; \\
 D(e_i) &= Clase(id[e_i], md[e_i], attr[e_i]) \quad i = 1, 2, \dots, N; \\
 R(e_i, e_j) & \quad i, j = 1, 2, \dots, N \quad y \quad j \neq i; \quad e_i, e_j \in M;
 \end{aligned}$$

Donde M: modelo visual;  $e_1, e_2, \dots, e_N$ : componentes del modelo y/o unidades visuales;  $D(e_i)$ : es la definición orientada a objetos de los componentes del modelo (en esta

perspectiva: id: identificador, md: métodos y attr: atributos);  $R(e_i, e_j)$ : relación directa entre componentes. Este esquema de componentes y sus relaciones se expresa mejor en un gráfica aciclica.

#### 4. Conclusiones

Después de presentar una síntesis de los principales trabajos realizados con respecto al concepto SAM, sus definiciones y los pasos frecuentemente utilizados en la desarrollo y construcción de modelos, se concluye lo siguientes:

- (i) *Definición del problema.* Existe una clara definición del concepto de SAM, como un administrador de modelos de tipo cuantitativo; se definen sus fronteras de aplicación, sus problemas actuales y los principales conceptos relacionados con él.
- (ii) *Esquemas de modelación.* Los esquemas de modelación presentados manejan el concepto de modelo desde la perspectiva cuantitativa; esto es, administran modelos de tipo programación matemáticos, estadísticos, simulación, pronóstico, entre otros, observándose una ausencia en el manejo de modelos cualitativos. Esta ausencia de mecanismos para la administración de modelos cualitativos tiene implicaciones importantes si se desea utilizar esta herramienta en la resolución de problemas reales. En muchas ocasiones la solución de un problema real involucra tanto modelos cuantitativos como cualitativos.
- (iii) *Conceptualización.* Los autores presentan perspectivas diferentes para conceptualizar un SAM; que coinciden en los siguientes elementos: (a) se manifiesta la necesidad de contar con un lenguaje visual como medio de interacción máquina – hombre; (b) la importancia de construir y utilizar bases de conocimiento de modelos, “solver” y datos, que permitan la interacción modelo – “solver” – datos; y (c) se describen los principales módulos que un sistema de este tipo debe contener.

De estas observaciones surgen las siguientes propuestas:

- (i) *Definición de las bases de conocimiento.* Los diferentes autores plantean la necesidad de contar con bases de modelos, “solver” y datos, pero no la manera en cómo podría conceptualizarse esta base de conocimiento de manera integral; se sugiere la construcción de una estructura conceptual que integre información de modelos, “solver” y datos dentro de una organización.
- (ii) *Relación base de conocimiento y lenguaje visual de representación.* Un lenguaje visual para la interacción usuario - máquina, debe ser desarrollado. Yeo y Hu (1995) proponen emplear un lenguaje de modelación algebraica, como marco conceptual para el desarrollo de este lenguaje visual. Es importante que se garantice el desarrollo de este lenguaje visual en coordinación con el diseño de la base de conocimiento, debido a que éste será el medio para la utilización de la base.
- (iii) *Relación entre la administración de modelos y la administración de datos.* Se sugiere el uso del concepto de almacén de datos como medio para realizar la liga modelo – dato. Más importante que la liga “solver” – modelo, es la liga de modelo –

dato. Es evidente que un modelo sin datos no sirve de mucho. La primera limitación para no utilizar un modelo es no contar con los datos que éste requiere.

- (iv) *Ambiente estándar de "solver"*. La tendencia tecnológica es hacia el uso de ambientes y lenguajes homogéneos, por lo tanto, se recomienda, para el desarrollo del ambiente de modelación, pensar en "solvers" con características homogéneas más que en la posibilidad de manejar ambientes heterogéneos.

## 5. Referencias

- Achinstein P. (1987) *Los modelos teóricos*. Seminario de problemas científicos y filosóficos. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Applegate L. M., Konsynski B. R. and Nunamaker J. F. (1986) *Model Management Systems: Designs for Decision Support*. Decision Support Systems. 2,1. pp 81-91.
- Balci O. (1986) *Requirements for Model Development Environments*. Computers & Operations Res. 13,1. pp 53-67.
- Banerjee S., Basu A. (1993) Model Type Selection in an Integrated DSS Environment. Decision Support System 9. pp 75-98.
- Batory O., Kim W. (1986) *Modeling Concept for VLSI CAD Objects*. ACM Transactions on Database Systems, 10-3. September. pp 322-346.
- Blanning R. W. (1982) *Data Management and Model Management: A Relational Synthesis*, Proceedings of the ACM 20<sup>th</sup> Annual Southeast Regional Conference. April. pp 139 – 147.
- Blanning R. W. (1983) *Issues in the Design of Relational Model Management Systems*. Proceeding of the National Computer Conference. pp 359-401.
- Bonczek R. H., Ghiaseddin N., Holsapple C. W and Whinston A. B. (1983) *The DSS Development System*. Proceedings of the National Computer Conference. pp 421-435.
- Bonczek R. H., Holsapple C. W and Whinston A. B. (1981) *Foundation of Decision Support Systems*, Academic Press, New York.
- Bonczek R. H., Holsapple C. W. and Whinston (1980) *The Evolving Roles of Models in Decision Support Systems*. Decision Sciences, 11. April. pp 337-356.
- Bradely G. H., Clemence R. D. (1987) *A Type Calculus for Executable Modeling Language*. IMA Journal of Math. In Management 4. pp 277-291.
- Braithwaite R. B. (1955) *Scientific Explanation*, Cambridge, cap 4.
- Braithwaite R. B. (1962) *Models in the Empirical Sciences*, Logic, Methodology, and Philosophy of Science. Stanford, pp. 224-231.
- Checkland P. (1981) *Systems Thinking, Systems Practice*. Wiley, Chichester.
- Conway M. E. (1963) *Design of a Separable Transition-Diagram Compiler*. Communications of the ACM. 6, 7 July. pp 396-408.
- Dijkstra E. W. (1968) *Cooperating Sequential Processes*. *Programming Languages*, F. Genuys. Academic Press, New York. Pp 43-112.
- Dittrich K., Lorie R. (1988) *Version Support for Engineering Database Systems*. IEEE Transactions on Software Engineering. SE-14,4. April. pp 429-437.
- Dolk D. R. (1986) *Data as Models: An Approach to Implementing Model Management*. Decision Support Systems. 2, 1. pp 73-80.
- Dolk D. R. and Konsynsky B. R. (1984) *Knowledge Representation for Model Management Systems*. IEEE Transactions on Software Engineering, SE-10, 6. November. pp 619-628.

- Dolk D. R. and Konsynsky B. R. (1985) *Model Management in Organizations*. Information & Management, 9. August. pp 35-47.
- Dolk D. R., Kottemann J. E. (1993) *Model integration and a theory of models*. Decision Support Systems 9. pp 51-63.
- Dutta A. and Basu A. (1984) *An Artificial Intelligence Approach to Model Management in Decision Support Systems*. IEEE Computer, 17,9. pp 89-97.
- Elam J. J. Herderson J. C. and Miller L. W. (1980) *Model Management Systems: An Approach to Decision Support Systems in Complex Organizations*. Proceedings of The First International Conference on Information Systems. December. pp 98-110.
- Fedorowicz J. and Williams G. B. (1986) *Representing Modeling Knowledge in an Intelligent Decision Support Systems*. Decision Support Systems, 2,1. pp 3-14.
- Fourer R. (1983) *Modeling Languages Versus Matrix Generators for Linear Programming*. ACM Transactions on Mathematical Software. 9,2. June. pp 143-183.
- Gass S. L. (1984) *Documenting a Computer Based Model*. Interface, 13-14. pp. 84-93. May June.
- Gass S. L. (1987) *Managing the Modeling Process: A Personal Reflection*. European J. of Oper. Res. 35,5. July. pp 1-8.
- Geoffrion A. M. (1987) *An Introduction to Structured Modeling*. Management Sci. 33,5. May. pp 547-588.
- Geoffrion A. M. (1994) *Structured Modelling: Survey and Future Research Directions*. ORSA Computer Science Technical Section Newsletter 15. pp 11-20.
- Ghiasiadding N. (1986) *An Environment for Development of Decision Support Systems*. Decision Support Systems, 2,3. pp 195-212.
- Hamcher S., Dejax P., Lustosa L., Hamacher P. (1993) *A Diagram Representation for Conceptual Models of Operations Research Problems*. Cashier d'Etudes et de Recherche No. 93-04A. Laboratoire Productique Logistique, Ecole Centrale Paris, France.
- Hu J., Yeo G.K. (1995). *Visualising Structures Modeling*. Proceedings of Pan Pacific Conference on Information Systems, Singapore, pp. 342-348.
- Huh S., Chung Q. (1995). *A Model Management Framework for Heterogeneous Algebraic Models: Object - oriented Database Management Systems Approach*. Omega, Int. J. Mgmt Sci. Vol. 23. No. 3. pp. 235-256.
- Hutten E. (1956) *The Language of Modern Physics*, Londres. pp 82.
- Jones C. V. (1996) *Visualisation and Optimisation*. Kluwer Academic publisher. pp 152.
- Katz R. H., Lehman T. (1984) *Database Support for Versions and Alternatives for Large Design Files*. IEEE Transactions on Software Engineering. SE-10,2. March. pp 191-200.
- King M. (1988) *A framework for teaching OR techniques*. J. Opl. Res. Soc. 39(12). pp 1087-1093.
- King M. (1989) *Mathematical modelling in part - time MBA programmes*. MEAD 20(4). 303-312.



- King M., McAulay L., Cragg P.B. (1991) *Experiences in Applying a General Modelling Methodology*. Omega Int. J. of Mgmt Sci. Vol 19, No. 6. pp. 567 – 575.
- Lenard M. L. (1986) *Representing Models as Data*. J. of MIS, 2,4. pp 36-48.
- Ling T. P. (1985) *Integration Model Management with Data Management in Decision Support Systems*. Decision Support Systems, 1, 3. pp 221-232.
- Loh S. Y., Yeo G. K. (1997). *A Framework for Implementing Structured Modeling*. ASTED International Conference on Modeling and Simulation Pittsburgs.
- Mannino M. V., Greenberg B. S., Hong S. N. (1988) *Knowledge Representation for Model Libraries*. Hawaii IEEE. pp 349-355.
- Muhanna W. A., Pick R. A. (1994). *Meta – modeling Concepts an Tools for Model Management: A Systems Approach*. Management Science. Vol 40. No. 9. pp. 1093-1123. September 1994.
- Nagel E. (1961) *Structure of Science*, Nueva York. pp. 90
- Naylor T. H. (1979) *Corporate Planning Models*. Addison – Wesley, reading.
- Neustadter L. (1992) *Simplifying SML: A Proposal. Informal Note*. Anderson School of Management, UCLA. LA.
- Ramirez R., Lin S. (1993) *Subscript free indexing in a Mathematical Programming Language*. Twenty-six annual Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE Computer Society Press. pp 424-433.
- Rochking M. J. (1975) *The Source Code Control System*. IEEE Transactions on Software Engineering. SE-1, 12. December.
- Roth R. F. Gass S. I. and Lemoine A. J. (1978) *Some Considerations for Improving Federal Modeling*. Proceedings of the Winter Simulation Conference. pp 213–217.
- Shaw M. J., Tu P. L. and De P. (1988) *Applying Machine Learning to Model Management in Decision Support Systems*. Decision Support Systems, 4. pp 285-305.
- Sprague R. H. and Carlson E. D. (1975) *Building Effective Decision Support Systems*. Prentice – Hall, Englewood Cliffs. NJ.
- Sprague R. H. and Watson H. J. (1975) *MIS Concepts: Part 1*. J. of Systems Management. January 1975. pp 34-37.
- Sprague R. H. and Watson H. J. (1982) *MIS Concepts: Part 1*. Of Systems Management, January. pp 34-37.
- Tichy W. F. (1982) *Desing, implementation, and Evaluation of a Revision Control Systems*. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Software Engineering, IEEE. September. pp 58-67.
- Will H. J. (1975) *Model Management Systems. Information Systems and Organization Structure*. Ed. E. Grochia and N. Szyperski, Walter de Gruyter, Berlin, Germany.
- Yeo G.K., Hu J. (1997). *Visual Modeling with VMS/SM*. Proceeding of IASTED International Conference on Modeling and Simulation, pp 202-205.

## 6. Tabla de figuras

FIGURA 1 CARACTERÍSTICAS DE UN MODELO TEÓRICO	99
FIGURA 2 MODELO DESDE LA PRESPECTIVA DE UN SISTEMA DE SOPORTE DE DECISIONES (SSD)	100
FIGURA 3 CLASIFICACIÓN DE MODELOS	101
FIGURA 4 METODOLOGÍA DE MODELACIÓN (KING, 1991)	103
FIGURA 5 CICLO DE VIDA DEL DESARROLLO DE MODELOS (MUHANNA AND PICK, 1994)	105
FIGURA 6 COMPARACIÓN ENTRE CICLO DE VIDA DE DESARROLLO DE MODELOS Y LIMITACIONES ACTUALES	109
FIGURA 7 CLASIFICACIÓN DE ESQUEMAS DE MODELOS EN UN SAM	112
FIGURA 8 ESPECIALIZACIÓN DE UN MODELO TIPO DE PRONÓSTICO	113
FIGURA 9 MODELO COMPUESTO DE UN MODELO DE PRONÓSTICO Y UN MODELO BOQ	115
FIGURA 10. ESQUEMA TIPO DE UN SAM (MUHANNA Y PICK, 1994)	117
FIGURA 11 ARQUITECTURA DE UN MODELO REPRESENTADA CON EL CONCEPTO DE MODELO GENÉRICO (HUH Y CHUNG, 1995)	121
FIGURA 12 ESQUEMA PROPUESTO POR (HUH Y CHUNG, 1995)	122
FIGURA 13 ESQUEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE MODELOS ORIENTADO A OBJETOS (HUH Y CHUNG, 1995)	124
FIGURA 14 ESQUEMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELADO ESTRUCTURADO EN UN AMBIENTE DE CÓMPUTO (YEO HU, 1997)	126
FIGURA 15 ESQUEMA DE MODELACIÓN DE VISUALIZACIÓN GENERAL	130

CAPÍTULO 4

MÓDULO ESTRATÉGICO DEL SISTEMA  
INTEGRAL PARA EL SOPORTE DE  
DECISIONES

CONTENDIO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>138</b>
<b>2. DEFINICIÓN DEL MÓDULO ESTRATÉGICO .....</b>	<b>140</b>
2.1. BASE DE CONOCIMIENTO .....	141
2.2. BASE DE DATOS.....	141
2.3. BASE DE MODELOS .....	143
<b>3. EJEMPLO .....</b>	<b>149</b>
3.1. EL MÓDULO ESTRATÉGICO .....	152
3.2. ESQUEMA DE ADMINISTRACIÓN DE MODELOS.....	153
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>159</b>
<b>5. REFERENCIAS .....</b>	<b>160</b>
<b>6. ANEXO A (EL ESQUEMA RELACIONAL DE LA BASE DE MODELOS).....</b>	<b>163</b>
<b>7. TABLA DE FIGURAS.....</b>	<b>166</b>

## RESUMEN

En este capítulo se presenta el desarrollo conceptual del módulo estratégico del sistema de soporte de decisiones. Se utilizan los conceptos e ideas presentados en los capítulos anteriores, en particular los conceptos de almacén de datos (AD) y sistemas de administración de modelos (SAM). La liga de estos dos conceptos es el medio que ayuda a la conceptualización del módulo estratégico a desarrollar en el capítulo.

Los puntos sustantivos para la conceptualización de un SAM, mencionados en el capítulo anterior, son: definición de una base de conocimiento de modelos, fortalecimiento de la relación entre la administración de modelos y la administración de datos, promoción del uso de ambientes estándares de "solvers" y construcción de un lenguaje visual para el manejo de la base de conocimiento de modelos.

Por otro lado, los objetivos de un AD, como se mencionó en el capítulo 1, son: hacer la información de la organización accesible y consistente, ser una fuente de información aditiva y elástica, ser un elemento importante para la protección de la información, y ser la principal fuente de información para la toma de decisiones.

Con base en los objetivos y propósitos de esos conceptos, administración de modelos y almacén de datos, se plantea el desarrollo de una base de conocimiento en donde se contemple tanto la administración de modelos como la de los datos requeridos por los mismos. En esta base de conocimiento coexistirán tanto información de los modelos como la de sus datos.

