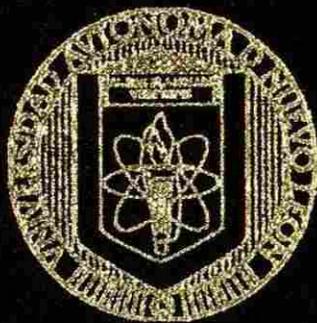


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CONTADURIA PUBLICA  
Y ADMINISTRACION  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



MARCO TEORICO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS  
Y SU UTILIZACION COMO HERRAMIENTAS  
DE NEGOCIO

POR:

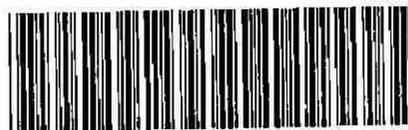
JOSE FELIPE RAMIREZ RAMIREZ

COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN INFORMATICA  
ADMINISTRATIVA

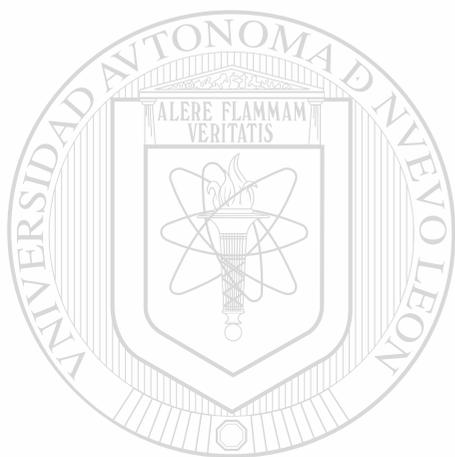
ABRIL, 1999

MARCO TEORICO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS  
Y SU UTILIZACION COMO HERRAMIENTAS  
DE NEGOCIO.

TM  
Z7164  
.C8  
FCPYA  
1999  
R3



1020125698



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CONTADURIA PUBLICA  
Y ADMINISTRACION  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



MARCO TEORICO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS  
Y SU UTILIZACION COMO HERRAMIENTAS  
DE NEGOCIO

POR:

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEÓN  
JOSE FELIPE RAMIREZ RAMIREZ

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN INFORMATICA  
ADMINISTRATIVA

ABRIL, 1999

TM  
Z7164  
.C8  
FCPYA  
1999  
R3

0132-14260



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

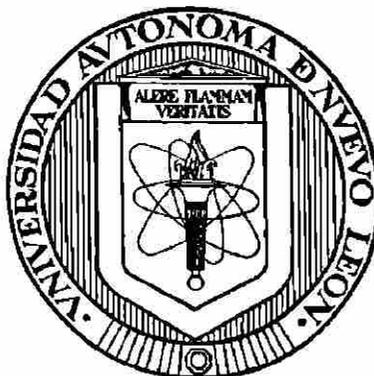
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO  
TESIS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE CONTADURIA PUBLICA Y ADMINISTRACION**



**MARCO TEORICO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS Y SU  
UTILIZACION COMO HERRAMIENTAS DE NEGOCIO**

Por

**JOSE FELIPE RAMIREZ RAMIREZ**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

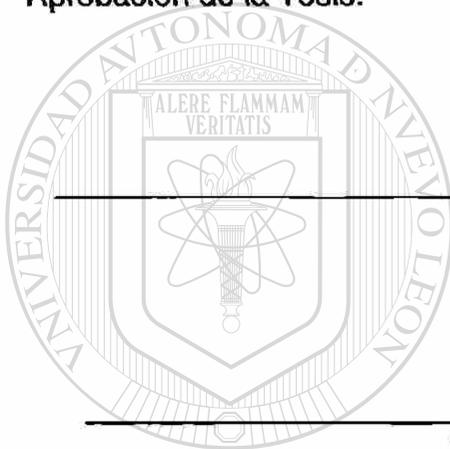
**Como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRIA EN INFORMATICA ADMINISTRATIVA**

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Abril, 1999**

**MARCO TEORICO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS  
Y SU UTILIZACION COMO HERRAMIENTAS  
DE NEGOCIOS**

**Aprobación de la Tesis:**



---

**Ing. Leticia Neira Tovar  
Asesor de la Tesis**

---

**Lic. Juvencio Jaramillo Garza  
Miembro del Comité de Tesis.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

---

**Ing. Jorge Alberto Méndez Dávila  
Miembro del Comité de Tesis.**

---

**Lic. José Magdiel Martínez Fernández  
Director de la División de Estudios de Postgrado  
F.A.C.P.yA., U.A.N.L.**

## PRÓLOGO

En nuestro país, cualquiera que desee profundizar en el tema de los sistemas expertos podrá darse cuenta que, en el mercado nacional, la literatura especializada relativa al tema carece de textos debidamente orientados a nuestra idiosincrasia, a nuestra forma de hacer negocios, y a nuestro nivel de tecnología y cultura de información. La carencia de textos relacionados al tema en escenarios nacionales dificultan ya no el crecimiento de los sistemas expertos en nuestro país, sino su adecuado nacimiento.

Esta carencia de literatura relativa al tema puede manifestarse en un franco desinterés por los sistemas expertos, o en otros casos, en una conceptualización errónea de los mismos que nos lleva a su equivocada implantación. Es frecuente que se confunda a los sistemas expertos con otras ramas de la inteligencia artificial, como la robótica, las redes neuronales o los sistemas de reconocimiento de voz; es generalmente aceptada la idea de que los "sistemas expertos" son sistemas inteligentes que aprenden por sí mismos. Esa simple idea, equivocada como fundamento al igual que muchas otras, tiene sus consecuencias en la aplicación práctica de los sistemas expertos en los negocios, ya que un sistema que utiliza de manera objetiva el conocimiento es más rentable que uno que se dedica a aprender. Los sistemas expertos son conocimiento automatizado llevado a la acción; a lo largo de la presente tesis se buscará redefinir algunos conceptos mal entendidos y definir conceptos nuevos, a fin de que los sistemas expertos sean bien entendidos.

Son pocas las organizaciones que cuentan con el uso de sistemas expertos para apoyar sus estrategias de negocio y la gran mayoría están lejos de conocer dicha tecnología. El objetivo de esta tesis es elaborar un texto que explique de manera detallada la forma en que están constituidos los sistemas expertos, explicar cómo funcionan, cuáles son sus restricciones, y qué consideraciones tecnológicas y administrativas deben aplicarse para que sean exitosos, constituyendo una lectura apreciada por el profesionalista que requiere considerar e implantar sistemas expertos.

Como principal obstáculo al elaborar el presente trabajo se tuvo la poca difusión del tema entre las empresas, así como lo confidencial de su tratamiento en aquellas empresas que si disponen de sistemas expertos; por tal motivo la presente tesis no se fundamenta en estudios de campo, que por otra parte, no serían muy útiles en virtud de que por ser tecnología que no está muy difundida y cimentada en el país, tiende a no tener patrones al momento de ser implantada, siendo cada proyecto una aventura.

Otro inconveniente al realizar el trabajo fue enfocar la terminología y las clasificaciones a un entorno orientado a la administración y la informática, que pudieran derivar en procedimientos para la implantación de los sistemas expertos en las organizaciones; por lo general los libros y referencias que se tomaron como bibliografía para el presente trabajo resultaron demasiado técnicos, e incluso obsoletos en algunos casos, por lo que se consideraron algunos aspectos y referencias sólo como esqueleto y guía para la elaboración del estudio; los temas fueron desarrollados dentro de un enfoque administrativo como aportación del presente trabajo, obteniéndose una fuente de información valiosa que las referencias bibliográficas no manejan.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Ing. Leticia Neira Tovar, Asesor de mi tesis. Así como al Lic. Juvencio Jaramillo y al Ing. Jorge Alberto Méndez Dávila, por formar parte del Comité de Tesis, por sus valiosas sugerencias e interés, en la revisión del presente trabajo.