Los datos almacenados en esta base de conocimiento presentarán propiedades semánticas que facilitarán su uso en el proceso de toma de decisiones. Los datos han sido seleccionados y estructurados de acuerdo a los procesos de análisis y síntesis que los tomadores de decisiones realizan, y por lo tanto ayudan a una mejor utilización de modelos en una organización.

El capítulo se divide en dos secciones: en la primera se expone el esquema conceptual de la base de conocimiento que manejará el módulo estratégico; en la segunda, se presenta un ejemplo de aplicación de este esquema de administración de recursos informáticos.

### 1. Introducción

En capítulos anteriores se presentaron un conjunto de ideas y metodologías; el propósito de éstas, fue incrementar el uso de los recursos informáticos en los procesos de toma de decisiones de una organización. Los recursos informáticos considerados bajo esta perspectiva fueron tanto los datos almacenados en sistemas de información como los modelos (matemáticos, financieros y logísticos) requeridos para la toma de decisiones en una organización. Se recomienda se consideren tres puntos para mejorar el uso de estos recursos:

- (i) *Sistemas de información.* Se propone tener mayor atención en la conceptualización y diseño de sistemas de información, de manera que la esencia del plan sustantivo del negocio esté capturado en el mismo. Deben estar los datos de las principales actividades de la organización (almacenamiento de datos de las actividades sustantivas del negocio). Se propuso utilizar una metodología de análisis de problemas y toma de decisiones que permita definir las necesidades genéricas que el sistema debe satisfacer. Así mismo, se considera necesario contar con mecanismos para la identificación y transformación de datos en información ordenada y sintetizada para el apoyo de decisiones en la organización. (conceptualización y administración de datos para el proceso de toma de decisiones).
- (ii) *Modelos de IO.* Se propone contar con un ambiente para el desarrollo, representación, almacenamiento, control y ejecución de modelos (administración de modelos para el proceso de toma de decisiones). El uso de modelos específicos (inventarios, financieros, pronósticos, entre otros) incrementará la productividad de las empresas. La construcción de escenarios, cálculo de pronósticos, diseño de modelos de logística y análisis históricos, son algunas actividades que se deben realizar en la organización con mayor facilidad.
- (iii) *Trabajo interdisciplinario.* Se propone mejorar la interacción entre los diferentes miembros de una organización para el diseño y utilización de un sistema para el apoyo de decisiones. Se recomienda el uso de una metodología de planeación, identificación de problemas, toma de decisiones para mejorar las actividades de análisis de requerimientos, definición de estrategias de implantación de sistemas, planeación y presupuestación de proyectos informáticos.

Como consecuencia de estas recomendaciones, se propone la construcción de un sistema compuesto de los siguientes módulos: operacional, táctico y estratégico. La definición y propósito de estos módulos estuvo en conformidad con el uso jerárquico de datos y modelos dentro de una organización. La definición de cada uno de estos módulos es:

- (i) *Operacional.* Encargado de la administración de los flujos de datos en los que incurren las actividades sustantivas de la organización. Este módulo está implementado como una base de datos o sistema de información.
- (ii) *Táctico.* Responsable de la generación de información periódica, asociada a decisiones tácticas de la empresa, por ejemplo: desarrollo e impresión de reportes, estados financieros, etcétera. Este módulo cuenta con herramientas para el análisis de datos, generación de gráficas, preparación de acumulados y cruce de variables. Se propone un almacén de datos como la principal metodología que apoye las operaciones tácticas de la empresa.
- (iii) *Estratégico.* Encargado del apoyo al desarrollo de los planes estratégicos de la organización, mediante la utilización de herramientas para análisis de riesgo, generación de escenarios, pronósticos, etcétera. Estas herramientas utilizan modelos

del área de IO y datos de los sistemas de información de la organización. Se propone desarrollar un sistema de administración de modelos (SAM).

A diferencia de otros trabajos que atacan en forma independiente cada uno de estos problemas, en este trabajo se remarca la importancia de:

- (i) *La vinculación del modelo de datos con el modelo organizacional.* Es importante considerar en el desarrollo de sistemas de información tanto a los datos como a los modelos que apoyan los procesos de toma de decisiones de la organización; y
- (ii) *La fusión del modelo de información con los procesos de análisis y síntesis.* Los modelos de información (almacén de datos) deben ser la fuente de datos que alimenten al conjunto de modelos de la organización. Se propone el diseño y uso de un almacén de datos como el medio para alimentar los modelos utilizados en la toma de decisiones, para facilitar el uso de los mismos.

De los tres módulos del sistema propuesto, el módulo estratégico es el que menor desarrollo ha tenido. Al momento de escribir este trabajo no existe en el mercado un producto con este propósito. En la siguiente sección se presenta el esquema conceptual del módulo estratégico utilizando la fusión de los conceptos de sistema de administración de modelos y almacén de datos. Un factor importante que se consideró fue la interacción que debe existir entre este módulo y los otros módulos, el operacional y táctico, de manera de formar un sistema integral.

## 2. Definición del módulo estratégico

Este módulo estratégico se construye a partir del concepto de administración de modelos. En el Capítulo 3 se presentó el análisis del concepto de administración de modelos; así también, se resumieron las principales ideas, motivaciones y enfoques existentes en la literatura.

En esta sección, se presenta la propuesta de un administrador de modelos en donde se combina tanto el uso y administración de modelos como el uso de un administrador de datos. La definición de este módulo estratégico considera los siguientes puntos:

- (i) *Definición de la base de conocimiento.* Se utiliza una estructura conceptual, para esta base de conocimiento, que integra la información de los modelos y sus datos en una misma base de datos.
- (ii) *Relación entre la administración de modelos y la administración de datos.* Se resalta la importancia de manejar de manera eficiente la liga modelo – dato. Es evidente que un modelo sin datos no sirve de mucho. La primera limitación para no utilizar un modelo es la ausencia y/o dificultad en el manejo de los datos que éste requiere.
- (iii) *Ambiente estándar de solvers.* El sistema se desarrolla pensando en “solvers” con características homogéneas más que en la posibilidad de manejar ambientes

heterogéneos. La tendencia tecnológica de cómputo es hacia el uso de ambientes y lenguajes homogéneos (COM, DCOM, OLE y otros).

- (iv) *Relación base de conocimiento y lenguaje visual de representación.* Se desarrolla un lenguaje visual como medio de interacción entre usuarios y la base de conocimiento, de modelos y datos, este punto fue considerado estratégico en el desarrollo del ambiente de modelación. Entre las principales funciones que este lenguaje visual considera, están la administración de las bases de conocimiento (modelos y datos), y el desarrollo y mantenimiento de modelos.

Primero se definió la base de conocimiento, tanto de modelos como de datos. Con esta base de conocimiento se manejan las diferentes relaciones que existen entre la administración de modelos y la administración de sus datos. Posteriormente, se definieron los estándares para el uso del "solver". Por último, se diseñó y construyó el lenguaje visual para la interfaz para del ambiente de modelación. El propósito de este capítulo es mostrar la definición conceptual de la base de conocimiento.

### 2.1. Base de conocimiento

Como se mencionó anteriormente, un sistema para la administración de modelos debe contar con una base de conocimiento de datos y modelos de la organización. El propósito de esta base se puede dividir en tres puntos:

- (i) *Administrar modelos y datos.* Tanto para los modelos como para sus datos, es importante contar con mecanismos que permitan operaciones de almacenamiento, consulta, actualización y mantenimiento, que apoyen su adecuada gestión.
- (ii) *Interacción entre datos y modelos.* Esta base de conocimiento es el medio por el cual se comunica el módulo táctico con el módulo estratégico. El almacén de datos es la fuente de recursos que los modelos demandan, se aprovecha el hecho de contar con una estructura de datos diseñada para el apoyo de los procesos de toma de decisiones (almacén de datos).
- (iii) *Apoyo al desarrollo de modelos.* El uso de esta base de datos permite manejar los principales elementos que componen un modelo y por lo tanto apoya el desarrollo, mantenimiento y uso de los mismos.

El modelo propuesto por Geoffrion (1987), con algunas adecuaciones y extensiones, se utiliza como marco conceptual para el desarrollo de esta base de conocimiento. Está formada por información de datos (metadatos) e información de modelos, conceptualizadas como una sola base de datos.

### 2.2. Base de datos

El primer componente de esta base de conocimiento es la información de los datos para la toma de decisiones. Se construye una base de datos con una estructura diseñada para apoyar los procesos de toma de decisiones.

Como se mencionó anteriormente, dos hechos se resaltan en relación a los datos en una organización:

- (i) *Almacenamiento de datos de las actividades sustantivas del negocio.* Las empresas necesitan de la conceptualización y diseño de un sistema de información en concordancia con el plan sustantivo del negocio. Este sistema es el encargado de la captura y administración de los datos de las principales operaciones de la organización.
- (ii) *Conceptualización y administración de datos para el proceso de toma de decisiones.* Para analizar el comportamiento de la organización y/o evaluar sus expectativas, son demandados datos con características especiales. Estos datos son un subgrupo o transformaciones de datos de la operación diaria de la organización. Se requiere contar con funciones o herramientas que permitan realizar esta transformación o consulta de datos de manera transparente, para usuarios no expertos en computación. La metodología de un almacén de datos es recomendada para este fin.

En este módulo estratégico los datos que se utilizan son los contenidos en el almacén de datos, independientemente de que otros datos puedan provenir de diferentes fuentes, incluso directamente de la base de datos operativa.

Así como los datos operativos están en concordancia con los procesos sustantivos de la organización, los datos considerados para el proceso de toma de decisiones deben estar en armonía con los modelos considerados importantes por la organización, o en su caso los modelos en concordancia con los datos relevantes para la organización. Un modelo sin los datos necesarios para su ejecución no generará beneficio a la misma, igualmente sucede con datos sin los medios para su síntesis y análisis.

En esta sección se presenta una alternativa para mejorar la interacción entre los modelos y sus datos. Se parte del hecho de que se cuenta con un almacén de datos; en este almacén se tienen agregados los principales eventos (hechos) asociados con el funcionamiento de la organización, caracterizados por sus dimensiones. El uso de estas dimensiones permite contar con diferentes perspectivas de un hecho, estas perspectivas a su vez pueden asociarse a diferentes modelos.

El modelo propuesto por Geoffrion (ver Capítulo 1), tiene como elementos de entrada a un modelo lo que se definió como elementos estructurales (entidad primitiva, entidad compuesta, entidad atributo). La relación de esos elementos estructurales con la definición de un almacén de datos es lo que ayuda a la interacción entre un modelo y sus datos. Se propone la siguiente relación entre las entidades del modelo de Geoffrion y los conceptos manejados por un almacén de datos:

- (i) *Entidad primitiva.* Son los hechos y dimensiones disponibles en el almacén de datos; por ejemplo, una entidad primitiva es tanto el hecho "venta" como sus dimensiones tiempo y unidad estratégica de negocio, ver Figura 8.



- (ii) *Entidad compuesta*. Es la perspectiva que resulta de la combinación de un hecho con una o algunas de sus dimensiones; por ejemplo, ventas por unidad estratégica de negocios anuales o ventas por unidad estratégica trimestrales.
- (iii) *Entidad atributo*. Es el resultado de realizar una consulta al almacén de datos, el resultado de estas consultas puede arrojar un valor escalar o un vector de  $n$  dimensiones. Por ejemplo, para las consultas de los ejemplos del inciso anterior se espera como resultado una serie de tiempo de ventas anuales y trimestrales, respectivamente.

Con estas definiciones, el uso de la información del almacén de datos se liga con la construcción, administración y manipulación de modelos. En la siguiente sección se expone el desarrollo de la base de modelos. En esta base de modelos se contempla el manejo de los elementos estructurales mencionados anteriormente, por lo tanto, también se considera el manejo de datos para la toma de decisiones.

### 2.3. Base de Modelos

La representación conceptual de modelos en un ambiente de cómputo contribuye a una mayor utilización de modelos en los procesos de toma de decisiones. Se propone hacer esta representación en una base de datos comercial, la implantación se realizó en un sistema de administración de bases de datos relacional. Los conceptos y propuesta presentados en el Capítulo 3 son tomados como referencia para el esquema conceptual de esta base de modelos.

En el capítulo anterior se definió un modelo en función de las siguientes características:

- **Nombre.** Cada modelo debe tener asignado un nombre único, independientemente de si es un modelo tipo, compuesto, versión o atómico<sup>1</sup>.
- **Supuestos.** Son la descripción de los supuestos considerados por el modelo para representar el objeto o sistema; esta descripción ayuda a la utilización y comprensión del modelo para usuarios no expertos en áreas de investigación de operaciones.
- **Propósito.** En cada modelo se especifica cuán bien el modelo sirve a los fines para los que se emplea, y cuán compleja y exacta es la representación que propone.
- **Analogías.** Se describen los objetos y/o sistemas con los que el modelo tiene analogía, estos son definidos con el propósito de guiar al usuario en la interpretación de los resultados del modelo.
- **Estructura externa.** Es la descripción de los límites o fronteras del modelo, definido en términos de sus entradas y salidas de datos. Esta estructura permite conocer cuáles son los principales datos que el modelo requiere como entrada, así como los resultados que genera.

<sup>1</sup> Ver definiciones en el Capítulo 3

- **Estructura interna.** Es la representación del comportamiento y/o propiedades del modelo. Esta estructura permite tener una idea del comportamiento, propiedades y funciones del modelo.

Esquemáticamente la definición de modelo se muestra en la Figura 1. Esta gráfica utiliza el modelo entidad relación, propuesto por Chen (1976). Las primeras cuatro características de un modelo (nombre, supuestos, propósito, analogía) son representadas como atributos, mientras que las definiciones de estructura externa e interna se muestran como entidades independientes. Las relaciones *modelo - estructura externa* y *modelo - estructura interna* se interpretan de la siguiente manera: un modelo sólo puede tener una estructura externa, por otro lado, un modelo puede tener diversas estructuras internas.

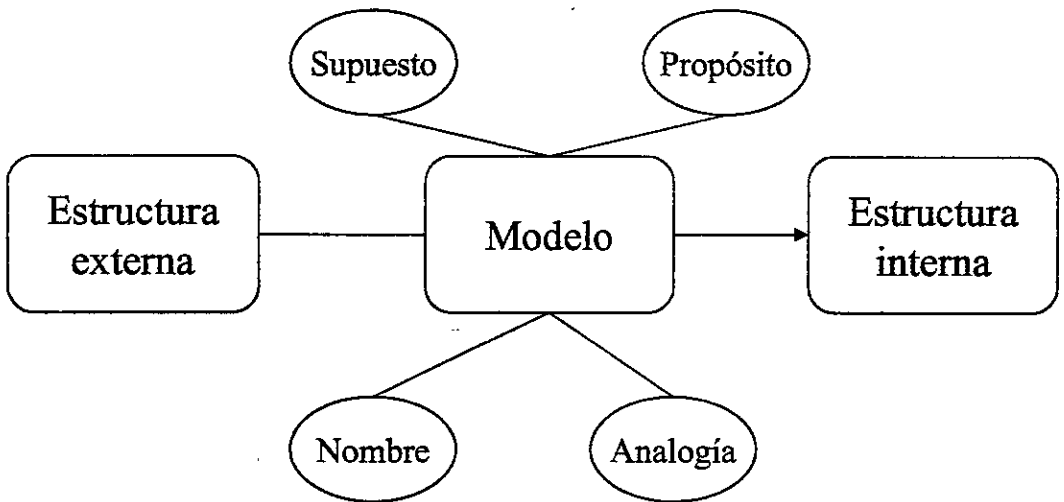


FIGURA 1 REPRESENTACIÓN DE UN MODELO

*Estructura externa.* La estructura externa de un modelo se define en función de los flujos de información que recibe y genera. Estos flujos de información están asociados tanto a variables y/o parámetros de entrada al modelo, puertos entrada, como a los flujos que alimentan a las variables endógenas, puertos de salida. Tanto los puertos de entrada como los de salida están relacionados con un elemento estructural. Un elemento estructural, como se definió en el Capítulo 1, puede ser un elemento primitivo (pe), un elemento compuesto (ep), un atributo (a), un predicado (p) o una función (f).

En la Figura 2 se muestra el esquema conceptual de la estructura externa de un modelo. Se observa que una estructura externa puede tener varios puertos de entrada y salida. Por otro lado, un puerto de entrada o salida estará asociado a una única estructura externa.