A Edward Brent, de la Universidad de Missouri, Columbia, E. U., por sus apreciadas aportaciones y conceptos sobre el tema, sin los cuales hubiera sido difícil obtener un documento objetivo. A Eugenia Pozos, por haber sembrado la inquietud hacia el tema y compartir conmigo el interés por la docencia relativa al mismo. Muy especialmente a mis alumnos de la materia SISTEMAS EXPERTOS PARA LOS NEGOCIOS, que con sus dudas me enseñaron más de lo que yo a ellos, así como a la División de Estudios de Postgrado de la Facultad de Contaduría Pública y Administración, por haberme permitido la experiencia de aprender enseñando.

A mi familia por el apoyo moral que siempre me ha brindado y a todas las personas que contribuyeron de una forma u otra en la realización de este trabajo, que no por omitirlos son menos importantes.

Sinceramente espero que el presente material contribuya a la mejor comprensión de los sistemas expertos, y por consiguiente, una mayor utilización de los mismos.

## **DEDICATORIA**

**Dedico este trabajo de tesis a Dios,  
Que me dio la vida  
el alma y el talento  
para navegar.**

**A mis Padres,  
Que me dieron las maderas  
los clavos las vigas  
las herramientas  
para hacer la barca.**

**A mis Maestros,  
Que me dijeron cómo leer el viento  
acariciar las mareas  
y descubrir los puntos cardinales  
que apuntan hacia las cosas productivas.**

**Y a Adriana,  
Que conmigo arrastró la barca al mar  
tomó uno de los remos y subió conmigo  
para emprender el viaje a ese horizonte  
que es la vida.**

## TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1. INTRODUCCION .....	1
1.1 Objetivos del estudio.....	1
1.2 Beneficios que buscan obtener las organizaciones con la implantación de nuevas tecnologías.....	1
1.3 Área de aplicación de los sistemas expertos...	3
1.4 Estructura del estudio.....	4
1.4.1 Posicionamiento de los sistemas expertos.....	5
1.4.2 Marco teórico de los sistemas expertos.....	5
1.4.3 Metodología de desarrollo de los sistemas expertos.....	6
1.4.4 Uso y administración de los sistemas expertos en los ambientes de trabajo..	6
1.4.5 Conclusiones.....	7
2. POSICIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS .....	8
2.1 Los sistemas expertos como próximo escalón evolutivo de los sistemas computarizados....	9
2.1.1 Clasificación basada en los recursos de información.....	11
2.1.2 Etapas de madurez informática de Richard Nolan.....	19
2.2 Los sistemas expertos como recurso para las organizaciones.....	25
2.3 Los sistemas expertos como instrumentos para obtener ventaja competitiva.....	27
2.4 Los sistemas expertos como herramientas para administrar y aprovechar el conocimiento.....	28

**Capítulo****Página**

3.	MARCO TEÓRICO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS .....	30
3.1	Definiciones de sistemas expertos.....	30
3.1.1	Definición de sistemas expertos.....	30
3.1.2	Conceptos generalmente interpretados de sistemas expertos.....	31
3.2	Tipologías de los sistemas expertos y sus ejemplos más representativos.....	38
3.2.1	Tipología de sistemas expertos según Hayes-Roth, Waterman, y Lenat.....	38
3.2.2	Ejemplos representativos de sistemas expertos.....	38
3.3	Sistemas expertos y otras formas de acumulación de conocimiento.....	42
3.4	Arquitectura de los sistemas expertos.....	50
3.4.1	Enfoque orientado a los elementos.....	50
3.4.2	Enfoque orientado a las interfaces y formulaciones.....	57
3.4.3	Enfoque orientado a los roles.....	65
3.5	Características particulares de los sistemas expertos.....	69
3.5.1	Su alcance es sobre conocimiento específico.....	70
3.5.2	Independencia entre el conocimiento y el código de programación.....	72
3.5.3	Poseen y utilizan un mecanismo de inferencia.....	74
3.5.4	Están basados en el razonamiento simbólico.....	75
3.5.5	Son programas de cómputo que permiten la acumulación de conocimiento.....	76
3.5.6	Están basados en la heurística.....	77
4	METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS .....	79
4.1	Factores y condiciones que favorecen la implantación de los sistemas expertos.....	79
4.1.1	Cuestionamientos para determinar las probabilidades de éxito de los sistemas expertos, según González & Dankel.....	79
4.1.2	Condiciones que favorecen la implan- tación de sistemas expertos con altas probabilidades de éxito.....	81
4.1.3	Factores críticos de éxito para los sistemas expertos.....	83

4.2 Ciclo de desarrollo administrativo de los sistemas expertos.....87

4.2.1 Venta de la idea de sistemas expertos..90

4.2.2 Identificación de aplicaciones potenciales.....101

4.2.3 Análisis de viabilidad.....103

4.2.4 Evaluación económica.....106

4.2.5 Selección del proyecto.....110

4.2.6 Planeación del proyecto.....110

4.3 Ciclo técnico de desarrollo de los sistemas expertos .....111

4.3.1 Ingeniería del conocimiento.....111

4.3.1.1 Actividades desarrolladas por el ingeniero del conocimiento .114

4.3.1.2 Proceso de ingeniería del conocimiento.....115

4.3.2 Fases de desarrollo de un sistema experto.....117

4.4 Reglas y tipos de razonamiento.....125

4.4.1 Reglas .....126

4.4.2 Representación gráfica de las reglas..128

4.4.3 Ventajas del uso de las reglas.....129

4.4.4 Tipos de razonamiento.....130

4.4.5 Razonamiento simbólico.....135

4.5 Definición de reglas y mecanismos de inferencia .....138

4.5.1 Variables objetivo.....139

4.5.2 Métodos de inferencia utilizados por los sistemas expertos.....142

4.5.2.1 Búsqueda de variable objetivo como propósito de los sistemas expertos .....142

4.5.2.2 Métodos de inferencia.....143

4.5.2.2.1 Forward chaining...143

4.5.2.2.2 Backward chaining...147

4.5.3 Diferencias entre backward y forward chaining.....152

4.6 Representación esquemática del conocimiento.154

4.6.1 Fórmula del conocimiento.....154

4.6.2 Conocimientos y habilidades del experto.....155

4.6.3 Tipos de conocimiento en base a su naturaleza.....155

<b>Capítulo</b>	<b>Página</b>
4.7 Manejo y cálculo de incertidumbre.....	160
4.7.1 Factores de certeza.....	160
4.7.2 Diversidad de apreciaciones y conocimientos que hacen necesario el uso de los factores de certeza.....	163
4.7.3 Escala de factores de certeza desarrollada en la Universidad de Stanford.....	166
4.7.4 Cálculos que resuelven controversias en relación a los grados de certeza.....	167
5 USO Y ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS EXPERTOS EN LOS AMBIENTES DE TRABAJO.....	172
5.1 Administración de ambientes de trabajo con sistemas expertos.....	172
5.1.1 Motivación y recompensa.....	173
5.1.2 Estructuras de salario.....	174
5.1.3 Aspectos legales.....	174
5.1.4 Responsabilidad social.....	175
5.1.5 Línea de costos.....	176
5.1.6 Resistencia al cambio.....	178
5.1.7 Estrategia de desarrollo.....	178
5.1.8 Mantenimiento y actualización.....	180
5.1.9 Selección de la aplicación.....	181
5.1.10 Soporte.....	182
5.2 Administración de la experiencia.....	183
5.2.1 Detalle de beneficios que se obtienen al administrar la experiencia.....	185
5.3 Manejo de la resistencia al cambio.....	188
5.3.1 Resistencia al cambio por parte de los operadores del sistema.....	188
5.3.2 Resistencia al cambio por parte de los expertos.....	190