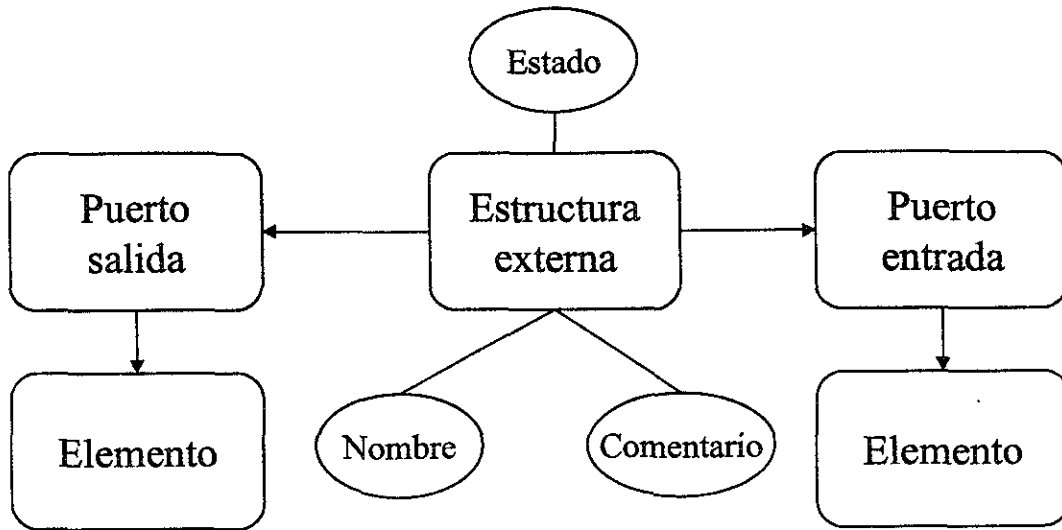


FIGURA 2 REPRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXTERNA DE UN MODELO

*Estructura interna.* La representación de la estructura interna de un modelo considera los conceptos de modelo *tipo*, *atómico*, *compuesto*, *versión*, *alternativa* y *revisión*, analizados en el capítulo anterior.

Primero, se conceptualiza un *modelo tipo*; se emplea la definición de modelo estructural propuesto por Geoffrion (1987). Esta definición de modelo estructural fue implementada, por D. Dolk (1986, 1985), como una extensión de un repositorio de datos. En esta implantación se definen tipos de entidades, tipos de atributos, y un conjunto de restricciones que permiten garantizar el cumplimiento de la condición de generar una gráfica acíclica.

Con esta conceptualización se genera tanto una gráfica acíclica del modelo estructural como su estructura modular. En este trabajo sólo se emplea la gráfica acíclica para representar un modelo.

Los tipos de entidades o elementos estructurales que maneja el modelo estructurado de Geoffrion (1987), se definen y describen con la tabla denominada *Enti\_tipo*. Esta tabla tiene el propósito de que los elementos estructurales sean autodescriptibles; por ejemplo, mediante una consulta a esta tabla, se conoce que *pe* representa una entidad primitiva. Lo mismo sucede con los atributos que pudieran asociarse a cada una de las entidades; ver tabla denominada *Atri\_tipo*. En la Figura 3 se muestran los ocho tipos de entidades y sus atributos.

### Tipo de entidades

Enti\_tipo (“pe ”, “entidad primitiva”, .....)  
 Enti\_tipo (“ce ”, “entidad compuesta”, .....)  
 Enti\_tipo (“atri ”, “entidad atributo”, .....)  
 Enti\_tipo (“va ”, “entidad variable”, .....)  
 Enti\_tipo (“prue ”, “entidad prueba”, .....)  
 Enti\_tipo (“fun ”, “entidad función”, .....)  
 Enti\_tipo (“mod ”, “entidad modelo”, .....)  
 Enti\_tipo (“módulo ”, “entidad módulo”, .....)

### Tipos de atributos

Atri\_tipo (“llamado”, “secuencia de llamado”, ...)  
 Atri\_tipo (“ind\_enu ”, “enunciado conjunto índice”, ...)  
 Atri\_tipo (“grango ”, “rango genus”, ...)  
 Atri\_tipo (“gregla ”, “regla genus”, ...)

FIGURA 3 TIPOS DE ENTIDADES Y ATRIBUTOS DEL MODELO ESTRUCTURAL

La interpretación para cada uno de estos atributos es la siguiente:

*Enunciado del índice.* Especifica los elementos de la población del elemento; si éste es omitido, se interpreta como que cualquier elemento posible existe. Por ejemplo, sea la entidad función valor presente neto ( $VPNi$ ), ésta tiene asociado un índice  $i$  que dice que existirán  $i$  valores presentes netos; para este ejemplo se tendrán valores presentes netos asociados a cada una de las unidades estratégicas del negocio ( $UEN$ ). El enunciado del índice es  $\{UEN\}$ .

*Secuencia de llamado.* Identifica los elementos que participan en la definición de un elemento, que no sea del tipo primitivo ( $pe$ ); por ejemplo, la entidad función valor presente neto ( $VPNi$ ) hace un llamado a las entidades tasa de descuento ( $r$ ) y flujos netos de capital ( $FNCi$ ), la secuencia de llamado es  $(r, FNCi)$ .

*Rango del genus.* Define los valores permitidos para la entidad, siguiendo con el mismo ejemplo para la entidad función valor presente neto ( $VPNi$ ), los valores permitidos que puede tomar esta función son los números reales, por lo tanto, su rango será  $R$ .

*Regla genus.* Especifica la regla de ejecución de una prueba o función, esto es, cómo se calculan sus elementos; por ejemplo, para la entidad función valor presente neto ( $VPNi$ ), el caso de evaluar una perpetuidad, su regla genus es  $FNCi/r$ .

Con esta información se definen las entidades y sus atributos correspondientes, en la Figura 4 se muestran estas definiciones.

**Entidades**

- PE ("entNom ", "NomDes ", ..... , llamado, ind\_enu, )
- CE ("entNom ", "NomDes ", ..... , llamado, ind\_enu)
- ATRI ("entNom ", "NomDes ", ..... , llamado, ind\_enu, grango)
- VA ("entNom ", "NomDes ", ..... , llamado, ind\_enu, grango)
- PRUE ("entNom ", "NomDes ", ..... , llamado, ind\_enu, gregla)
- FUN ("entNom ", "NomDes ", ..... , llamado, ind\_enu, gregla)
- Raíz ("entNom ", "NomDes ", ..... , )

FIGURA 4 ENTIDADES Y SUS ATRIBUTOS DEL MODELO ESTRUCTURADO

La representación del modelo estructural en un esquema entidad relación se presenta en la Figura 5. La estructura interna de un modelo es un conjunto de entidades relacionadas para formar: (a) una estructura genérica mediante el uso de la relación *llama*; y (b) una estructura modular mediante la relación *contiene*.

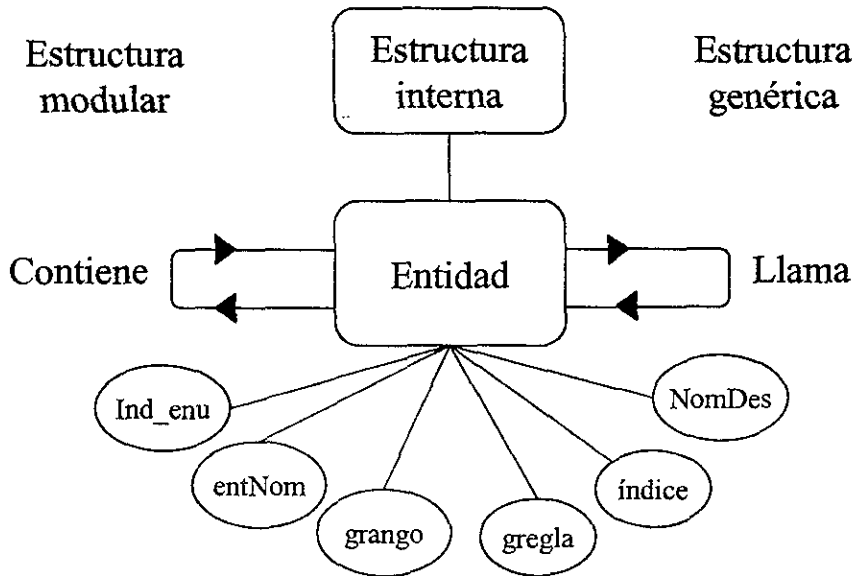


FIGURA 5 REPRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA INTERNA

Para garantizar la no existencia de gráficas cíclicas, tanto Dolk (1986) como Geoffrion (1987), definieron el siguiente conjunto de restricciones.

Llama (ce, pe)	Llama (va, pe)	Llama (prue, prue)
Llama (atri, pe)	Llama (va, ce)	Llama (prue, fun)
Llama (atri, ce)	Llama (prue, va)	Llama (fun, fun)
Llama (prue, atri)	Llama (fun, va)	Llama (fun, prue)
Llama (fun, atri)		
Contiene (módulo, módulo)	Contiene (modelo, módulo)	
Contiene (módulo, pe)	Contiene (modelo, pe)	
Contiene (módulo, ce)	Contiene (modelo, ce)	
Contiene (módulo, atri)	Contiene (modelo, atri)	
Contiene (módulo, va)	Contiene (modelo, va)	
Contiene (módulo, prue)	Contiene (modelo, prue)	
Contiene (módulo, fun)	Contiene (modelo, fun)	

FIGURA 6 RESTRICCIONES DE INTEGRIDAD

En adición a la especificación conceptual de un modelo tipo, con base en su estructura interna y externa, se añaden las siguientes relaciones recursivas entre modelos *versión*, *compuesto* y *alternativa*. El propósito de estas relaciones es manejar los conceptos de *modelo versión*, *compuesto* y *alternativa*. En la Figura 7 se observa que: (a) un modelo puede estar compuesto por diversos modelos y a su vez éstos pueden formar parte de diversos modelos; (b) un modelo puede ser versión de otro modelo (modelo tipo), por lo tanto, un modelo tipo puede tener múltiples versiones, un modelo versión sólo puede estar asociado con un modelo tipo; y (c) un modelo tipo puede tener múltiples alternativas de implantación.

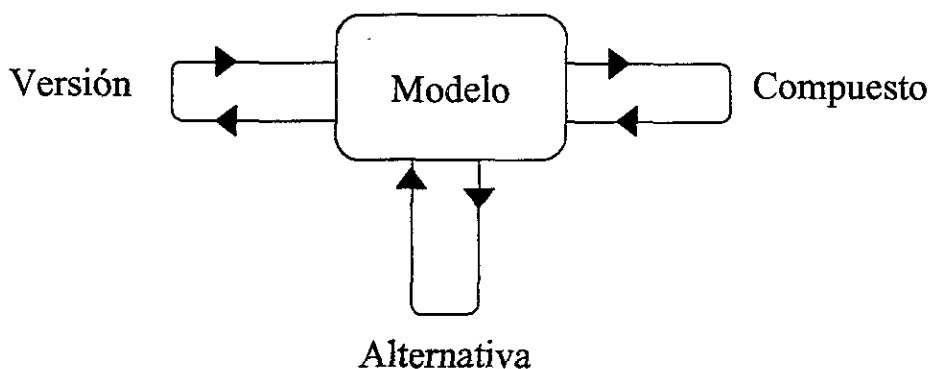


FIGURA 7 DIAGRAMA PARA EL MANEJO DE VERSIONES, ALTERNATIVAS Y MODELOS COMPUESTO.

Con este conjunto de definiciones y esquemas, se construye el esquema relacional de la base de conocimientos de modelos y datos, en el Anexo A se muestra este esquema.

### 3. Ejemplo

El problema presentado en el Capítulo 2, se utiliza para ejemplificar el uso de esta base de conocimiento. En el Capítulo 2 se plantea el desarrollo de un sistema de costeo con los siguientes módulos: (a) *operacional*, encargado del almacenamiento de los datos relacionados con las principales actividades que generan ingresos y egresos de capital; (b) *táctico*, definido para la generación y análisis de los estados financieros de la organización, este módulo utiliza el concepto de almacén de datos para el manejo de los datos históricos de los hechos ventas y costos, dimensionados por tipo de costos, unidad estratégica de negocios y tiempo; y (c) *estratégico* diseñado para realizar el análisis de riesgo/rendimiento por unidad estratégica de negocio.

El proveedor de datos para el módulo estratégico, como se ha venido mencionando, es el almacén de datos. En la Figura 8 se muestra la estructura de este almacén. Con esta estructura se puede tener información histórica de los flujos de capital producidos por las ventas, junto con los costos en los que se incurrió. Con el uso de las dimensiones definidas es posible tener esta información por unidad estratégica de negocios, tipo de costos y diferentes tipos de periodos de tiempo; por ejemplo, se pueden tener series de ventas, por unidad de negocio, anuales, trimestrales o mensuales; así también, series históricas de costos indirectos, directos variables o fijos, entre otros.

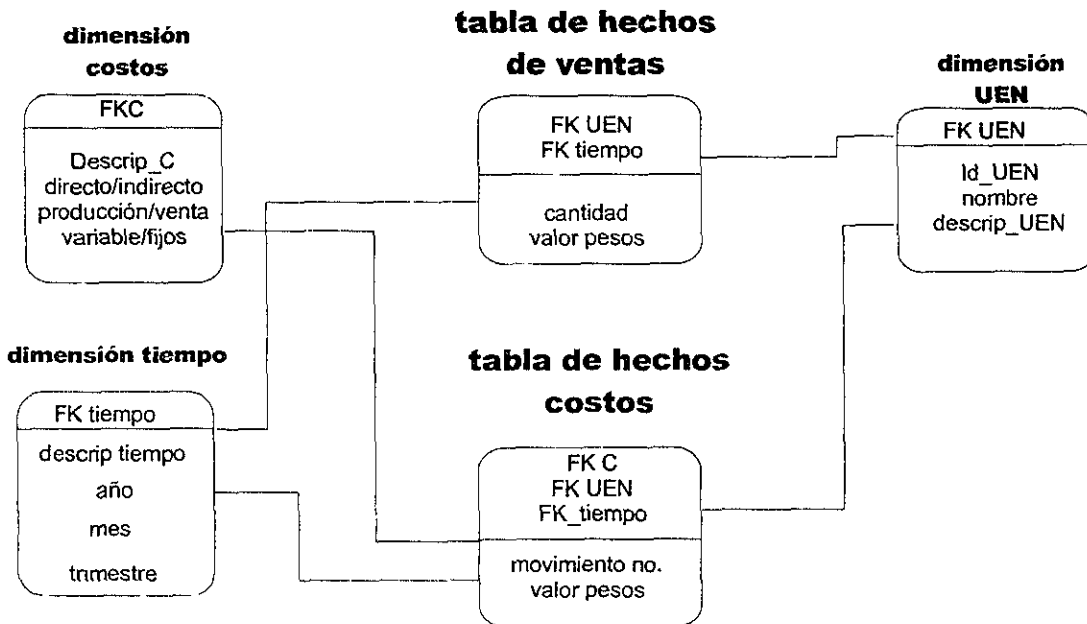


FIGURA 8 DIAGRAMA CONSTELACIÓN

El diagrama de la Figura 8 representan cinco tablas: tres tablas asociadas a las dimensiones: costos, unidad estratégica de negocios y tiempo, y dos para los hechos ventas y costos. A continuación, se presentan estas tablas con sus atributos y una descripción de la información que se almacena.

**La dimensión costos.** En esta tabla se almacena la información de los costos asociados con la producción y venta de los productos o servicios que ofrece la organización. Estos costos de producción o ventas pueden ser directos o indirectos, fijos o variables. Por ejemplo el costo MCD\_1, es un costo directo de producción de tipo fijo, mientras que costo MCI\_3 es un costo indirecto de producción variable.

TABLA 1 DIMENSIÓN COSTOS

	FKC	Descrip_CD	Directos o indirectos	Producción / venta	Variable / fijo
	MCD_1	Material limpieza	Directo	Producción	Fijo
	MCI_1	Material admon.	Indirecto	Venta	Fijo
	MCI_3	Refacciones	Indirecto	Producción	Variable
	SueE_1	Ensamble fase 1	Directo	Producción	Fijo
	SueE_2	Ensamble fase 2	Directo	Producción	Variable
	MCp_1	Ensamble	Directo	Producción	Fijo
	SueT_2	Terminado	Directo	Producción	Fijo
	...				

**Dimensión unidad estratégica de negocios (UEN).** En esta tabla se almacena la información de las unidades estratégicas del negocio, para este ejemplo solamente dos unidades de negocio son las que tiene la organización, Prod-1 y Prod-2.

TABLA 2 DIMENSIÓN UEN

	FK_UEN	Nombre	Descrip
	Prod-1	Ganso	...
	Prod-2	Galletas	...

**Dimensión tiempo.** En esta tabla se almacena información de las fechas de operación, clasificadas por año, trimestre, mes.



TABLA 3 DIMENSIÓN TIEMPO

	FK_tiempo	Año	Trimestre	Mes
	01/04/1999	1999	2	4
	02/04/1999	1999	2	4
	...	...	...	...

**Hechos costos producción.** En esta tabla se almacenan los costos por movimientos que se realicen en la organización. Estos costos están asociados a unidades estratégicas de negocio (UEN), tipos de costos y fecha de la operación.

TABLA 4 HECHOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

	FKUEN	FK_tiempo	FKC	Movimiento No.	Costo
	Prod-2	01/04/1999	MCD_1	Mov_1	1000
	Prod-2	01/04/1999	MCI_1	Mov_1	240
	Prod-2	01/04/1999	SueE_1	Mov_1	1200
	Prod-2	01/04/1999	SueT_2	Mov_1	1800
	...	...	...	...	...
	Prod-1	05/04/1999	MCI_1	Mov_2	1500
	...	...	...	...	...

**Hechos ventas.** En esta tabla se almacenan tanto los flujos de capital como la cantidad de producto asociados con las ventas realizadas en la organización. Estas ventas están referidas a una unidad estratégicas de negocio (UEN) y a una fecha de operación.

TABLA 5 HECHOS VENTAS

	FKUEN	FK tiempo	Cantidad	Valor
	Prod-2	01/04/1999	10	150
	Prod-2	01/04/1999	10	150
	Prod-1	02/04/1999	30	350
	...	...	...	...

### 3.1. El módulo estratégico

El módulo estratégico, para este ejemplo en particular, tiene como propósito realizar el análisis riesgo/rendimiento de la empresa. Este análisis puede realizarse en forma general o por unidad estratégica de negocio, utilizando costos por actividad, por departamento, etcétera. En la Figura 9, se muestra un modelo para el análisis de riesgo. Este modelo se basa en la estimación del valor presente neto por unidad estratégica de negocio.

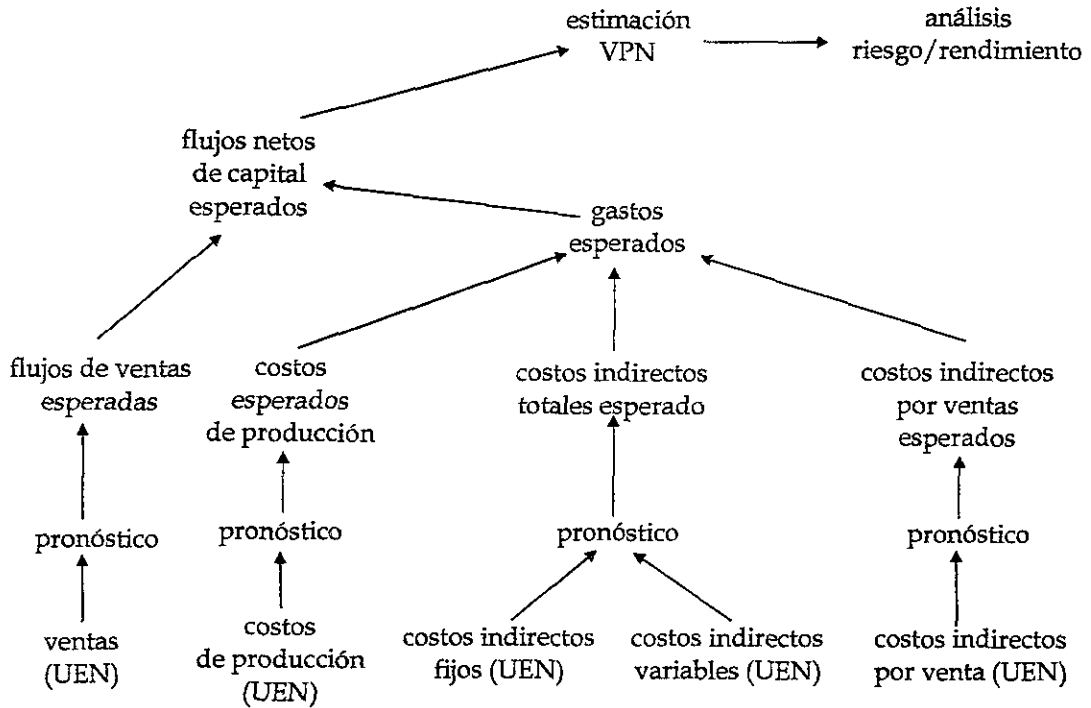


FIGURA 9 MODELO RIESGO RENDIMIENTO POR UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS

Para el cálculo del valor presente neto se requiere de la ejecución de dos submodelos: (a) un modelo para generar pronósticos, para ventas, costos indirectos y de producción; y (b) un modelo para la evaluación de los flujos netos de capital por unidad estratégica de negocio. En las figuras 10 y 11 se muestran estos submodelos gráficamente.

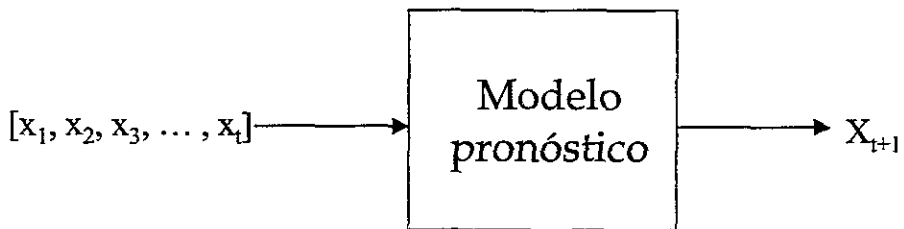


FIGURA 10 MODELO DE EVALUACIÓN DE PRONÓSTICO

En la Figura 10, se muestra la representación de un modelo de pronóstico; su estructura externa está compuesta por sus entradas, información histórica  $\{x_0, x_1, \dots, x_t\}$  y su salida  $x_{t+1}$ . La estructura interna que este modelo puede estar caracterizada por alguna de las diferentes alternativas que existen para estimar un valor futuro. Por simplicidad, para este ejercicio se selecciona la función promedio como la estimación de un pronóstico.

$$x_{t+1} = \sum_{i=1}^t \frac{x_i}{t}$$

En la Figura 11, se muestra el esquema para el cálculo del valor presente neto. La información que se requiere para este cálculo son: los flujos netos de capital proyectados y la tasa a la que los flujos serán descontados. De la misma manera que para el modelo de pronóstico, existen diferentes alternativas de estructura interna para este modelo. Por simplicidad se utilizará la fórmula de valor presente neto para una perpetuidad.

$$VPN = \frac{FNC}{r}$$

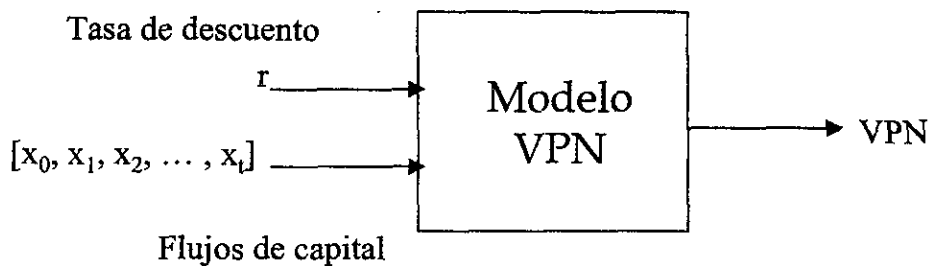


FIGURA 11 MODELO PARA EL CÁLCULO DEL VALOR PRESENTE NETO

### 3.2. Esquema de administración de modelos

A continuación se muestra la representación de estos modelos, bajo el esquema de administración de modelos propuesto; así también, algunos comentarios a manera de explicación.

**Relación Modelo**, en ésta se observan lo siguiente: (a) información general (supuestos, propósito y analogías) de cuatro modelos; (b) referencia a su estructura externa e interna (Idestruex, Idestruint); (c) coexistencia de tipos de modelos. Para este ejemplo, atómicos y compuestos.

IdModelo	Idestruex	Idestruint	Nombre	Supuestos	Propósito	Analogía	Tipo de modelo
Mod1	E_E1	E_I1	Pronóstico ventas	Datos históricos con muestras en un mismo intervalo de tiempo	Estimar valores futuros de una serie de datos	Futuro	Atómico
Mod2	E_E2	E_I1	Pronóstico gastos	Datos históricos muestreados en un mismo intervalo de tiempo			Atómico
Mod3	E_E3	E_I3	Flujo neto de capital por UEN		Cálculo de los flujos netos para un periodo $t$		Compuesto
Mod4	E_E4	E_I4	Valor presente neto	Se mantiene constante el valor de la tasa de descuento y se considera a perpetuidad el FNC	Se estima el valor de un proyecto, empresa o activo	Renta congelada	Compuesto

**Relación Estructura\_interna**, el propósito de esta relación es ligar al modelo con las entidades que forma su estructura interna. El atributo Ident está asociado con la relación Entidad Mod\_Tipo. Tiene como característica ser el nodo raíz del modelo; a partir de este nodo y la información contenida en la relación Llana es que se construirá la gráfica de la estructura interna del modelo.

Idestruint	Ident
E_I1	Ent_1
E_I2	Ent_1
E_I3	Ent_2
E_I4	Ent_3

**Relación Entidad**, en esta relación se almacena las entidades que forman un modelo. Los tipos de entidades, así como sus atributos, son los definidos por Geoffrion y mencionados anteriormente.

Ent	EntNom	NonDes	Ent_tipo	Indice	Ind_ent	C_rango	C_codigo
Ent_1	Pron_1	Pronóstico promedio	Mod_Tipo				
Ent_2	FNC	Flujo neto de capita	Mod_Tipo				
Ent_3	VPN	Valor presente neto	Mod_Tipo				
Ent_4	Cal_FNC	Cálculo flujo neto de capital	Fun	FNC			$(ventas - gastos) \times (1 - Tc) + Tc \times Dep$
Ent_5	Cal_VPN	Cálculo del VPN	Fun	VPN			$\frac{FNC}{r}$
Ent_6	Promedio	Prom	Fun	X <sub>t-1</sub>			$\sum_{t=1}^t \frac{X_t}{t}$
Ent_7	Se_Da	Serie de datos	Ce	I <sub>i</sub>			
Ent_8	Pron_ven	Pronóstico ventas	Var	Pvent			
Ent_9	Pron_gas	Pronóstico gastos	Var	Pgast			
Ent_10	Flu_Cap	Flujos de capital	Var	FC			

**Relación Llama**, con esta relación, a partir de la entidad nodo raíz, se puede construir la gráfica de la estructura de un modelo; por ejemplo, la entidad Ent\_2 es nodo raíz del modelo Mod3 (ver relación Estructura\_interna y Modelo); este modelo está compuesto por las entidades (Ent\_4, Ent\_8, Mod1) y (Ent4, Ent\_9, Mod2), la Ent4 es la función para el cálculo de flujos netos de capital; la cual a su vez utiliza como entrada las variables de pronóstico para la venta y gastos, estos pronósticos son calculados por los modelos Mod1 y Mod2 respectivamente.

Ident	Ident	Tip
Ent_1	Ent_6	Entidad
Ent_1	Ent_7	Entidad
Ent_2	Ent_4	Entidad
Ent_2	Ent_8	Entidad
Ent_2	Mod1	Modelo
Ent_2	Ent_9	Entidad
Ent_2	Mod2	Modelo
Ent_3	Ent_5	Entidad
Ent_3	Ent_8	Entidad
Ent_3	Mod_3	Modelo

Estructura\_Externa\_Sa, en esta relación se tiene información de los puertos de salida de los modelos.

Ident	Ident	Nombre	Comentarios	Unidad	Valor
E_E1	P_sa_1	Resultado de pronóstico	Variable	Número real	Variable X = Resultado de pronóstico
E_E2	P_sa_2	Resultado de pronóstico	Variable	Número real	Variable Y = Resultado de pronóstico
E_E3	P_sa_3	Flujo neto de capital periodo t	Variable	Número real	ENC <sub>t</sub> = Flujo neto de capital periodo t
E_E4	P_sa_4	Valor presente neto	Variable	Número real	VPN = Valor presente neto

Estructura\_Externa\_En. en esta relación se tiene información de los puertos de entrada de un modelo; una característica importante de esta relación es el hecho de que los puertos pueden tener asociadas funciones, como por ejemplo la realización de un consulta a una base de datos o la solicitud de información de un usuario.

<b>Idustria</b>	<b>Id Puerto</b>	<b>Nombre</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Componentes</b>	<b>Redes de Estratificación</b>
E_E1	P_en_1	Datos históricos de ventas por UEN	Ce	Consulta a la tabla de hechos ventas	$\pi_{Costo} (\sigma_{FKUEN-Pr od-X} (\text{Hechos ventas}))$
E_E2	P_en_2	Datos históricos de costos producción por UEN	Ce	Consulta a la tabla de hechos costos producción	$\pi_{Costo} (\sigma_{FKUEN-Pr od-X} (\text{Hechos costos producción}))$
E_E3	P_en_1	Datos históricos de ventas por UEN	Ce	Consulta a la tabla de hechos ventas	$\pi_{Costo} (\sigma_{FKUEN-Pr od-X} (\text{Hechos ventas}))$
E_E3	P_en_2	Datos históricos de costos producción por UEN	Ce	Consulta a la tabla de hechos costos producción	$\pi_{Costo} (\sigma_{FKUEN-Pr od-X} (\text{Hechos costos producción}))$
E_E3	P_en_3	Tasa de impuesto	Var	Tasa de impuesto a pagar número real [0..1]	Solicitud a usuario valor de la variable Tc
E_E3	P_en_4	Porcentaje depreciación	Var	Tasa de impuesto a pagar, número real [0..1]	Solicitud a usuario valor de la variable Dep
E_E4	P_en_5	Tasa descuento	Var	Tasa de interés, número real [0..1]	Solicitud a usuario valor de la variable r
E_E4	P_en_1	Datos históricos de ventas por UEN	Ce	Consulta a la tabla de hechos ventas	$\pi_{Costo} (\sigma_{FKUEN-Pr od-X} (\text{Hechos ventas}))$
E_E4	P_en_2	Datos históricos de costos producción por UEN	Ce	Consulta a la tabla de hechos costos producción	$\pi_{Costo} (\sigma_{FKUEN-Pr od-X} (\text{Hechos costos producción}))$
E_E4	P_en_3	Tasa de impuesto	Var	Tasa de impuesto a pagar número real [0..1]	Solicitud a usuario valor de la variable Tc
E_E3	P_en_4	Porcentaje depreciación	Var	Tasa de impuesto a pagar, número real [0..1]	Solicitud a usuario valor de la variable Dep

Versión, se almacenan las versiones que un modelo pudiera tener asociadas. Para este ejemplo no se tienen ninguna.

<i>IdModelo</i>	<i>IdModelo</i>
Mod1	

Alternativa, se almacenan las alternativas que un modelo pudiera tener asociadas. Para este ejemplo no se tienen ninguna.

<i>IdModelo</i>	<i>IdModelo</i>
Mod1	

Compuesto, Define si un modelo fue construido a partir de otros modelos. Por ejemplo se observa que el Mod3 está compuesto de los modelos Mod1 y Mod2 y el Mod4 del Mod3.

<i>IdModelo</i>	<i>IdModelo</i>
Mod3	Mod1
Mod3	Mod2
Mod4	Mod3



#### 4. Conclusiones

A partir de la definición de la base de conocimiento del sistema para el apoyo de decisiones, se construyó el sistema integral propuesto a lo largo de este trabajo. El desarrollo del prototipo del sistema utiliza el concepto de COM para la comunicación entre la base de conocimiento y el "solver" (Excel).