5.4 Sistemas expertos y el conocimiento como herramienta competitiva.....195

5.4.1 Concepto de ventaja competitiva de Michael Porter.....196

5.4.2 Posturas que permiten evaluar la capacidad de los sistemas expertos para ser herramientas competitivas.....197

5.4.2.1 Cadena de valor.....198

5.4.2.2 Marco de análisis competitivo de Michael Porter.....198

5.4.2.3 Cuestionamientos para la identificación de oportunidades de ventaja competitiva de McFarlan.....199

5.4.2.4 Modelo causal de ventaja competitiva de Bakos & Tracy..201

5.4.2.5 Distribución del conocimiento.202

**6 CONCLUSIONES** .....206

6.1 Secuencia recomendada para implantar Sistemas expertos de manera exitosa.....206

6.1.1 Tarea 1: Viabilidad general.....209

6.1.2 Tarea 2: Dominio de conceptos.....212

6.1.3 Tarea 3: Identificación de áreas de Aplicación.....215

6.1.4 Tarea 4: Aplicación del ciclo administrativo de desarrollo de sistemas expertos.....219

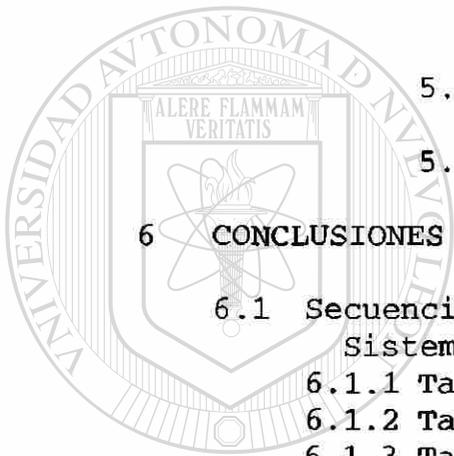
6.1.5 Tarea 5: Aplicación del ciclo técnico de desarrollo de sistemas expertos.....222

6.1.6 Tarea 6: Administración de la experiencia y de ambientes de trabajo con sistemas expertos.....225

6.1.7 Tarea 7: Certificación de los sistemas expertos como herramienta competitiva.....229

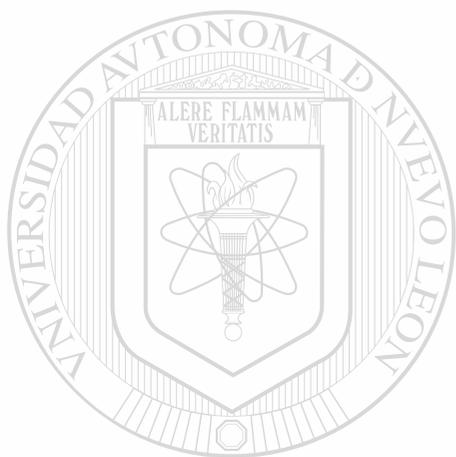
6.2 Los sistemas expertos como herramienta Competitiva .....231

6.3 Conclusión final. Ventajas/Desventajas. Futuro de los sistemas expertos.....233



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

<b>Capítulo</b>	<b>Página</b>
BIBLIOGRAFÍA .....	235
GLOSARIO .....	236
ÍNDICE ALFABÉTICO .....	240



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Similitudes y diferencias de los sistemas expertos y otras formas de acumulación de conocimientos.....	44
2. Tabla comparativa entre sistemas expertos y sistemas de información.....	49
3. Tabla de tipos de conocimiento.....	64
4. Dominios y problemas mayormente solucionados por Los sistemas expertos.....	97
5. Secuencia del proceso de inferencia mediante forward chaining.....	146
6. Secuencia del proceso de inferencia mediante backward chaining.....	149
7. Tarea 1: Viabilidad general.....	211
8. Tarea 2: Dominio de conceptos.....	213
9. Tarea 3: Análisis de la relación entre decisiones y conocimiento formulable.....	219
10. Tarea 4: Aplicación del ciclo administrativo de desarrollo de sistemas expertos.....	221
11. Tarea 5: Aplicación del ciclo técnico de desarrollo de sistemas expertos.....	224
12. Tarea 6: Administración de la experiencia y de ambientes de trabajo con sistemas expertos.....	227
13. Certificación de los sistemas expertos como herramientas competitivas.....	230

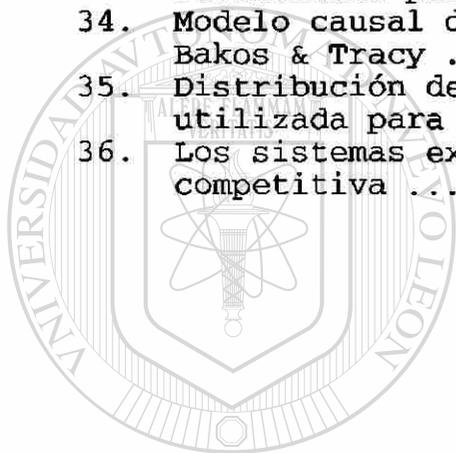
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1.	Clasificación de posicionamiento evolutivo de los sistemas y la información que manejan .....	10
2.	Recursos de información .....	11
3.	Interacción del recurso de información y los elementos activos .....	13
4.	Etapas de madurez informática de Richard Nolan ....	20
5.	Sistemas expertos, programa que hace lo que los expertos hacen .....	33
6.	Sistemas expertos, una sub rama de la inteligencia artificial .....	37
7.	Arquitectura de los sistemas de información convencionales .....	48
8.	Arquitectura de un sistema experto (componentes) ..	52
9.	Tipos de formulación de conocimiento .....	63
10.	Roles involucrados en un sistema experto .....	65
11.	Fases administrativas de desarrollo de sistemas expertos al inicio .....	89
12.	Matriz para evaluar la viabilidad de los proyectos de sistemas expertos .....	106
13.	Tabla comparativa de costos - beneficios al utilizar sistemas expertos .....	109
14.	Relación entre complejidad y amplitud de un sistema experto y la necesidad de un ingeniero del conocimiento .....	112
15.	Ingeniería del conocimiento como tarea .....	116
16.	Fases del desarrollo de sistemas expertos y su relación con usuarios y expertos .....	117
17.	Fases de desarrollo de los sistemas expertos y su objetivo .....	119
18.	Diagrama estructural de una regla .....	128
19.	Forma en que se resuelve una regla .....	129
20.	Deducción .....	132
21.	Abducción .....	133
22.	Inducción .....	134
23.	Estructura de árbol existente entre variables generales y particulares .....	140

**Figura****Página**

24.	Ejemplo de reglas .....	141
25.	Forma en que trabaja el método de encadenamiento hacia delante (forward chaining) .....	145
26.	Forma en la trabaja el método de encadenamiento hacia atrás (backward chaining) .....	148
27.	Fórmula del conocimiento .....	154
28.	Tipos de conocimiento en base a su naturaleza ....	156
29.	Conocimiento estratégico .....	157
30.	Conocimiento taxonómico .....	158
31.	Conocimiento procedural .....	159
32.	Conocimiento evaluativo .....	160
33.	Opciones de construcción de sistemas expertos, recomendado para diferentes escenarios .....	180
34.	Modelo causal de ventaja competitiva según Bakos & Tracy .....	202
35.	Distribución de conocimientos y tecnología utilizada para su divulgación .....	204
36.	Los sistemas expertos como herramienta competitiva .....	232



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Objetivo del estudio.

El objetivo del presente estudio es documentar los fundamentos de los sistemas expertos y proponer las condiciones que deben observarse en las organizaciones donde pueden constituirse como herramientas para la productividad, incremento de la calidad, o como elemento para obtener ventaja competitiva; así mismo, se proponen los elementos de administración y tecnología suficientes y necesarios para poder desarrollar sistemas expertos de una manera exitosa.

### 1.2 Beneficios que buscan obtener las organizaciones con la implantación de nuevas tecnologías.

Siempre que una organización decide implantar una nueva tecnología, busca obtener una herramienta de progreso que le proporcione una mayor productividad, mayor calidad

en los servicios y mayor ventaja competitiva, a través de la mejora en un área específica de su operación.

Una organización con fines de lucro nunca se decide por una nueva tecnología cuando esta significa un retroceso con respecto al estado actual de cosas, o bien, cuando la conveniencia de su implantación no está justificada financieramente. Podemos sostener que el incentivo fundamental de la implantación de una nueva tecnología en una organización radica en su contribución al logro de las metas, de una manera más eficiente, que las alternativas ya disponibles.

Partiendo de ese hecho, es de sostenerse entonces que no todas las nuevas tecnologías son implantadas en las organizaciones, y que a su implantación debe anteceder una

---

fase de diagnóstico que permita a conocer el estado actual de cosas sobre un área específica que se ha decidido mejorar; posterior al diagnóstico se evalúa la conveniencia de implantar la tecnología y los métodos adecuados que promuevan un cambio hacia una meta deseada.