Se concluye que un sistema de este tipo ayudará a resolver problemas como:

- (i) *Liga problema – modelo.* Para un directivo, analista o consultor, contar con información de los modelos existentes en la base de conocimiento, le ayudará en las fases de análisis y planeación, conceptualización y simbolización del proceso de modelación (ver metodología de modelación capítulo 3).
- (ii) *Liga modelo – modelo.* La estructura presentada incluye el concepto de desarrollo de modelos utilizando modelos existentes, mediante la definición de modelos compuestos. El uso eficiente de esta ventaja dependerá en gran medida de la interfaz que se implemente.
- (iii) *Liga modelo – dato.* El desarrollo de la base de conocimiento ayuda al uso de los datos y modelos de la organización. Se remarca la importancia que tiene la interacción entre datos y modelos en procesos de toma de decisiones.
- (iv) *Administración de modelos.* Dado que el modelo y sus componentes se conceptualizaron para ser representados en una base de datos, las funcionalidades que un administrador de datos presenta, ayudarán a la administración de los modelos dentro una organización.

## 5. Referencias

- Achinstein P. (1987) *Los modelos teóricos*. Seminario de problemas científicos y filosóficos. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Applegate L. M., Konsynski B. R. and Nunamaker J. F. (1986) *Model Management Systems: Designs for Decision Support*. Decision Support Systems. 2,1. pp 81-91.
- Balci O. (1986) *Requirements for Model Development Environments*. Computers & Operations Res. 13,1. pp 53-67.
- Banerjee S., Basu A. (1993) Model Type Selection in an Integrated DSS Environment. Decision Support System 9. pp 75-98.
- Batory O., Kim W. (1986) *Modeling Concept for VLSI CAD Objects*. ACM Transactions on Database Systems, 10-3. September. pp 322-346.
- Blanning R. W. (1982) *Data Management and Model Management: A Relational Synthesis*, Proceedings of the ACM 20<sup>th</sup> Annual Southeast Regional Conference. April. pp 139 – 147.
- Blanning R. W. (1983) *Issues in the Design of Relational Model Management Systems*. Proceeding of the National Computer Conference. pp 359-401.
- Bonczek R. H., Ghiaseddin N., Holsapple C. W and Whinston A. B. (1983) *The DSS Development System*. Proceedings of the National Computer Conference. pp 421-435.
- Bonczek R. H., Holsapple C. W and Whinston A. B. (1981) *Foundation of Decision Support Systems*, Academic Press, New York.
- Bonczek R. H., Holsapple C. W. and Whinston (1980) *The Evolving Roles of Models in Decision Support Systems*. Decision Sciences, 11. April. pp 337-356.
- Bradely G. H., Clemence R. D. (1987) *A Type Calculus for Executable Modeling Language*. IMA Journal of Math. In Management 4. pp 277-291.
- Braithwaite R. B. (1955) *Scientific Explanation*, Cambridge, cap 4.
- Braithwaite R. B. (1962) *Models in the Empirical Sciences*, Logic, Methodology, and Philosophy of Science. Stanford, pp. 224-231.
- Checkland P. (1981) *Systems Thinking, Systems Practice*. Wiley, Chichester.
- Conway M. E. (1963) *Design of a Separable Transition-Diagram Compiler*. Communications of the ACM. 6, 7 July. pp 396-408.
- Dijkstra E. W. (1968) *Cooperating Sequential Processes*. Programming Languages, F. Genuys. Academic Press, New York. Pp 43-112.
- Dittrich K., Lorie R. (1988) *Version Support for Engineering Database Systems*. IEEE Transactions on Software Engineering. SE-14,4. April. pp 429-437.
- Dolk D. R. (1986) *Data as Models: An Approach to Implementing Model Management*. Decision Support Systems. 2, 1. pp 73-80.
- Dolk D. R. and Konsynsky B. R. (1984) *Knowledge Representation for Model Management Systems*. IEEE Transactions on Software Engineering, SE-10, 6. November. pp 619-628.

- Dolk D. R. and Konsynsky B. R. (1985) *Model Management in Organizations*. Information & Management, 9. August. pp 35-47.
- Dolk D. R., Kottemann J. E. (1993) *Model integration and a theory of models*. Decision Support Systems 9. pp 51-63.
- Dutta A. and Basu A. (1984) *An Artificial Intelligence Approach to Model Management in Decision Support Systems*. IEEE Computer, 17,9. pp 89-97.
- Elam J. J. Herderson J. C. and Miller L. W. (1980) *Model Management Systems: An Approach to Decision Support Systems in Complex Organizations*. Proceedings of The First International Conference on Information Systems. December. pp 98-110.
- Fedorowicz J. and Williams G. B. (1986) *Representing Modeling Knowledge in an Intelligent Decision Support Systems*. Decision Support Systems, 2,1. pp 3-14.
- Fourer R. (1983) *Modeling Languages Versus Matrix Generators for Linear Programming*. ACM Transactions on Mathematical Software. 9.2. June. pp 143-183.
- Gass S. L. (1984) *Documenting a Computer Based Model*. Interface, 13-14. pp. 84-93. May June.
- Gass S. L. (1987) *Managing the Modeling Process: A Personal Reflection*. European J. of Oper. Res. 35,5. July. pp 1-8.
- Geoffrion A. M. (1987) *An Introduction to Structured Modeling*. Management Sci. 33,5. May. pp 547-588.
- Geoffrion A. M. (1994) *Structured Modelling: Survey and Future Research Directions*. ORSA Computer Science Technical Section Newsletter 15. pp 11-20.
- Ghiasi N. (1986) *An Environment for Development of Decision Support Systems*. Decision Support Systems, 2,3. pp 195-212.
- Hamcher S., Dejoux P., Lustosa L., Hamacher P. (1993) *A Diagram Representation for Conceptual Models of Operations Research Problems*. Cahier d'Etudes et de Recherche No. 93-04A. Laboratoire Productique Logistique, Ecole Centrale Paris, France.
- Hu J., Yeo G.K. (1995). *Visualising Structures Modeling*. Proceedings of Pan Pacific Conference on Information Systems, Singapore, pp. 342-348.
- Huh S., Chung Q. (1995). *A Model Management Framework for Heterogeneous Algebraic Models: Object – oriented Database Management Systems Approach*. Omega, Int. J. Mgmt Sci. Vol. 23. No. 3. pp. 235-256.
- Hutten E. (1956) *The Language of Modern Physics*, Londres. pp 82.
- Jones C. V. (1996) *Visualisation and Optimisation*. Kluwer Academic publisher. pp 152.
- Katz R. H., Lehman T. (1984) *Database Support for Versions and Alternatives for Large Design Files*. IEEE Transactions on Software Engineering. SE-10,2. March. pp 191-200.
- King M. (1988) *A framework for teaching OR techniques*. J. Opl. Res. Soc. 39(12). pp 1087-1093.
- King M. (1989) *Mathematical modelling in part – time MBA programmes*. MEAD 20(4). 303-312.

- King M., McAulay L., Cragg P.B. (1991) *Experiences in Applying a General Modelling Methodology*. Omega Int. J. of Mgmt Sci. Vol 19, No. 6. pp. 567 – 575.
- Lenard M. L. (1986) *Representing Models as Data*. J. of MIS, 2,4. pp 36-48.
- Ling T. P. (1985) *Integration Model Management with Data Management in Decision Support Systems*. Decision Support Systems, 1, 3. pp 221-232.
- Loh S. Y., Yeo G. K. (1997). *A Framework for Implementing Structured Modeling*. ASTED International Conference on Modeling and Simulation Pittsburgs.
- Mannino M. V., Greenberg B. S., Hong S. N. (1988) *Knowledge Representation for Model Libraries*. Hawaii IEEE. pp 349-355.
- Muhanna W. A., Pick R. A. (1994). *Meta – modeling Concepts an Tools for Model Management: A Systems Approach*. Management Science. Vol 40. No. 9. pp. 1093-1123. September 1994.
- Nagel E. (1961) *Structure of Science*, Nueva York. pp. 90
- Naylor T. H. (1979) *Corporate Planning Models*. Addison – Wesley, reading.
- Neustadter L. (1992) *Simplifying SML: A Proposal. Informal Note*. Anderson School of Management, UCLA. LA.
- Ramirez R., Lin S. (1993) *Subscript free indexing in a Mathematical Programming Language*. Twenty-six annual Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE Computer Society Press. pp 424-433.
- Rochking M. J. (1975) *The Source Code Control System*. IEEE Transactions on Software Engineering. SE-1, 12. December.
- Roth R. F. Gass S. I. and Lemoine A. J. (1978) *Some Considerations for Improving Federal Modeling*. Proceedings of the Winter Simulation Conference. pp 213–217.
- Shaw M. J., Tu P. L. and De P. (1988) *Applying Machine Learning to Model Management in Decision Support Systems*. Decision Support Systems, 4. pp 285-305.
- Sprague R. H. and Carlson E. D. (1975) *Building Effective Decision Support Systems*. Prentice – Hall, Englewood Cliffs. NJ.
- Sprague R. H. and Watson H. J. (1982) *MIS Concepts: Part 1*. of Systems Management, January. pp 34-37.
- Tichy W. F. (1982) *Desing, implementation, and Evaluation of a Revision Control System*. Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Conference on Software Engineering, IEEE. September. pp 58-67.
- Will H. J. (1975) *Model Management Systems. Information Systems and Organization Structure*. Ed. E. Grochia and N. Szyperki, Walter de Gruyter, Berlin, Germany.
- Yeo G.K., Hu J. (1997). *Visual Modeling with VMS/SM*. Proceeding of IASTED International Conference on Modeling and Simulation, pp 202-205.

6. Anexo A (El esquema relacional de la base de modelos)

La implantación de la base de conocimiento se plantea en un administrador de base de datos relacional. El esquema conceptual del modelo presentado en el inciso anterior tiene como esquema relacional las siguiente relaciones con sus respectivos atributos:

<b>Modelo</b>	
	<b>Atributos</b>
<b>Nombre</b>	
<b><u>IdModelo</u></b>	
<b>Idstruex</b>	
<b>Idestruint</b>	
<b>Supuestos</b>	
<b>Propósito</b>	
<b>Analogías</b>	

<b>Versión</b>	
	<b>Atributos</b>
<b><u>IdModelo</u></b>	<b>el primero es la versión</b>
<b>IdModelo</b>	

<b>Alternativa</b>	
	<b>Atributos</b>
<b><u>IdModelo</u></b>	
<b>IdModelo</b>	

<b>Compuesto</b>	
	<b>Atributos</b>
<b><u>IdComp</u></b>	
<b>IdModelo</b>	

<b>Estructura Externa</b>	
<b>Atributos</b>	
<u>Idestructuex</u>	
<u>Idpuerto_Sa</u>	
<u>Idpuerto_En</u>	
<u>Nombre</u>	
<u>Estado</u>	
<u>Comentarios</u>	

<b>Puerto_salida</b>	
<b>Atributos</b>	
<u>Idpuerto_Sa</u>	
<u>Nombre</u>	
<u>Enti_tipo</u>	

<b>Puerto_entrada</b>	
<b>Atributos</b>	
<u>Idpuerto_En</u>	
<u>Nombre</u>	
<u>Enti_tipo</u>	

<b>Puerto_salida</b>	
<b>Atributos</b>	
<u>Idpuerto_Sa</u>	
<u>Nombre</u>	
<u>Enti_tipo</u>	

<b>Estructura interna</b>	
<b>Atributos</b>	
<u>Idestructuint</u>	
<u>Ident</u>	

Entidad	
<b>Atributos</b>	
<u>Ident</u>	
NomDes	
Indice	
Ind_ena	
EntNom	
Grango	
Grega	

## 7. Tabla de figuras

FIGURA 1 REPRESENTACIÓN DE UN MODELO	144
FIGURA 2 REPRESENTACIÓN DE LA EXSTRUCTURA EXTERNA DE UN MODELO	145
FIGURA 3 TIPOS DE ENTIDADES Y ATRIBUTOS DEL MODELO ESTRUCTURAL	146
FIGURA 4 ENTIDADES Y SUS ATRIBUTOS DEL MODELO ESTRUCTURADO	147
FIGURA 5 REPRESENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA INTERNA	147
FIGURA 6 RESTRICCIONES DE INTEGRIDAD	148
FIGURA 7 DIAGRAMA PARA EL MANEJO DE VERSIONES, ALTERNATIVAS Y MODELOS COMPUESTO.	148
FIGURA 8 DIAGRAMA CONSTELACIÓN	149
FIGURA 9 MODELO RIESGO RENDIMIENTO POR UNIDAD ESTRATÉGICA DE NEGOCIOS	152
FIGURA 10 MODELO DE EVALUACIÓN DE PRONÓSTICO	152
FIGURA 11 MODELO PARA EL CÁLCULO DEL VALOR PRESENTE NETO	153



CAPÍTULO 5

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PARA LA  
ADMINISTRACIÓN DE MODELO  
(FINANCIEROS)

CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>168</b>
<b>2. ANÁLISIS DE INVERSIONES .....</b>	<b>170</b>
<b>3. SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE MODELOS FINANCIEROS.....</b>	<b>171</b>
3.1. ADMINISTRACIÓN DEL CATÁLOGO DE MODELOS Y DATOS .....	172
3.2. EXPERIMENTACIÓN Y EJECUCIÓN DE MODELOS .....	178
<b>4. COMENTARIOS .....</b>	<b>181</b>

## RESUMEN

La contribución principal del este trabajo es la unión de una serie de conceptos relacionados con la definición, uso, construcción y aplicación de modelos para formar un nuevo enfoque del concepto de sistema para la administración de modelos (SAM). A diferencia de las propuestas sobre SAM presentes en la literatura, en donde únicamente se muestran los conceptos, módulos o las funciones que se desea realice un sistema de administración de modelos; en este trabajo se demuestra que la conceptualización propuesta para un SAM, permiten construir un sistema de cómputo para la administración de modelos. En particular se presenta la operación del *sistema de administración de modelos financieros (SAMF)*.

Por otro lado, debido a que los trabajos presentes en la literatura no muestran el funcionamiento de los sistemas que proponen con su metodologías, no se puede verificar los beneficios que ofrecen para la solución de los problemas relacionados con las ligas problema – modelo, modelo – modelo y modelo – dato. En este capítulo se muestra como el sistema desarrollado ayuda a cada uno de estas cuestiones.

El funcionamiento del sistema se muestra en un ambiente financiero. En los ambientes financieros el análisis de datos usando modelos es aceptado y muy valorado por todos sus participantes. Las alternativas de inversión a las que una persona física tiene acceso son muchas y las combinaciones posibles de estas alternativas son mucha más. La cantidad de información y la diversidad de alternativas de inversión hacen que se requiera de sistemas, para el apoyo de decisiones, que permitan evaluar de manera rápida y eficiente una amplia gama de opciones.

## 1. Introducción

En este capítulo se muestra el sistema de administración de modelos para el área de análisis de información financiera, construido a partir del modelo conceptual presentado en el capítulo cuatro. Se describen sus principales funciones y la manera en como éstas apoyan el almacenamiento, manipulación y control de modelos. Se comprueba que el sistema ayuda a la solución de los problemas relacionados con las ligas problema – modelo, modelo – modelo y modelo – dato.

El sistema ofrece contribuciones en el área de la administración de modelos, en particular los siguientes puntos:

- i) *Definición de un nuevo modelo conceptual para el desarrollo de un SAM.* El modelo propuesto se basa en la adecuación y combinación de una serie de conceptos manejados de manera independiente en las ciencias de administración de modelos. En particular las principales innovaciones del enfoque propuesto, son:
  - a) *Definición de las características particulares de un modelo que permitan identificar criterios para su clasificación y catalogación.* Se propone una conjunto de atributos para un modelo. Estos atributos son el resultado del

análisis de cómo se concibe este concepto en las áreas de investigación de operaciones y teoría de decisiones;

- b) *Definición de los conceptos de puertos de entrada y puertos de salida de un modelo con base en la combinación de la definición de los elementos que conforman un modelo estructural y el concepto de almacén de datos<sup>i</sup>.* Se adecuan las definiciones de entidad primitiva, entidad compuesta, atributo y variable del modelo estructurado para construir la definición de puerto interno, externo y el almacén de datos del sistema.
- c) *Adecuación del modelo estructurado de Geoffrion (1987, 1994) para el manejo y administración de la estructura interna de un modelo.* Se adecuan algunas de funcionalidades que ofrece el modelado estructurado para la administración, presentación y manejo de la estructura interna de un modelo.
- d) *Implantación del modelo conceptual propuesto en un ambiente de cómputo.* Se desarrollo un sistema de administración de modelos financieros para comprobar el funcionamiento de los conceptos sugeridos en los incisos anterior. En este punto es importante mencionar el uso que se le da a los componentes que Microsoft Office ofrece, en particular todos los modelos atómicos del sistema son aplicaciones de componentes Excel.

ii) *Demostración práctica de los beneficios de un SAM para la solución de los problemas relacionados con las ligas problema – modelo, modelo – modelo y modelo – dato.* Se muestran los beneficios de contar con un SAM para el análisis técnico del comportamiento del Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores. En particular:

- a) En la selección y validación de modelos (*liga modelo – problema*).
- b) Para la evaluación, experimentación y construcción modelos compuestos (*liga modelo – modelo*).
- c) En la administración, suministro, y validación de los datos requeridos para la ejecución de cada uno de los modelos (*liga modelo – dato*).

El capítulo se divide en tres secciones: en la primera, **Análisis de inversiones** se presenta una breve descripción de la manera en como se realiza el análisis de inversiones que se utiliza para mostrar la operación del sistema; en la segunda, **Sistema de administración de modelos financieros**, se describe la operación de las principales funciones de los dos módulos que componen al sistema; finalmente en la tercera sección, **Comentarios finales**, se hace un resumen de las contribuciones del SAMF tiene en el área de administración de modelos.

## 2. Análisis de inversiones

En términos generales el objetivo de realizar un análisis de inversiones es maximizar los rendimientos de una cantidad  $M$  de dinero, considerando restricciones y/o alternativas en las variables tiempo, espacio y riesgo. La variable tiempo involucra la conveniencia de realizar el análisis de los indicadores financieros – económicos en periodos mensuales, anuales, sexenales u otros. Por otro lado, la variable espacio tiene que ver con la utilización y combinación de las diferentes alternativas de inversión que el mercado ofrece, finalmente la variable riesgo se encarga de evaluar la probabilidad que se tiene de conseguir los rendimientos esperados en la inversión. Por ejemplo en la Figura 1, se observa el espacio de alternativas de inversión para un escenario en donde se tiene con tres tipos de inversiones: A) acciones de alto riesgo, B) acciones de bajo riesgo y C) portafolios de inversión; y tres alternativas de períodos de inversión, mensual, trimestral y anual. El punto X1 es la estrategia de inversión en la que se decide comprar la acción B y mantenerla tres meses.

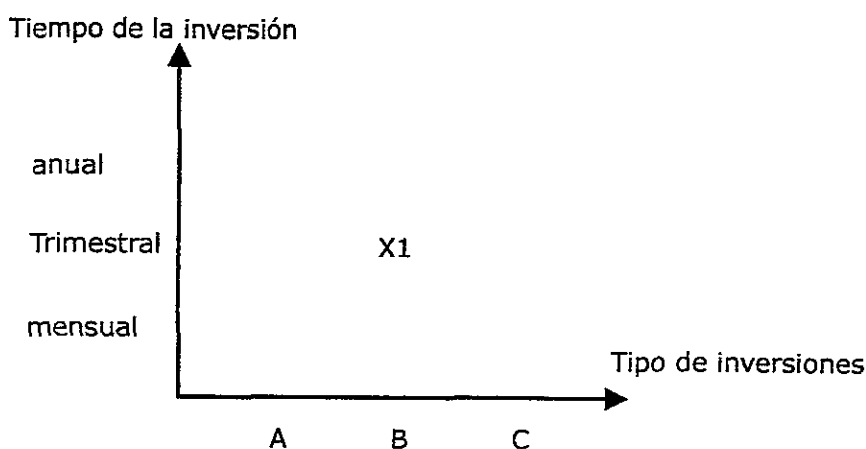


FIGURA 1 REPRESENTACIÓN DE LA VARIABLES TIPO DE INVERSIÓN Y TIEMPO DE INVERSIÓN

Se pueden construir diversas estrategias de inversión, por ejemplo: *agresivas*, inversiones a corto plazo en empresas de alto riesgo; *moderadas*, inversiones a medio plazo en acciones de empresas de bajo riesgo; y *conservadoras*, inversiones a largo plazo mediante la compra de portafolios de inversión.

El seguimiento y control de cada una de estas estrategias requiere de la evaluación del comportamiento de los precios de las acciones o portafolios en los que se invierte y de las variables económicas que influyen en su comportamiento. Una de las formas de evaluar el comportamiento de mercados financieros es lo que se conoce como *análisis técnico*. En él se trata de identificar la tendencia a largo plazo, los eventos temporales y la variabilidad en de los indicadores económicos y/o acciones. En las siguientes secciones se muestra como el SAMF apoya este tipo de estudio financiero. Se realiza el análisis técnico del índice de precios y cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores (IPyC).

### 3. Sistema de administración de modelos financieros

El sistema de administración de modelos financieros que se presenta en este capítulo consta actualmente con 22 modelos atómicos y 25 modelos compuesto. La cantidad de modelos compuestos varia dinámicamente, ésto es, se pueden dar de alta o de baja modelos compuestos. Los modelos atómicos están clasificados en cinco grupos: herramientas generales, operaciones algebraicas, filtros, análisis estadísticos y funciones para generar agregados de datos. Adicionalmente, en el almacén de datos del sistema se tiene registradas 15 series de tiempo. Estas series están clasificadas por: acciones, portafolios de inversión y indicadores económicos. La administración y operación se realiza en dos módulos, ver Figura 2.

- i) *Administración del catálogo de modelos y datos.* Este módulo es el encargado del almacenamiento, actualización y consulta tanto de los modelos como de los datos que éstos necesitan para su ejecución. Dentro de sus principales funciones están las altas, consultas y actualizaciones de modelos. El sistema maneja modelos atómicos, compuestos y versiones<sup>1</sup>.
- ii) *Experimentación y ejecución de modelos.* El sistema ofrece una serie de funciones que permiten seleccionar modelos, atómico o compuestos, asignarles sus datos de entrada y ejecutarlos; en este módulo es donde se realiza la composición de modelos. La composición se ejecuta en forma semi - automática, el sistema permite construir y ejecutar modelos compuestos en línea, y grabarlos si se desea, por ejemplo se selecciona un modelo en particular y se ejecuta, los datos resultado de la ejecución de este modelo se asignan a un nuevo puerto de entrada<sup>2</sup>, este puerto, junto con otros puertos de entrada, puede ser utilizado como entrada para ejecutar otro modelo. Adicionalmente en este módulo se ofrece la posibilidad de hacer transformaciones sobre los datos, con base en sus dimensiones, para este ejemplo la única dimensión que se maneja es el tiempo; una serie con periodo de muestreo diario puede verse por semana, trimestre, año, etcétera, y a un intervalo de tiempo definido.

---

<sup>1</sup> Las definiciones de modelo atómico, tipo, compuesto y versión están en la página 112 de esta tesis.

<sup>2</sup> La definición de puertos están en las páginas 113, y 145.

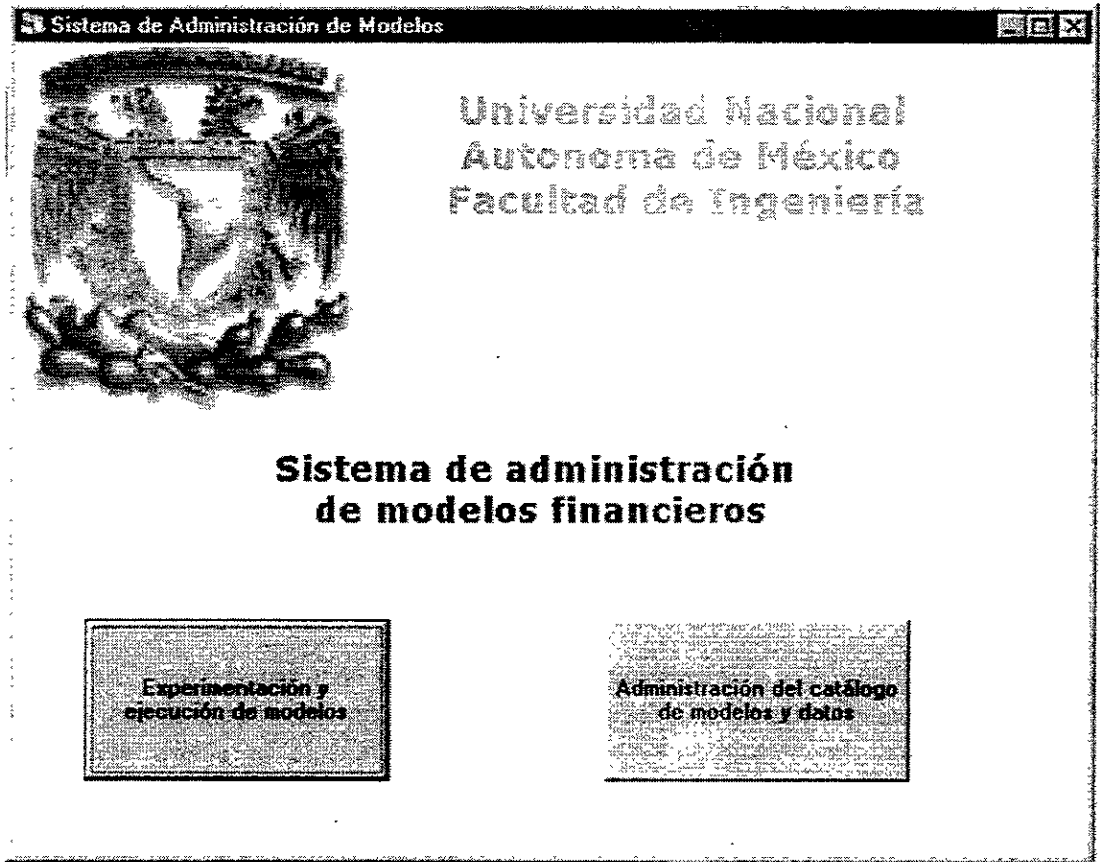


FIGURA 2 INTERFAZ DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE MODELOS FINANCIEROS (SAMF)

### 3.1 Administración del catálogo de modelos y datos

Uno de los principales problemas para la conceptualización de un SAM es lo relacionado con la representación que un modelo debe tener tanto para sus usuarios como para su ejecución. Diferentes propuestas se han hecho, pero al momento no han tenido éxito para poder ser llevadas a un sistema de cómputo. La propuesta del modelo conceptual desarrollado en este trabajo no sólo logra su implantación en un sistema de cómputo, sino que muestra su utilidad en la administración de modelos financieros.

El módulo de administración del catálogo de modelos y sus datos, es una base de datos relacional en donde se tiene acceso a funciones para administrar:

- i) **Modelos.** Las principal razón del sistema es la administración de los modelos con los que cuenta una organización, para lograr ésto se implantaron un conjunto de funciones que ayudan a la consulta, alta y baja de modelos:
  - a) *Consulta sobre modelos*, el sistema ofrece información de todos los modelos incluidos en el sistema. Cada modelo tiene definido su propósito, los supuestos que considera, el tipo de dato que requiere para su ejecución y la información

que genera. La consulta de modelos se puede realizar navegando en la lista de modelos o mediante la construcción de consultas por atributo (nombre del modelo, propósito, etcétera.)

- b) *Altas, bajas de modelos.* Se ofrece la posibilidad de añadir nuevos modelos al catálogo del sistema, en particular los desarrollados mediante el acoplamiento de modelos. También es posible dar de baja modelos que ya no se sean de utilidad en la organización. Tanto para las altas como para las bajas de modelos el sistema verifica que en el almacén de datos existan, o en su caso desaparezcan, los datos asociados al modelo.
- ii) **Datos.** Los datos incluidos en el sistema son los requeridos para la ejecución de los modelos, y por lo tanto los considerados sustantivos para la toma de decisiones estratégicas. Un dato sólo podrá ser incluido en el almacén de datos si aparece como componente de un modelo, así también si el dato presenta dimensiones, que permitan verlo desde diferentes perspectivas, éstas deberán estar en la base de datos.

En la Figura 3 se muestra la interfaz del administrador del catálogo de modelos y datos financieros.

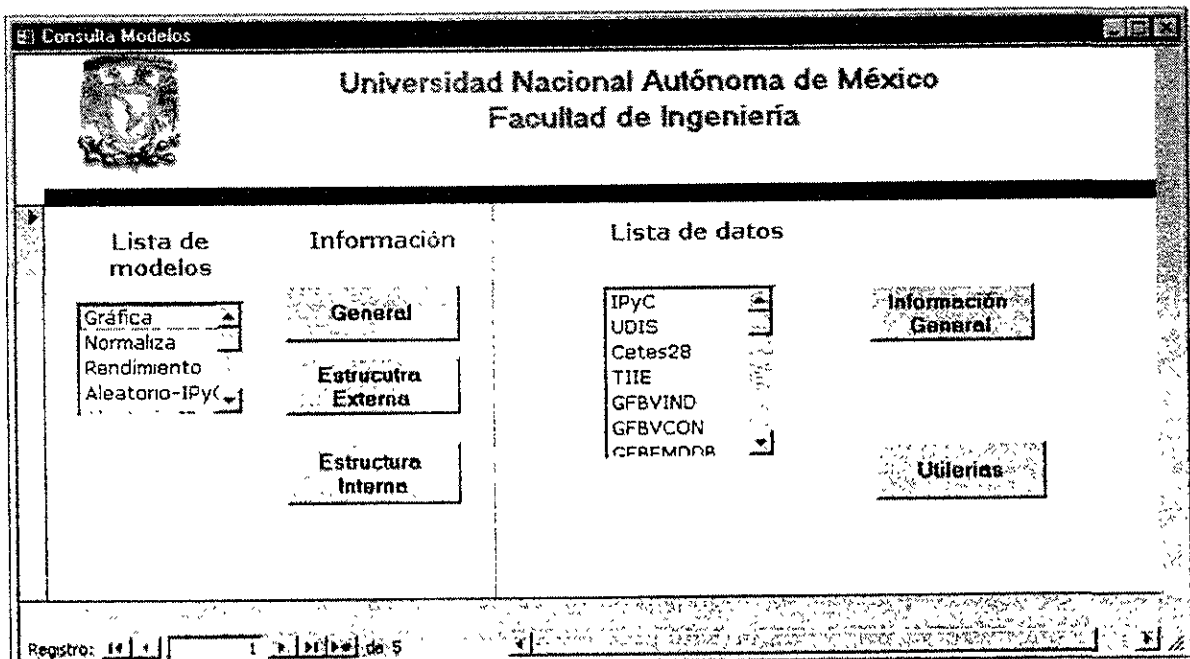


FIGURA 3 INTERFAZ DE CONSULTA DE INFORMACIÓN DE MODELOS Y DATOS DEL SAMF

La primera tarea que se realiza en el análisis técnico de inversiones, es la búsqueda de los modelos que permitan separar las tendencias de los componentes temporales y/o aleatorios de una serie, liga problema - modelo.

El sistema permite realizar consultas sobre los modelos con los que cuenta la organización y que puedan ayudar a resolver esta circunstancia. Para nuestro ejemplo, se analiza el comportamiento del IPyC de la Bolsa Mexicana de Valores.

El sistema ofrece información de las series de tiempo que existen en el sistema, para el IPyC, se conoce su descripción, el período de muestreo, el rango de valores que maneja, entre otra información, ver Figura 4.

**ResultadoInfoDatos**

**Datos generales del dato**

Indice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana

<b>Identificador:</b> IPyC	<b>Tipo de dato:</b> Serie de tiempo	<b>Período de muestreo:</b> {día}
<b>Tipo de entidad:</b> Primitiva	<b>Indice:</b> día/mes/año	<b>Rango del valor de los datos:</b> Reales

**Descripción:**  
Indice de precios y cotizaciones de la Bolsa Mexicana, se calcula como el promedio del valor de las 500 empresas más importantes que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores

Registro: 14 de 1 | 1 de 1 de 1

FIGURA 4 INFORMACIÓN GENERAL DEL DATO ÍNDICE DE PRECIOS Y COTIZACIONES DE LA BOLSA MEXICANA DE VALORES

En el sistema existen dos modelos compuestos cuyo propósito es presentar el componente aleatorio del IPyC, en la Figura 5 y en la Figura 6 se muestran los datos generales de estos modelos. Se observa que aunque el propósito de los dos modelos es similar, los supuestos difieren. Esta información es importante para cuestiones como la selección del modelo, el análisis e interpretación de los resultados, propuestas para mejorar y/o evolucionar los modelos, patrones de experimentación, construcción de escenarios, entre otras cosas.