Hay escalas de valores que permiten a las organizaciones evaluar su posición presente y determinar si un cambio supuesto por la implantación de una nueva tecnología representa un progreso o un retroceso con respecto a un área específica; el beneficio obtenido puede

ser ganancia en tiempo, en calidad, en dinero, o en cualquier otro rubro mediante el cual las organizaciones ponderen el éxito de sus operaciones.

### 1.3 Área de aplicación de los sistemas expertos.

Los sistemas expertos, también llamados sistemas basados en el conocimiento, son la herramienta tecnológica más avanzada disponible en la actualidad para el tratamiento del conocimiento; es por ello que si una organización decide mejorar la administración del conocimiento involucrado en sus procesos como parte de una estrategia de negocio, es candidata a implantar sistemas expertos como nueva tecnología.

Los sistemas expertos pretenden desarrollar, entre otras, las tareas de análisis, interpretación y toma de decisiones de manera similar a un experto en una determinada rama del conocimiento. No basta con decir que un sistema experto puede llegar a sustituir a un experto en ciertas actividades, con todas las ventajas financieras y de logística que eso implica; la decisión de invertir dinero y esfuerzo en la implantación de un sistema experto debe ser consciente y dedicada, y para ello debemos

convencernos y poder convencer de su aplicación práctica y ventajosa en los negocios.

Los profesionales de informática deben ser capaces de evaluar los escenarios sobre los que pueden existir los sistemas expertos, a fin de pronosticar su éxito y evitar su fracaso, pues como sucede con toda nueva tecnología considerada como proyecto de inversión, reducir el riesgo es fundamental.

Para decidir la implantación de los sistemas expertos, se requiere del análisis de la aplicación práctica de los mismos en los negocios, su factibilidad técnica y económica, sus beneficios y sus costos involucrados, su capacidad para ser mantenidos y sus efectos en el recurso humano, entre otras cosas, no

---

olvidando nunca que su área de acción es sobre aquellas tareas o actividades que requieren el uso de conocimiento heurístico.

#### **1.4 Estructura del estudio.**

A grandes rasgos, el presente estudio busca alcanzar su objetivo mediante la revisión específica de las condiciones y actividades que están involucradas en la implantación y uso de los sistemas expertos, desde su

conceptualización hasta su administración sostenida. Para ello nos valdremos de las siguientes etapas en el desarrollo del estudio:

#### 1.4.1 Posicionamiento de los sistemas expertos.

Define las clasificaciones que sirven de referencia para identificar en una organización la existencia del ambiente y momento propicio para la implantación de los sistemas expertos. El lector podrá darse una idea general de los beneficios de utilizar sistemas expertos en las organizaciones; asimismo, conocerá las bases para determinar si las condiciones actuales de la organización son las adecuadas para que un proyecto de sistemas expertos sea rentable y prospere en su desarrollo. Esta parte del estudio constituye el capítulo 2.

#### 1.4.2 Marco teórico de los sistemas expertos.

Define a los sistemas expertos y los elementos que los componen, su tipología, características particulares, arquitectura y relación con otros medios de acumulación de conocimientos. El lector conocerá a fondo la teoría de

los sistemas expertos, lo que permitirá comprender y decidir sobre algunos aspectos involucrados en la metodología utilizada para su desarrollo. Esta parte del estudio constituye el capítulo 3.

#### 1.4.3 Metodología de desarrollo de los sistemas expertos.

Explica las fases administrativas y técnicas para el desarrollo de los sistemas expertos, factores críticos de éxito para su desarrollo, definición de reglas, formulación de conocimiento, mecanismos de inferencia, así como el manejo y cálculo de la incertidumbre. El lector aprenderá cómo desarrollar un sistema experto, cómo formular el conocimiento de una forma entendible a la computadora, y cómo documentar el proceso de desarrollo de manera sistemática y formal. Esta parte del estudio constituye el capítulo 4.

#### 1.4.4 Uso y administración de los sistemas expertos en los ambientes de trabajo.

Trata a profundidad la administración de ambientes de trabajo con sistemas expertos, administración de la

experiencia y uso de los sistemas expertos como herramienta competitiva. El lector conocerá las medidas administrativas que permitirán que los sistemas expertos se integren a los esquemas de trabajo de una organización, a efecto de que se constituyan como herramientas de negocios bien aprovechadas. Esta parte del estudio constituye el capítulo 5.

#### 1.4.5 Conclusiones.

Resumen de requerimientos y condiciones para el desarrollo y uso apropiado de los sistemas expertos, y la forma en como éstos se convierten en una herramienta de negocios. El lector dispondrá de una referencia resumida

---

que le permitirá decidir la viabilidad de un proyecto de sistemas expertos, aceptarlo o rechazarlo, organizar el proceso de desarrollo del mismo, establecer las condiciones propicias para su uso en la organización mediante medidas administrativas, y establecer las condiciones de uso para su máximo aprovechamiento como herramientas de negocios. Esta parte del estudio constituye el capítulo 6.

## CAPÍTULO 2

### POSICIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Para determinar las posiciones que un sistema experto puede ocupar en una organización, es conveniente analizar a grandes rasgos qué es lo que los sistemas expertos representan para las organizaciones, con respecto a la tecnología.

Edward Brent (1996) sostiene que dentro de las principales causas por las cuales es conveniente entrar al estudio de los sistemas expertos, podemos listar las siguientes:

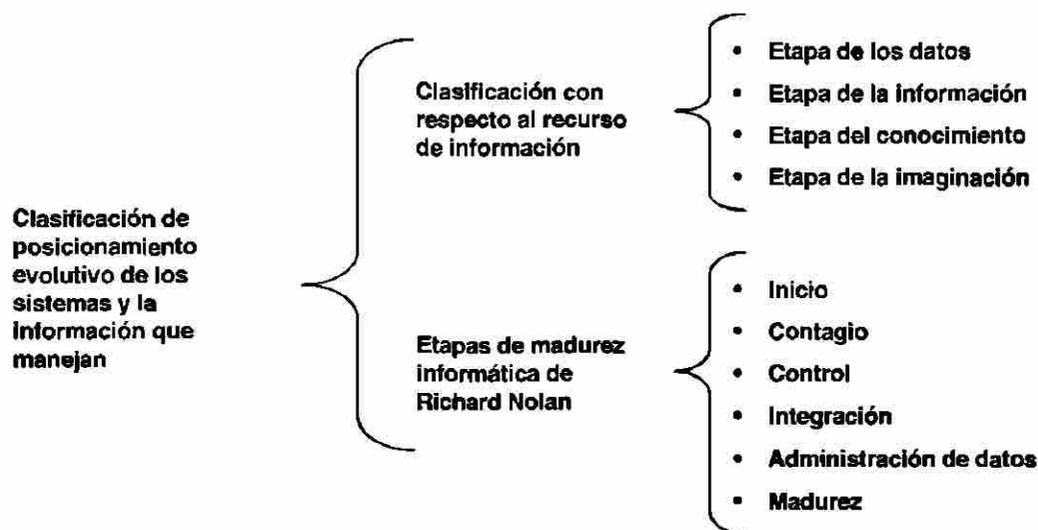
- a ) Constituyen el próximo escalón evolutivo de los sistemas computarizados.
- b ) Constituyen un recurso para las organizaciones.
- c ) Proporcionan ventaja competitiva.
- d ) Permiten administrar y aprovechar el conocimiento.

Consideramos fundamental desarrollar la explicación de cada uno de los puntos anteriores, ya que son los que justifican el tema de nuestro estudio.

## **2.1 Los sistemas expertos como próximo escalón evolutivo de los sistemas computarizados.**

Dentro de la industria de la computación se tienen diversas clasificaciones que sugieren "etapas evolutivas". Básicamente atienden al hacer de las organizaciones, al lugar dónde están posicionadas con respecto a la informática, así como la distinción de los recursos de información que les son relevantes.

Una forma gráfica de ver dos diferentes apreciaciones por etapas de las organizaciones y su relación con la tecnología de la información es mostrada en la figura 1; los conceptos que involucra serán abordados a detalle, y tienen como finalidad ilustrar las razones por las cuáles los sistemas expertos son considerados el "próximo escalón evolutivo" de los sistemas, tanto en lo global como en lo particular.