**ResultadosModelosFormulario**

Características generales del modelo

Aleatorio-IPyC

**Supuestos:** Tipo de modelo: **Compuesto**

El componente aleatorios de la serie de tiempo de los datos del índice de precios y cotizaciones (IPyC) de la bolsa Mexicana de valores ocurren con una frecuencia menor a 30 días

**Propósito:**

Gráfica el componente aleatorio de un intervalo de la serie de tiempo de los datos del IPyC

Estructura externa      Estructura interna

Registro: 1 de 1

FIGURA 5 DATOS GENERALES DEL MODELO COMPUESTO ALEATORIO -IPYC

**ResultadosModelosFormulario**

Características generales del modelo

Aleatorio IPyC-UDIS

**Supuestos:** Tipo de modelo: **Compuesto**

El componente aleatorios de la serie de tiempo de los datos del índice de precios y cotizaciones (IPyC) es la variación que tiene con respecto al índice de la inflación nacional, se toma como índice de la inflación los UDIS's

**Propósito:**

Gráfica el componente aleatorio de un intervalo de la serie de tiempo de los datos del IPyC

Estructura externa      Estructura interna

Registro: 1 de 1

FIGURA 6 DATOS GENERALES DEL MODELO COMPUESTO ALEATORIO IPYC - UDIS

Adicionalmente a la información que el sistema ofrece sobre los datos generales de cada uno de sus modelos, también permite conocer la información de su estructura externa, ésta es, información de sus puertos de entrada y salida. En la Figura 7 se muestran los datos de la estructura externa del modelo Aleatorio - IPyC, se observa que como entrada el modelo recibe únicamente una serie de tiempo con período de muestreo variado y regresa como salida la representación de la serie resultado, para este caso, el componente aleatorio de la serie del IPyC. Esta información es importante para el acoplamiento de modelos y la generación de nuevos puertos de entrada.

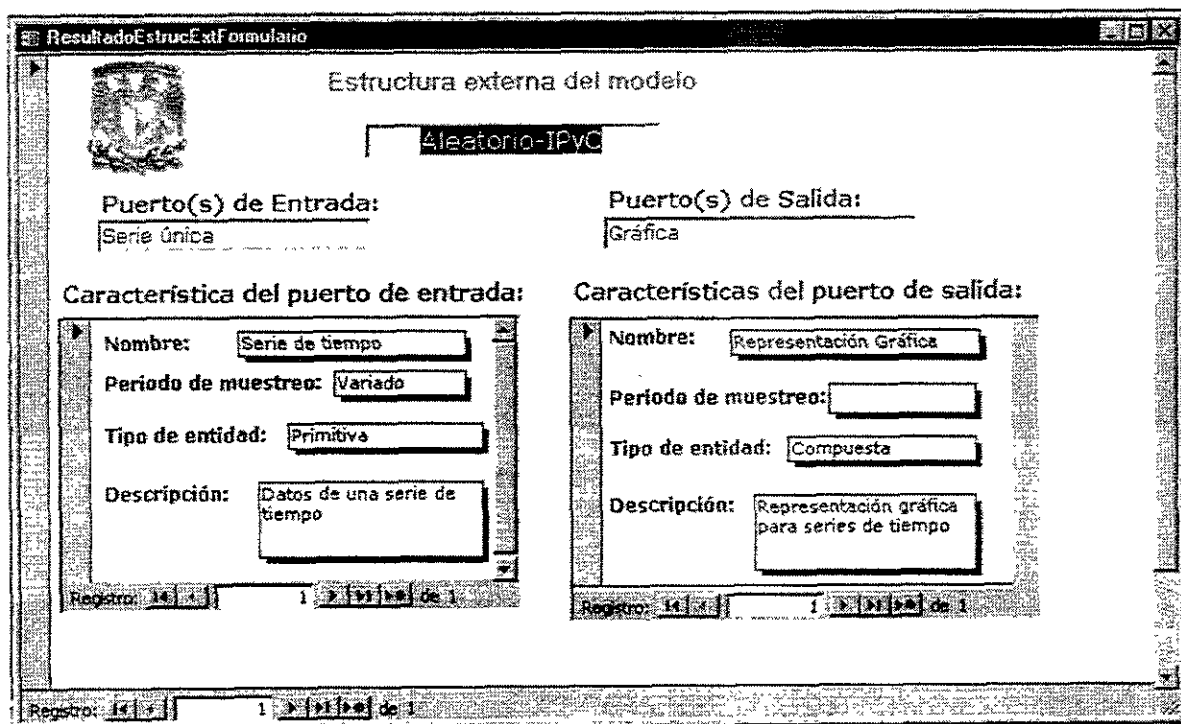


FIGURA 7 ESTRUCTURA EXTERNA DEL MODELO ALEATORIO - IPyC

Otra información importante sobre el modelo que el sistema ofrece es la imagen de su estructura interna. En la Figura 8 y en la Figura 9, se muestran las representaciones de las estructuras internas de los modelos Aleatorio- IPyC - UDIS y Aleatorio IPyC. Se observa que el modelo Aleatorio IPyC - UDIS tiene como entrada dos series de tiempos, la serie de los valores del IPyC y la serie de las cotizaciones de los UDIS, normaliza cada una de ellas, y finalmente gráfica ambas. Por su lado, la gráfica de la estructura interna del modelo Aleatorio - IPyC, muestra como el modelo obtiene el componente aleatorio de los valores de la serie del IPyC como la resta de la serie original con la misma serie suavizada con el filtro *moving average*. Los dos modelos corren con datos del año de 1995, año en que da inició las cotizaciones de los UDIS.

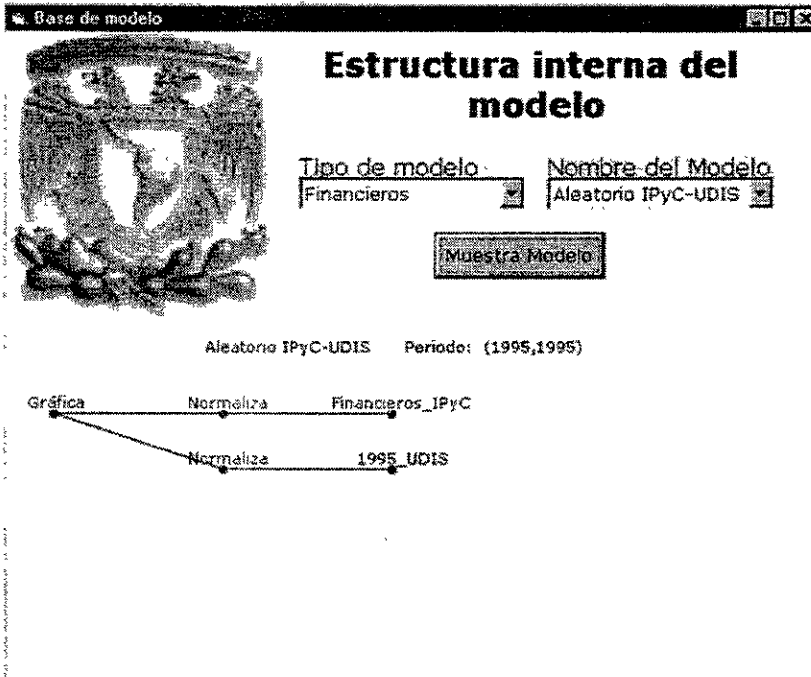


FIGURA 8 ESTRUCTURA INTERNA DEL MODELO ALEATORIO IPYC - UDIS

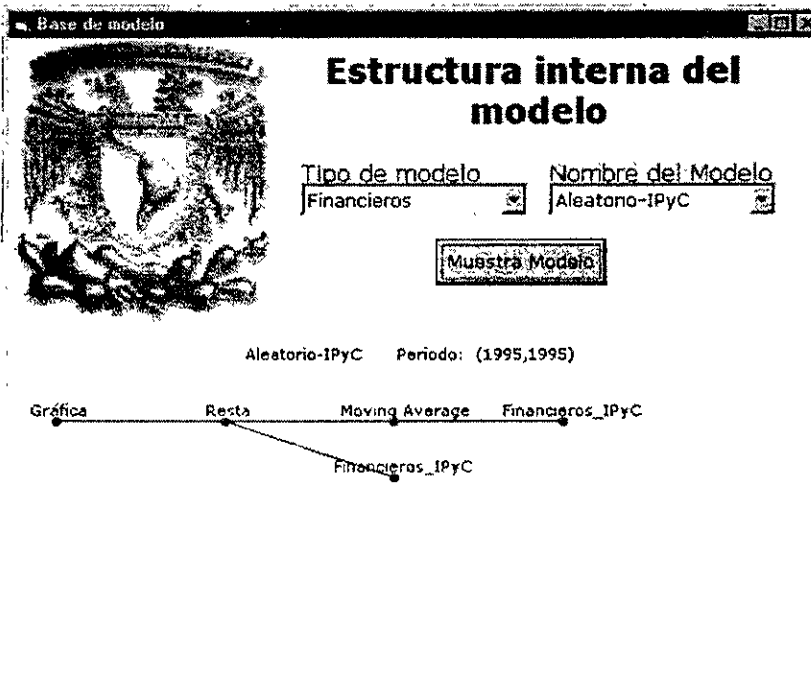


FIGURA 9 ESTRUCTURA INTERNA DEL MODELO ALEATORIO-IPYC

### 3.2. Experimentación y ejecución de modelos

Adicionalmente a la información que ofrece el catálogo de modelos y datos, el sistema permite experimentar y ejecutar los modelos seleccionados. El módulo de experimentación y ejecución realiza las siguientes funciones: selección de modelos, asignación de datos de entrada al modelo, construcción y experimentación de modelos compuestos, y ejecución de los mismos. En la Figura 10 se muestra la interfaz de selección de modelos. Se tiene la opción de seleccionar un modelo atómico o un modelo compuesto. Para la selección de un modelo atómico primero se selecciona el tipo de modelo, utilerías, algebraicos, etcétera, y posteriormente el que se desea ejecutar. Para el caso de los modelos compuesto se selecciona directamente el modelo de la listas de modelos compuestos.

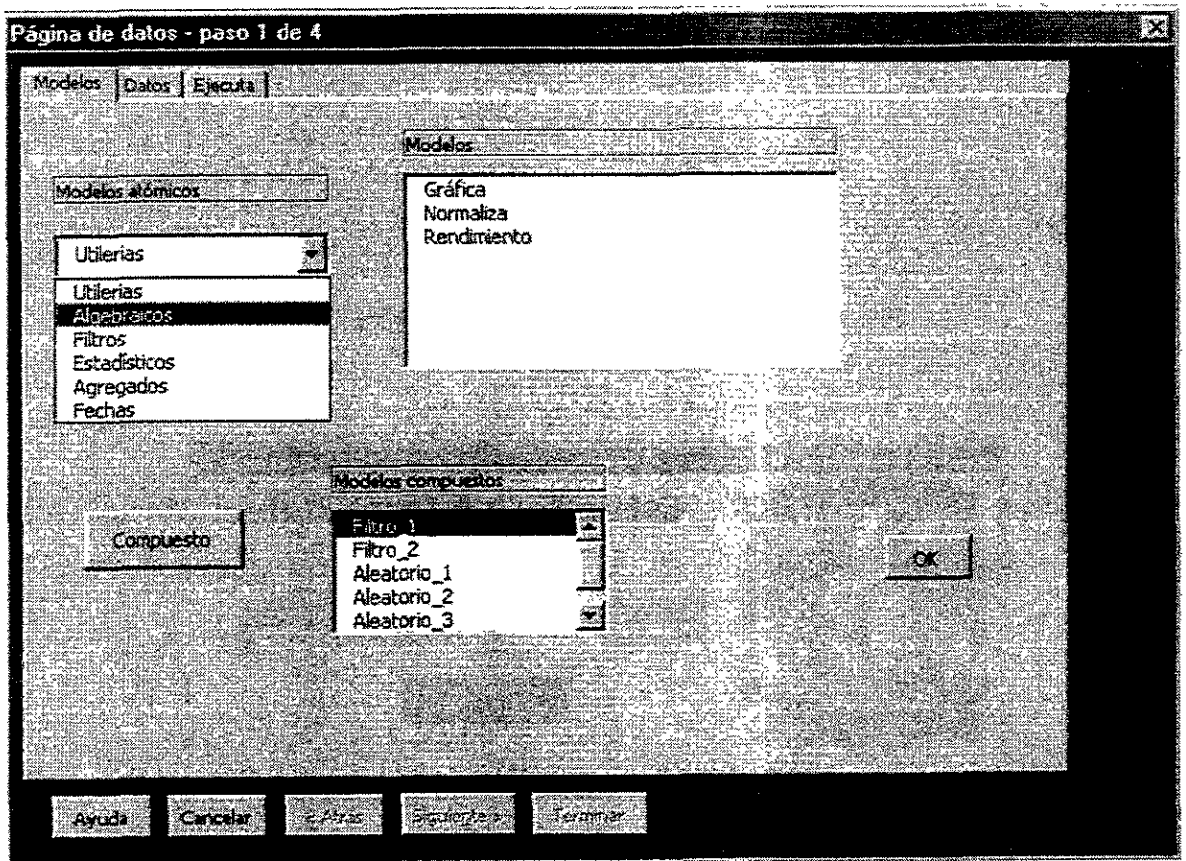


FIGURA 10 INTERFAZ DEL MÓDULO DE EXPERIMENTACIÓN Y EJECUCIÓN DE MODELOS

Una vez seleccionado el modelo que se desea ejecutar se pasa a una segunda interfaz, en donde se asignan los datos con los que el modelo se desea ejecutar, es importante mencionar que los datos que aparecen disponibles para ser asignados al modelo, son

únicamente aquellos que pueden ser utilizados por el modelo. En esta interfaz se puede decidir si el resultado de la ejecución del modelo se utiliza para formar un nuevo puerto de entrada, este puerto puede ser posteriormente utilizado por otro modelo que acepte las características de este nuevo puerto.

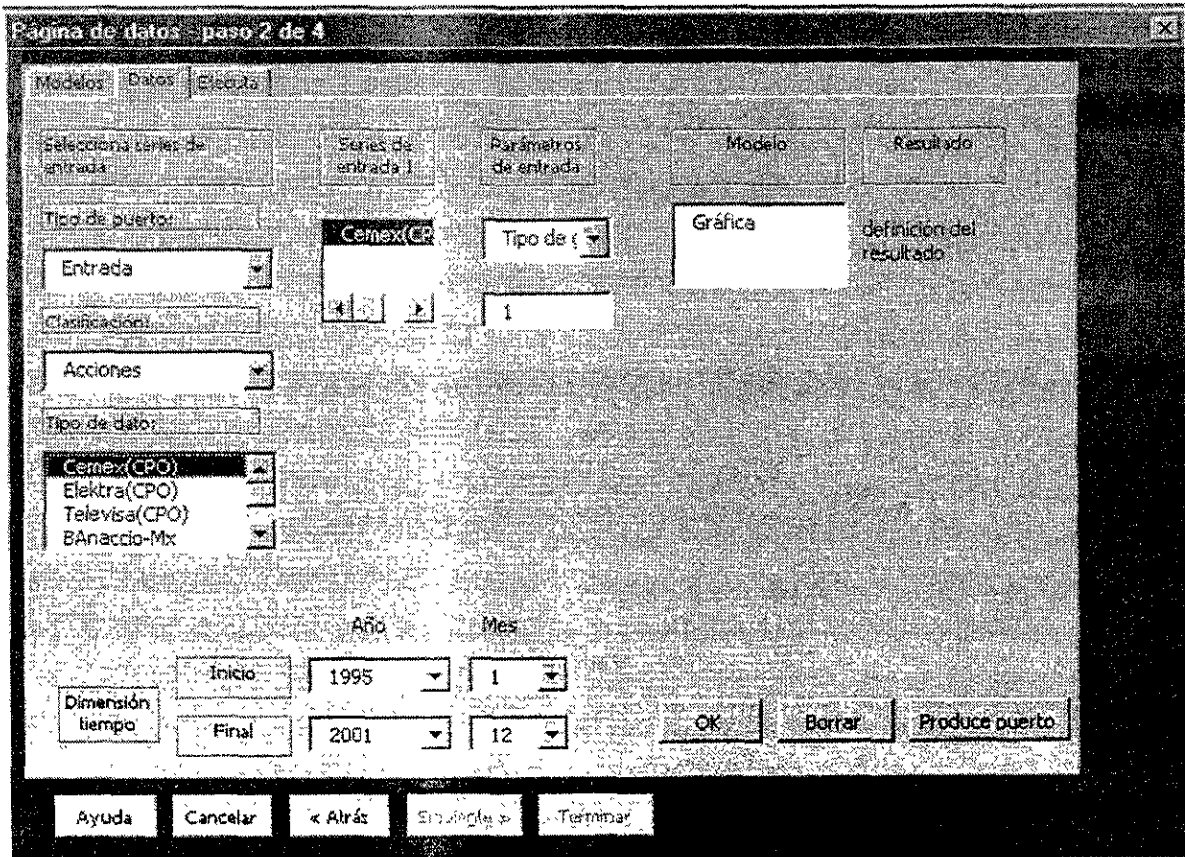


FIGURA 11 INTERFAZ DEL MÓDULO DE EXPERIMENTACIÓN Y EJECUCIÓN DE MODELOS

Finalmente, los resultados de ambos modelos se presentan en las Figuras 12 y 13. En la Figura 12 se pueden identificar cuatro eventos temporales, con una periodicidad que oscila entre cuarto y dos meses. En la Figura 13 se observan la ocurrencia de eventos de una frecuencia aproximada de 30 días.