**Figura 1:** Clasificación de posicionamiento evolutivo de los sistemas y la información que manejan.

Por supuesto, existen más clasificaciones de tipo evolutivo para los sistemas, pero dado que es de especial interés para este texto diferenciar las condiciones

organizacionales sobre las cuales los sistemas expertos pueden prosperar, así como entrar al análisis de la

naturaleza del recurso manejado por los sistemas expertos,

sólo se abordarán a fondo las clasificaciones detalladas en la figura 1.

### 2.1.1 Clasificación basada en los recursos de información.

Una de las clasificaciones que más nos interesa es la clasificación en etapas con respecto a los recursos de información manejados. En dicha clasificación, las etapas no son con respecto al tiempo, sino con respecto al uso de la tecnología; sería inadecuado hablar de períodos en los cuales se vivió tal o cual etapa, en términos globales; un país de primer mundo puede estar en una etapa diferente que uno de tercer mundo, en el mismo punto histórico. Para poder comprender las etapas, es necesario comprender primero el parámetro sobre el cual serán delimitadas, que en este caso son los recursos de información que manejan. Dichos recursos de información, así como las

clasificaciones por etapas a la que dan pie, son relacionadas en la figura 2.

	<u>Recurso</u>	<u>Etapas</u>
Recursos de información	Datos	Etapas de los datos
	Información	Etapas de la información
	Conocimiento	Etapas del conocimiento
	Imaginación	Etapas de la imaginación

Figura 2: Recursos de información.

a) Los recursos de información y los elementos activos.

Los recursos de información juegan un papel importante en el desarrollo de las tareas y el cumplimiento de los objetivos de negocio que tiene una organización, pero por sí mismos no constituyen nada. Se requiere que formen parte de un sistema de trabajo basado en los recursos de información junto con dos elementos activos: el tomador de decisiones y los recursos de computo.

Se les refiere como elementos activos porque son los que se repartirán el trabajo y la responsabilidad de la obtención de los resultados. Para llegar a un resultado, deberá ser manipulado el recurso de información, ya sea por el recurso de computo o por el elemento humano, dependiendo de sus capacidades; se requiere un balance de esfuerzos entre los elementos activos que se justifique en lo práctico como en lo financiero. La figura 3 muestra la interacción entre el recurso de información y los elementos activos.

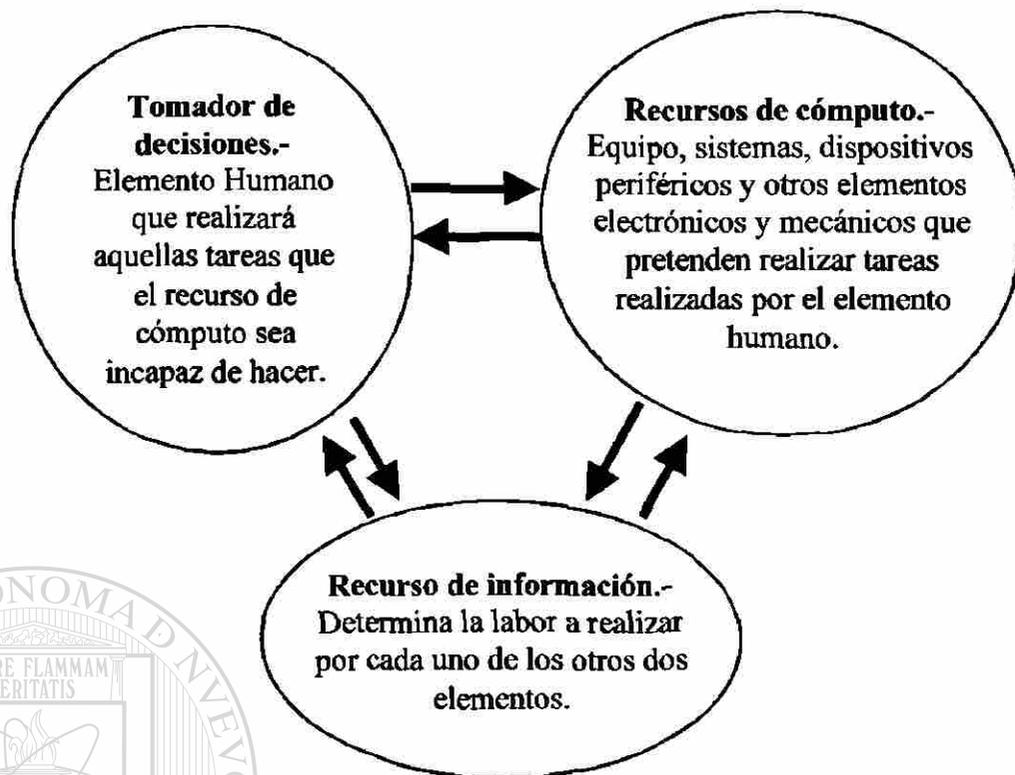


Figura 3: Interacción del recurso de información y los elementos activos.

b) Actividades a ser desarrolladas por un sistema experto.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cada recurso de información se distingue entonces por la distribución de cargas de trabajo que realiza cada uno de los elementos activos dentro del esquema de trabajo en el que participa. Principalmente, las tareas que son compartidas entre los elementos activos son: recopilación, registro, almacenamiento, análisis, clasificación,

interpretación, discriminación, procesamiento, razonamiento, generación de alternativas y ejecución de acciones; en algunos casos los elementos activos asumen la responsabilidad total sobre alguna de las tareas por razones prácticas, aunque por lo general comparten en una mínima parte el desarrollo de las mismas.

c) Etapas evolutivas con respecto a los recursos de información.

Tomadas estas consideraciones, ya disponemos de todas las definiciones necesarias para poder identificar las etapas evolutivas que con respecto a los recursos de información se pueden identificar y las enumeramos:

1) Etapa de los datos.

Caracterizada por la poca flexibilidad y capacidad de los recursos de cómputo; la principal preocupación es cómo almacenar de manera organizada los datos sin perderlos. Equipos muy caros, de poca capacidad de almacenamiento y procesamiento dedicado a las funciones del procesador; el

almacenamiento es determinado por el hardware (esquema jerárquico de base de datos y esquema de redes). Las computadoras sólo guardan datos y proporcionan datos, el análisis de los mismos debe ser realizado por el recurso humano, a fin de generar la información, la cual llevará a la toma de decisiones, también realizada por el recurso humano, y a la ejecución de las líneas de acción.

Distribución de cargas de trabajo en la etapa de los datos.

Tareas a cargo del elemento humano	Tareas a cargo del recurso de cómputo
Recopilación Registro Almacenamiento Análisis Clasificación Interpretación Discriminación Procesamiento Razonamiento Generación de alternativas Ejecución de acciones	Almacenamiento Clasificación

## 2) Etapa de la información.

Equipos flexibles y económicos; la computadora se hace doméstica y de uso cotidiano. Equipos con alta capacidad de almacenamiento y procesamiento orientado a las aplicaciones; fuerte orientación a los procesos, bajo la

premisa de proporcionar el máximo de información con el mínimo de datos; las redes locales y de área amplia hacen posible la distribución de información de manera ilimitada. El almacenamiento de información es más eficiente (modelo relacional y basado en objetos). Las computadoras proporcionan información, con lo cual el recurso humano recibe la información de la computadora, que le permite tomar decisiones y ejecutar líneas de acción.

Distribución de cargas de trabajo en la etapa de la información.

Tareas a cargo del elemento humano	Tareas a cargo del recurso de cómputo
Recopilación Registro Análisis Clasificación Interpretación Discriminación Razonamiento Generación de alternativas Ejecución de acciones	Análisis Clasificación Almacenamiento Procesamiento Interpretación Discriminación

### 3) Etapa del conocimiento.

Equipos con mucha capacidad de almacenamiento y procesamiento, presencia de dispositivos periféricos más inteligentes, con elementos propios de la inteligencia artificial, tales como reconocimiento de voz,

reconocimiento óptico, entre otros. El procesamiento se enfoca a realizar procesos de inferencia con acceso a bases de datos y bases de conocimiento, mismas que pueden actualizarse con la experiencia de los mismos procesos que son realizados. La computadora utiliza la información que ella misma genera y decide cuál es la línea de acción más apropiada para un escenario dado, en algunos casos y cuando así lo permita el equipo, la misma computadora ordenará la ejecución de las tareas a un dispositivo mecánico (robótica). La labor del recurso humano consiste en alimentar las experiencias y posibles situaciones a la computadora, a fin de que ella genere la información que necesita para decidir, que tome las decisiones y que de ser posible, ejecute la línea de acción que sugiere.

Distribución de cargas de trabajo en la etapa del conocimiento.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

<b>Tareas a cargo del elemento humano</b>	<b>Tareas a cargo del recurso de cómputo</b>
Recopilación	Recopilación
Registro	Registro
Análisis	Almacenamiento
Clasificación	Análisis
Interpretación	Clasificación
Discriminación	Interpretación
Procesamiento	Discriminación
Razonamiento	Procesamiento
Generación de alternativas	Razonamiento
Ejecución de acciones	Generación de alternativas
	Ejecución de acciones

#### 4) Etapa de la imaginación.

Esta etapa es una etapa propuesta, ya que la tecnología aún no se manifiesta en ese sentido mas que de forma muy experimental. Equipo con mayor capacidad, sobre todo de procesamiento (multiprocesadores y mejora en la arquitectura), que las utilizadas en la etapa del conocimiento. Se trasciende la etapa del conocimiento porque esta sólo considera conocimientos basados en la heurística, es decir, solo considera experiencias y posibilidades que el recurso humano alimenta en la base del conocimiento. En la etapa de la imaginación, la computadora es capaz de generar sus propios escenarios, su propio conocimiento, y sugerir líneas de acción que ni el mismo recurso humano había imaginado, utilizando complejos algoritmos y tecnologías como las redes neuronales y la lógica difusa. La labor del recurso humano en esta etapa es proporcionar el conocimiento base que debe considerar la computadora, y definir de manera estricta las restricciones sobre las cuales la computadora puede imaginar alternativas.

5) Ubicación de los sistemas expertos en las etapas con respecto a los recursos de información.

Concluimos el análisis de esta clasificación dejando en claro que nos encontramos en la etapa de la información y que nos dirigimos hacia la etapa del conocimiento, por lo cual los sistemas expertos constituyen el siguiente paso en la escala evolutiva en un marco global. A medida que los recursos tecnológicos lo hagan posible, el elemento humano dejará como labor del recurso de computo algunas tareas que por el momento consideramos nos son exclusivas, tales como la capacidad de decidir o el proceso de razonar sobre conocimiento concreto.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

2.1.2 Etapas de madurez informática de Richard Nolan. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En la década de los setentas, Richard Nolan, profesor de la escuela de negocios de Harvard planteo lo que se conoce como Teoría de las etapas de madurez. Esta clasificación permite determinar en qué etapa de madurez con respecto a la informática se encuentra una organización. La teoría de las etapas permite a las organizaciones identificarse dentro de los diversos grados

de madurez con respecto a su planeación de recursos y actividades relativas a la informática, y dependiendo de la etapa en la que se encuentre, se pueden definir planes de acción para mejorar la situación de informática y tecnología. Esta teoría comprende 6 etapas (figura 4), siendo la primera cuando la organización adquiere su primer computadora y su estructura administrativa no considera la función de sistemas, y la última cuando la organización está a la vanguardia tecnológica, y su estructura administrativa es la adecuada para sacarle el mayor provecho.

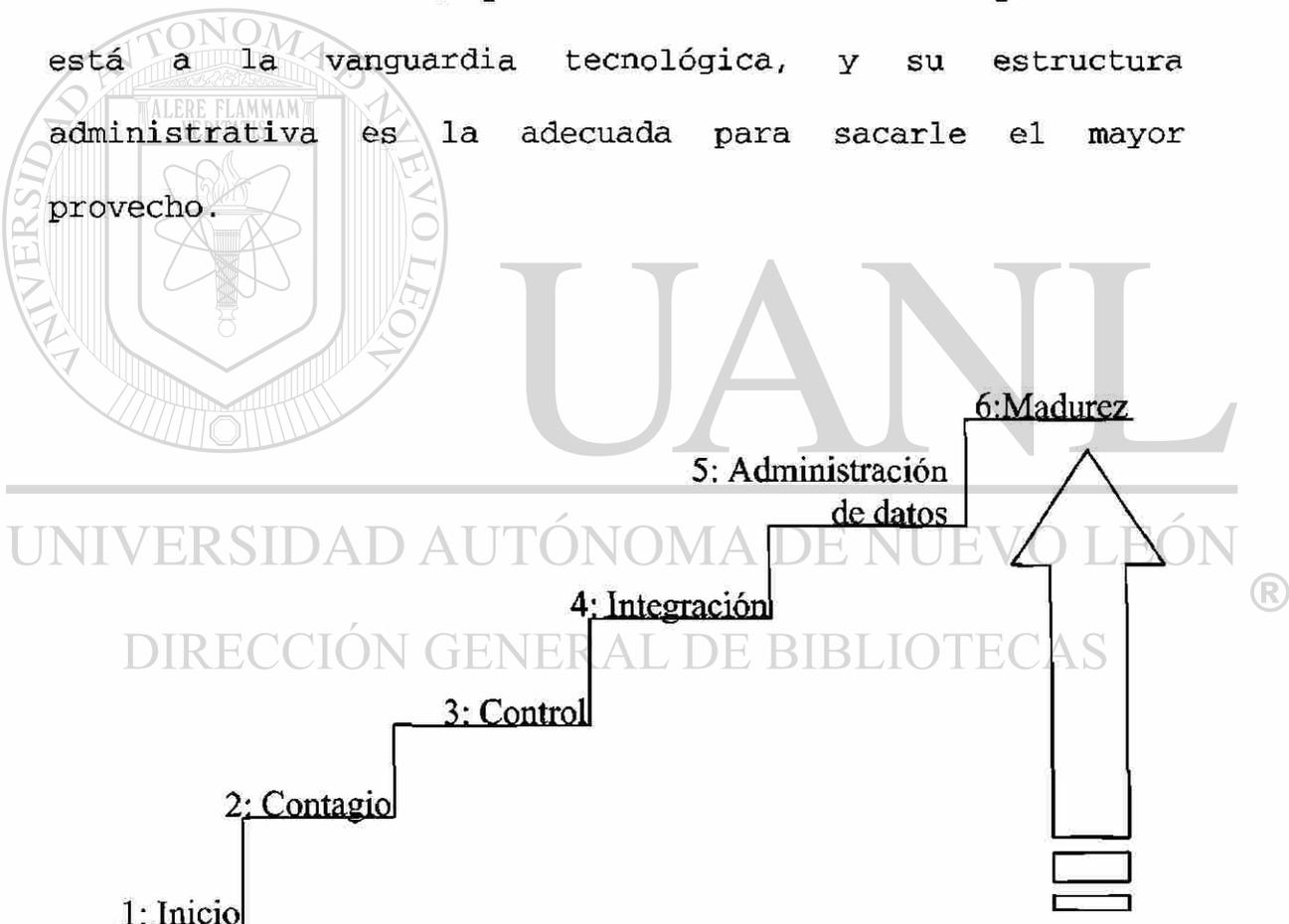


Figura 4: Etapas de madurez informática de Richard Nolan.

a) Primera etapa: Inicio.

Corresponde a organizaciones que no habían sentido con anterioridad la necesidad de implantar tecnología de cómputo. Se puede identificar a la organización en esta etapa por algunos de los siguientes indicios: se adquiere la primera computadora, justificada por el ahorro de mano de obra; las aplicaciones de cómputo típicas son de tipo transaccional. Por lo general, el área de sistemas depende del departamento de contabilidad, por ser área de registro continuo y rutinario. La administración de los recursos de cómputo y sistemas son manejados por personal con poca o ninguna preparación formal en el área de computación. Pocos empleados en sistemas (operadores y/o programadores).

---

Esta etapa termina cuando se implanta exitosamente el primer sistema de información.

b) Segunda etapa: Contagio.