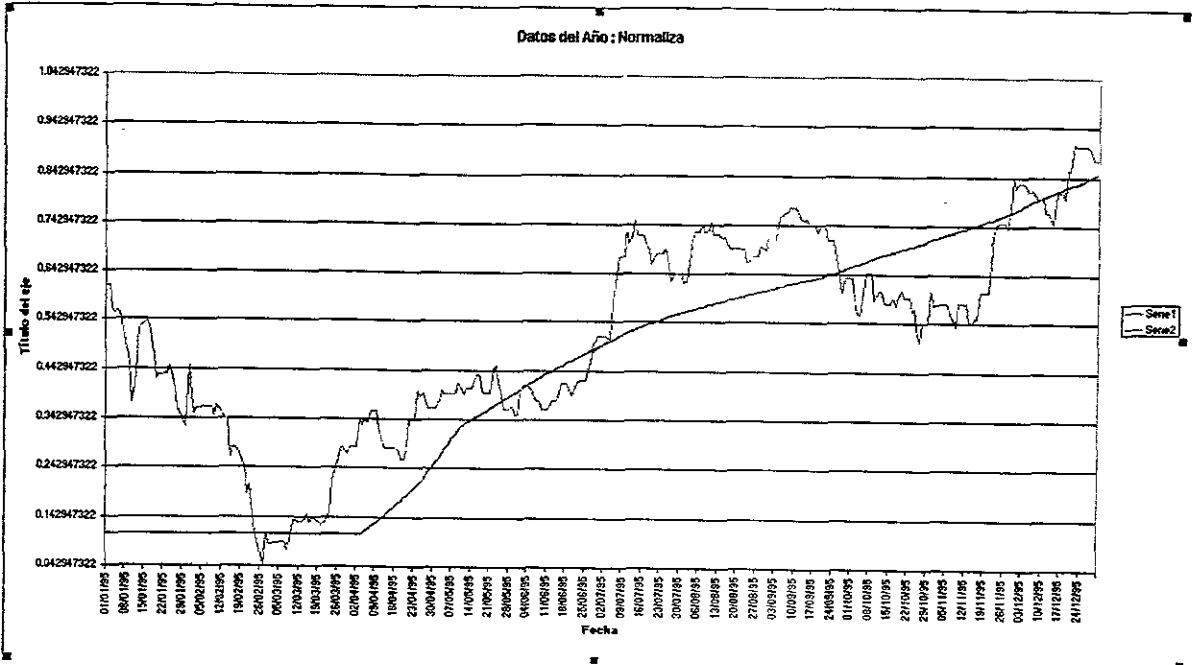


FIGURA 12 GRÁFICA RESULTADO DEL MODELO ALEATORIO IPYC- UDIS

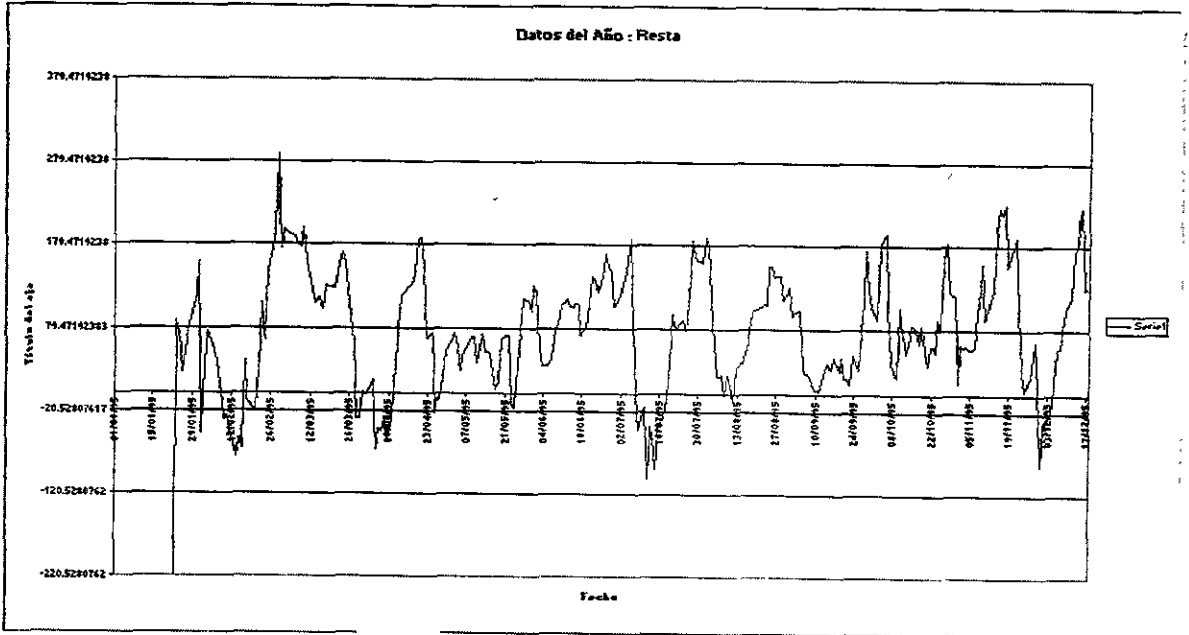


FIGURA 13 GRÁFICA RESULTADO DEL MODELO ALEATORIO- IPYC

Después de haber realizar este análisis se podría proponer construir nuevos modelos que ayuden a identificar el componente aleatorio de cada una de las acciones o portafolios en donde se desee invertir, así como probar estos modelos en diferentes periodos de tiempo,

aplicar diferentes frecuencias de corte para el filtro o incluso probar con otro tipo de filtro para suavizar la serie, por ejemplo el sistema cuenta con cinco modelos atómicos para filtrar una serie de tiempo. Como se observa el sistema permite construir y experimentar con una amplia gama de opciones de análisis, pero lo más importante es la manera en como simplifica el uso de modelos.

#### 4. Comentarios

En este capítulo se demuestra que el modelo conceptual propuesto permite construir un sistema de administración de modelos, así también la manera como éste apoya a la solución de los problemas que existen en las ligas problema - modelo, modelo – modelo y modelos – dato, éstos los siguientes hechos apoyan esta conclusión:

- *Liga problema – modelo*, al ofrecer el sistema información de los modelos con los que cuenta la organización, se ayuda a la selección del modelo que mejor pueda ayudar a la resolución del problema.
- *Liga modelo – modelo*, el sistema cuenta con funciones que permiten la construcción de modelos compuestos. Al momento solamente se cuenta con una procedimiento semi – manual no gráfico, se está trabajando en la interfaz que permita esta composición de modelos en un ambiente gráfico. Es importante mencionar que existen funciones que validan la correcta composición de modelos, en particular dos aspectos son verificados: no se permite definir modelos compuesto como gráficas no acíclicas; y segundo se comprueba que los puertos que realizan la conexión entre modelos sean compatibles.
- *Liga modelo – dato*, el sistema cuenta con una base de datos, de la información considera estratégica para la organización. Para ligar un modelo con los datos que necesita para su ejecución lo único que debe hacer es seleccionarlo. El sistema sólo permite asociar datos a un modelo, si éstos están definidos como elementos del mismo.

Finalmente, aseguramos que el sistema promueva el uso óptimo de los modelos y sus datos en una organización. Basado en la simplificación tanto de la comprensión de un modelo, se ofrece información general sobre el modelo en forma gráfica y con enunciados simples, como en su operación, la interfaz para la ejecución de modelos es amigable e intuitiva.

---

<sup>1</sup> Páginas 70- 82 y 145-148

CAPÍTULO 6

APLICACIONES DEL SISTEMA,  
CONCLUSIONES

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	183
2. MOTIVACIÓN.....	183
3. APORTACIONES.....	184
4. AREAS DE APLICACIÓN .....	185
5. TRABAJOS FUTUROS.....	185
6. CONCLUSIONES .....	186



## 1. Introducción

En este capítulo se discuten las motivaciones que llevaron al desarrollo del trabajo, sus aportaciones, las áreas de aplicación, los trabajos recomendados a realizar en un futuro inmediato y las conclusiones finales.

## 2. Motivación

La idea de desarrollar un sistema integral para el apoyo de decisiones corporativas (SADC), surge como consecuencia de una serie de experiencias personales, tanto laborales como académicas. Se ha observado que en nuestro país el pequeño empresario no conoce con precisión cuál es el rendimiento de su empresa; el mediano empresario no emplea técnicas de planeación y presupuestación financiera sofisticadas; los grandes consorcios utilizan poco o nada métodos de cobertura de riesgo que usen productos derivados. Por otro lado, los costos tanto de los sistemas especializados (científicos, diseño industrial, procesamiento de imágenes, entre otros) como las asesorías en áreas de finanzas, logística y optimización, no están al alcance de los presupuestos de las organizaciones.

Es evidente que las empresas nacionales requieren del uso de la tecnología de punta para mantener su competitividad a nivel nacional e internacional. Como nación, se está importando tecnología desarrollada en países considerados del primer mundo. En particular si se observa el software, el hardware y las metodologías y tecnologías de información que se están empleando en nuestro país, es perceptible el alto grado de dependencia que se tiene con el exterior.

Por otro lado, se sabe que son pocas las instituciones nacionales que se dedican al desarrollo de tecnología en el área de ciencias de la computación, y que son mucho menos las que están involucradas con el desarrollo de aplicaciones particulares en el área de Investigación de Operaciones y Ciencias de la Administración (IO/CA).

Con base en los hechos comentados en los párrafos anteriores, se vislumbró la conveniencia de explorar las oportunidades que ofrece el campo de desarrollo de tecnología de aplicación en el área de IO/CA. El concepto de administración de modelos apareció como un punto de partida interesante para el desarrollo de este trabajo. A nivel internacional el desarrollo de un SAM está en una etapa de exploración y experimentación; al momento de escribir este trabajo no existe una aplicación comercial para este concepto, y a nivel nacional no existen antecedentes sobre trabajos realizados.

Adicionalmente al concepto de administración de modelos, se tiene la certidumbre de la necesidad de hacer más eficiente el uso y la explotación de los datos almacenados en los sistemas de información con los que cuentan las organizaciones.

Se propuso como objetivo desarrollar un modelo conceptual de un sistema que apoyara la administración tanto de los modelos de una organización como la de sus datos, realizar su implantación en un sistema de cómputo y verificar su eficiencia en el apoyo de sus procesos de toma de decisiones.

### 3. Aportaciones

Después de haber desarrollado el sistema propuesto, se observan como aportaciones más importantes de este trabajo las siguientes:

- i) *Análisis y síntesis del concepto de administración de modelos y la presentación de una propuesta para este concepto.* Las propuestas sobre la manera en que puede ser conceptualizado un SAM fueron analizadas, resumidas y sintetizadas. Se propuso un nuevo marco conceptual que no sólo abarca los puntos más importantes de las investigaciones anteriores, sino que los simplifica y prepara para su implantación en un sistema de cómputo de apoyo a las decisiones corporativas (SADC).
- ii) *Conceptualización, desarrollo e implantación de un sistema de administración de recursos informáticos.* Se logró implantar exitosamente el sistema en una pequeña empresa, los objetivos y las expectativas de usar el sistema en la organización han sido satisfactorios.
- iii) *Metodología de administración de modelos y sus datos.* Uno de los principales propósitos del uso de un SAM es ofrecer a sus usuarios no sólo la oportunidad de emplear modelos sino una manera ordenada, eficiente y fácil de aplicarlos. Adicionalmente a la administración de modelos, el sistema desarrollado en este trabajo promueve el empleo de procedimientos de administración de datos o información, considerados estratégicos para la organización.
- iv) *Metodología de desarrollo de un sistema para la toma de decisiones corporativas.* El principal problema encontrado al inicio del trabajo, de la misma manera que sucede cuando se desea modelar algún sistema u objeto físico, fue lo referente al suministro de datos para el administrador de modelos. Se observó que en muchas organizaciones existen deficiencias tanto en el diseño como en la operación de sus sistemas de información, si desea utilizar éstos en los procesos de toma de decisiones. Estas irregularidades dificultan y minimizan el uso de la información almacenada en estos sistemas y por consiguiente su utilización en un administrador de modelos. Se propuso una metodología de desarrollo de sistemas enfocada a la conceptualización e implantación de sistemas de información cuyo propósito sea el apoyo a las decisiones corporativas de la organización.

- v) *Aplicación del concepto de almacén de datos en la administración de modelos.* El uso de un almacén de datos dentro de una organización ha sido probado en diferentes contextos de una organización. No obstante, su aplicación en la ejecución de modelos no ha sido explorada ni valorada. Se construyó un almacén de datos que ayuda tanto a la administración de los datos como a la administración de modelos que apoyan las decisiones corporativas dentro de una organización.

#### 4. Areas de aplicación

Diferentes autores proponen que los sistemas de administración de modelos abarquen el universo total de modelos existentes. En este trabajo, se propone construir diferentes SAM enfocados a áreas de aplicación particular de IO/CA. El argumento de esta sugerencia radica en el hecho de que un mismo modelo puede ser visto y entendido de diferente manera de un área a otra, por ejemplo, un modelo particular puede ser considerado esencial en el área de finanzas, este mismo modelo en logística puede ser no relevante. Se sugiere desarrollar SAM's para las siguientes áreas:

- i) Finanzas.
- ii) Logística.
- iii) Presupuestación.
- iv) Análisis macro y micro económicos.

#### 5. Trabajos futuros

Como se comentó en un principio, el desarrollo de sistemas como el propuesto en este trabajo, está en una fase de experimentación y aceptación en ambientes académicos y comerciales, se propone se realicen las siguientes actividades como continuación de este trabajo:

- i) *Clasificación y catalogación de modelos.* Esta actividad se considera estratégica para la evolución de la administración de modelos. Se debe proponer la definición de estándares a nivel internacional tanto para el diseño de un catálogo de modelos como para su clasificación. Esto ayudará a evitar redundancia de trabajo así como a mantener la consistencia en las definiciones de modelos.
- ii) *Uso de nuevas tecnologías para el desarrollo de sistemas.* Los avances en ciencias de la computación y tecnologías de información deberán ayudar a una mejor y más eficiente implantación del sistema. Se debe pensar en la construcción de versiones del sistema para ambientes multiusuarios y WEB.

## 6. Conclusiones

Durante el desarrollo del trabajo se tuvo la oportunidad de intercambiar ideas y puntos de vista con diferentes especialistas. En particular, se trabajó con investigadores en ciencias de la computación, planeación e investigación de operaciones. Sus perspectivas e ideas permitieron construir un enfoque más amplio de cómo se puede conceptualizar una organización y/o promover mejoras en éstas.

Los paquetes científicos actuales, mantienen un grado de sofisticación y dificultad equiparable al de las matemáticas que utilizan, e incluso en muchos casos éste se ve incrementado. Promover el uso de modelos para la toma de decisiones en empresas nacionales es uno de los principales objetivos que se busca con este trabajo.

Se demostró la viabilidad de la construcción de un SAM, así también se comprobó la aceptación de este tipo de sistemas en una organización. El sistema ofrece beneficios para apoyar efectivamente las operaciones cotidianas de la empresa y la toma de decisiones estratégicas a mediano y largo plazo.