Inicia con la implantación del primer sistema de información exitoso. Se desarrolla el resto de los sistemas transaccionales no desarrollados en la etapa de inicio. Proliferan aplicaciones no estandarizadas por toda la

organización. El departamento de sistemas es elevado en rango, dependiendo de la Gerencia de Administración o Contraloría. Se contrata personal especializado en el área de computación porque los problemas que se presentan en la operación son más complejos. Los analistas son asignados a las áreas funcionales. Existe redundancia de datos entre diferentes aplicaciones. Las aplicaciones se desarrollan sin estándares. Los gastos por conceptos de desarrollo de sistemas se incrementan considerablemente.

c) Tercera etapa: Control.

Inicia con la necesidad de controlar el uso de los ~~recursos computacionales. El departamento de sistemas se~~ ubica a una posición gerencial. La administración de las áreas de informática se orienta al control administrativo y la justificación financiera de los proyectos de sistemas. Se inicia la implantación de estándares de trabajo. Se integra a las áreas de sistemas personal con habilidades administrativas y preparados técnicamente. Se inicia el desarrollo de interfaces automáticas entre los diferentes sistemas. Nace la función de la planeación de sistemas, enfocada hacia el control presupuestal con respecto a los

proyectos de informática. Se comienza a hacer uso de proveedores externos de servicios como estrategia de costos (contratación de outsourcing).

d) Cuarta etapa: Integración.

Se centraliza el departamento de sistemas en una sola estructura administrativa. El usuario adopta un rol que lo involucra más en las decisiones; el área de sistemas adopta una posición de consultoría. Se comienza el remplazo de sistemas antiguos por otros más integrados y tecnológicamente más depurados.

e) Quinta etapa: Administración de datos.

La organización reconoce la importancia de la información como recurso, y por tanto el departamento de sistemas es relevante, aunque no de primer nivel. Se administran los datos para su utilización. Los usuarios de la información se hacen responsables de la confiabilidad e integridad de la información.

f) Sexta etapa según Richard Nolan: Madurez.

Informática se ubica como área estratégica de la organización, siendo de primer nivel. Se hace uso de sistemas y técnicas complejas, tales como la manufactura integrada por computadora, sistemas expertos, sistema de soporte a las decisiones y sistemas estratégicos. Nace la idea de independizar el área de sistemas en todos los rubros; la gerencia o dirección de sistemas se constituye como una empresa independiente que brinde outsourcing a la organización. Suele existir planeación rigurosa de los recursos de cómputo. Comunicación entre informática y las áreas funcionales y Dirección General es fluida.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

g) Ubicación de los sistemas expertos con respecto a las etapas de madurez de Richard Nolan.

Dentro de esta clasificación por etapas, los sistemas expertos aparecen en la etapa de madurez, lo cual ya es muy revelador; para considerar a los sistemas expertos como una carta fuerte dentro de nuestras herramientas computarizadas para la productividad, debemos estar

conscientes que estos se encuentran en una etapa en la que las organizaciones ya entraron en una etapa madura con respecto a la informática, en donde el control de procesos y la definición de conceptos son un hecho. Implantar sistemas expertos en organizaciones con necesidades de operación más inmediatas resulta una pérdida de tiempo. Por lo general una empresa que no ha madurado con respecto a la informática no puede concentrar el conocimiento de manera eficiente en una computadora.

## **2.2 Los sistemas expertos como recurso para las organizaciones.**

A nadie sorprende que la información sea considerada como un recurso de la empresa. Se ha llegado incluso a afirmar que es un activo, aunque su cuantificación es complicada; la razón de la importancia de la información es que en base a ella se toman las decisiones, que a fin de cuenta determinan el éxito o fracaso de las organizaciones en el logro de sus metas.

Los sistemas expertos están basados en el conocimiento, es decir, aplican la información para sugerir una línea de acción, e incluso con las interfaces adecuadas, pueden hasta ejecutar las acciones que deciden

como óptimas. Si analizamos un poco estos dos recursos, la información entendida como lo describe el párrafo anterior, es valiosa en tanto sirve para la toma de decisiones y que estas son acertadas. Si la información es buena y la decisión es equivocada, el recurso información deja de ser valioso.

El conocimiento constituye un recurso muy valioso para la empresa, sin importar si se encuentra en un sistema o en la cabeza del recurso humano, ya que es el elemento que permite aprovechar la información de una manera correcta para tomar decisiones acertadas. Las empresas cada vez están más conscientes de que la rotación de personal es perjudicial, ya que el conocimiento es difícil de mantener y transmitir. Asimismo, existe la tendencia a

fomentar en el personal de las organizaciones la generación de nuevas ideas que contribuyan a la eficiencia; esto sólo se puede lograr teniendo conocimiento y la capacidad de imaginar nuevas alternativas.

Una organización sin conocimientos acumulados está en clara desventaja frente a sus competidores que si la poseen. El conocimiento permite saber qué hacer frente a una situación que nos es revelada a través de la información, y afecta de manera directa nuestra capacidad para responder a nuevos retos o adversidades inesperadas.

Los sistemas expertos acumulan conocimientos y los utilizan a favor de la organización, por lo cual constituyen un recurso valioso para las mismas.

### **2.3 Los sistemas expertos como instrumentos para obtener ventaja competitiva.**

En el punto anterior se analizó que el conocimiento es un recurso valioso, y que los sistemas expertos permiten acumularlo y utilizarlo a favor de la organización. El hecho de que los sistemas expertos sean computarizados permiten adquirir para el conocimiento cualidades de los sistemas de cómputo, tales como la velocidad de procesamiento, consistencia en los resultados y exactitud.

~~Este hecho permite establecer condiciones de mercado que pueden afectar la competencia, proporcionando ventaja competitiva.~~ En otras palabras, los sistemas expertos tienen el conocimiento de la organización y lo pueden utilizar a velocidades de procesamiento muy altas, en beneficio de la misma. Si los sistemas expertos proporcionan consistencia en los productos que se ofrecen, mejor tiempo de respuesta, mayor certeza en las decisiones, entre otras cosas, contribuirán a generar ventaja

competitiva. Se abordará más a fondo este tema en el presente trabajo.

#### **2.4 Los sistemas expertos como herramientas para administrar y aprovechar el conocimiento.**

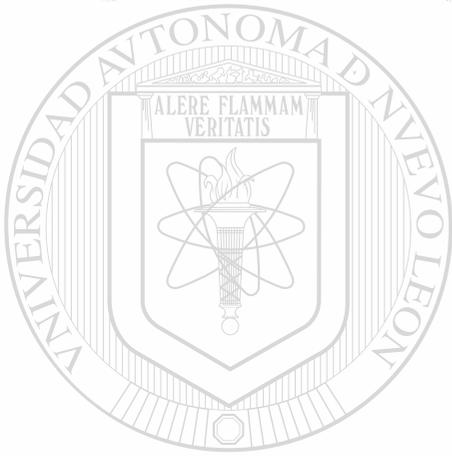
Un principio de la administración contemporánea nos dice que lo que no se puede cuantificar no se puede controlar; partiendo de ahí, consideremos que es común que las organizaciones no sepan cuánto conocimiento tienen, dónde se encuentra ubicado, ni cómo puede ser aprovechado de la mejor forma. Muchas veces el conocimiento está en un empleado que se va con la competencia, está en manuales obsoletos o simplemente no está en ningún lado, al menos en

---

la forma adecuada para ser transmitido y difundido en forma tal que proporcione un beneficio cuantificable. Si la organización no sabe cuánto conocimiento tiene, ni dónde lo tiene, ¿cómo podría considerarlo como un recurso para planear sus pronósticos?, ¿cómo podría administrarlo y orientarlo de la mejor manera para ponerlo a producir?.

Los sistemas expertos utilizan para trabajar bases del conocimiento, mismas que detallan los criterios sobre los cuales la información debe ser interpretada para producir una alternativa de acción; el hecho de que exista

una base de conocimientos implica que se haya recopilado el conocimiento existente, que se haya representado mediante técnicas formales y que se haya almacenado. El conocimiento expresado de esa forma puede ser administrado de manera eficaz, puede ser distribuido y actualizado en cualquier momento, por una o varias personas, lo cual lleva a un perfeccionamiento en los métodos y formas que la organización conoce para alcanzar un resultado.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# CAPÍTULO 3

## MARCO TEÓRICO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

### 3.1 Definiciones de sistemas expertos.

#### 3.1.1 Definición de sistemas expertos.

Los sistemas expertos son conocidos como Sistemas Basados en el Conocimiento (*Knowledge Based Systems*) por su capacidad para resolver problemas mediante el análisis y uso de una base de conocimientos, y su capacidad para simular razonamiento. Esa apreciación es acertada, aunque

no cubre en toda su dimensión la realidad de los sistemas expertos.

Algunas definiciones que se han hecho de los sistemas expertos son las siguientes:

"Programas de cómputo que tienen un desempeño a nivel experto en un área específica del conocimiento, utilizando técnicas de programación propias de la inteligencia artificial, tales como la representación simbólica, inferencia, y búsqueda heurística" (*Buchanan, 1985*).

"Sistema computacional interactivo que permite la creación de bases del conocimiento, las cuales una vez cargadas responden a preguntas, despejan dudas y sugieren cursos de acción emulando/simulando el proceso de razonamiento de un experto para resolver problemas en un área específica del conocimiento humano" (Daniel Cohen, 1994).

Como puede apreciarse, los sistemas expertos han sido entendidos de múltiples maneras a lo largo de su historia; en su creación, desarrollo e implantación participan muchas ramas del conocimiento, muchas disciplinas y muchas consecuencias que nada tienen que ver con cuestiones técnicas o de funcionamiento interno; eso provoca que sean definidos de una forma muy variada, dependiendo del contexto que queramos asociar a ellos.

3.1.2 Conceptos generalmente interpretados de sistemas expertos.

Edward Brent (1996) sostiene que los sistemas expertos son entendidos en cualquiera de las siguientes formas:

- a ) Programas de cómputo que hacen lo que los expertos hacen.
- b ) Un programa de cómputo que hace lo que los no expertos no pueden hacer.
- c ) Un campo próximo a desaparecer.
- d ) Una sub rama de la inteligencia artificial.
- e ) Sistema Basado en el Conocimiento.

Nos permitimos desarrollar cada una de las anteriores apreciaciones, a fin de establecer una idea más completa de lo que son los sistemas expertos y de la forma en que son entendidos.

- a) Programa que hace lo que los expertos hacen.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Los sistemas expertos poseen conocimientos relativos a un área específica del conocimiento y tienen la habilidad de proporcionar soluciones a problemas específicos relacionados con su especialidad. Tanto el experto como los sistemas expertos se caracterizan por su capacidad para concluir en base a la utilización del razonamiento sobre conocimientos acumulados. Los expertos y los sistemas expertos tienen esa similitud; la figura 5 representa cómo

tanto el experto como el sistema experto reciben un mismo planteamiento, disponen de una base de conocimientos (conceptos y procesos) relativos al tema dentro del cual se encuentra la solución al problema (rama del conocimiento), y mediante el uso de dicho conocimiento y un proceso de razonamiento pueden llegar a una misma conclusión.

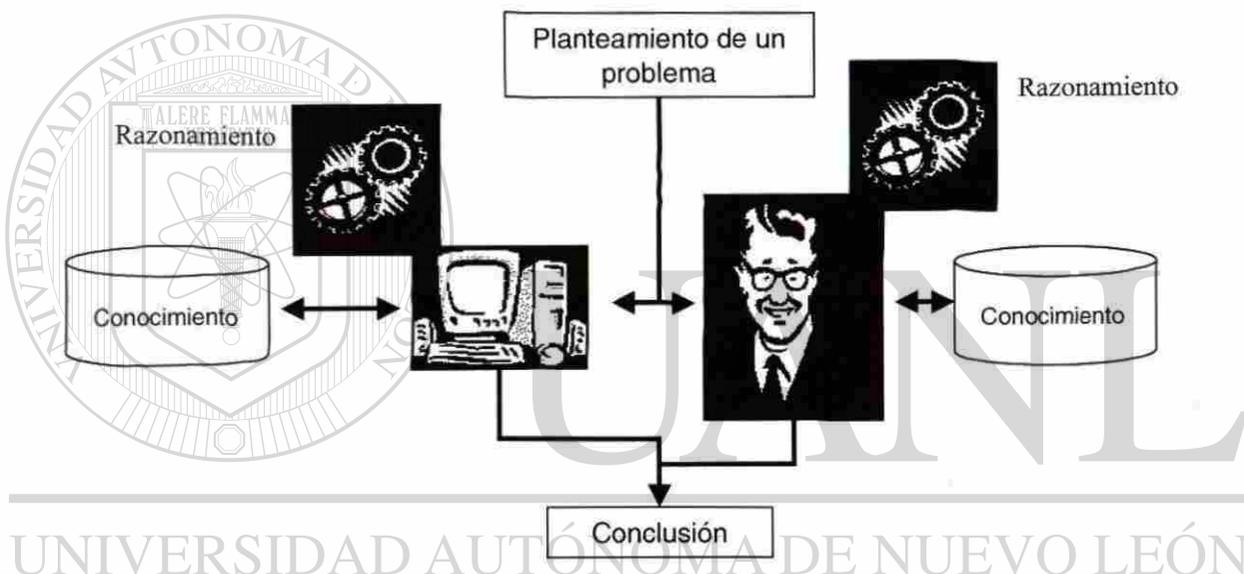


Figura 5: Sistemas Expertos, programa que hace lo que los expertos hacen.

b) **Sistemas Expertos:** Programa que hace lo que los no expertos no pueden hacer.

En sentido contrario a la definición anterior, los sistemas expertos pueden hacer lo que los NO expertos NO pueden hacer. Los sistemas expertos proporcionan a los usuarios información y asesoría que necesitan, y que seguramente no podrían generar por ellos mismos. Se hace esta definición de los sistemas expertos para no discriminarlos por falta de amplitud, ya que un sistema experto puede no tener la misma capacidad de conclusión que un experto (con lo cual no caería dentro de la primera apreciación), pero si una capacidad superior que el general de las personas, lo que los ubica un paso adelante.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

c) **Sistemas Expertos:** Un campo próximo a desaparecer.

El ser humano tiene entre sus necesidades básicas una necesidad de trascendencia, que se manifiesta a través de la diferenciación que lo confirma como individuo. Existe la creencia que, desde el momento en que un sistema de cómputo puede realizar una tarea que nosotros pensábamos

que sólo los humanos podrían hacer, en ese momento subestimamos la tarea misma, creemos que la tarea no requiere inteligencia o que su ejecución no es tan segura. El factor sociológico que nos hace sentir tan especiales (sólo los humanos pensamos), en comunión con el instinto de supervivencia (somos necesarios) y la necesidad de trascendencia (yo puedo hacerlo y nadie mas), hacen de la inteligencia artificial y los sistemas expertos un campo no fructífero. El rechazo al uso de los sistemas expertos es un claro indicio de que el mismo ser humano no quiere permitir que las computadoras sean mejores en la tarea de razonar y concluir. Tales adversidades pueden hacer de los sistemas expertos un campo próximo a desaparecer.

---

d) **Sistemas Expertos:** Una sub rama de la inteligencia artificial.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La inteligencia no es un bien exclusivo y divino del ser humano, ya que no es percibida de manera visual o cualquier otro sentido; la inteligencia se manifiesta por comportamientos, mismos que no son exclusivos del ser humano. La inteligencia artificial puede definirse como:

"la ciencia que estudia de manera sistemática el comportamiento inteligente, con el fin de imitar o simular las habilidades humanas mediante la creación y utilización de máquinas y computadoras" (Daniel Cohen, 1994).

La inteligencia artificial tiene varias sub ramas claramente definidas, que pretenden emular o simular comportamientos humanos, ya sean físicos, motrices, sensoriales o de razonamiento, o bien una mezcla de los anteriores.

Dentro de las sub ramas de la inteligencia artificial están los sistemas expertos, mismos que pretenden simular el proceso de razonamiento e inferencia que tenemos los seres humanos, a partir de una base de conocimiento dada y un escenario dado sobre el cual el conocimiento será

---

aplicado. La figura 6 muestra la posición de los sistemas expertos como sub rama de la inteligencia artificial.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

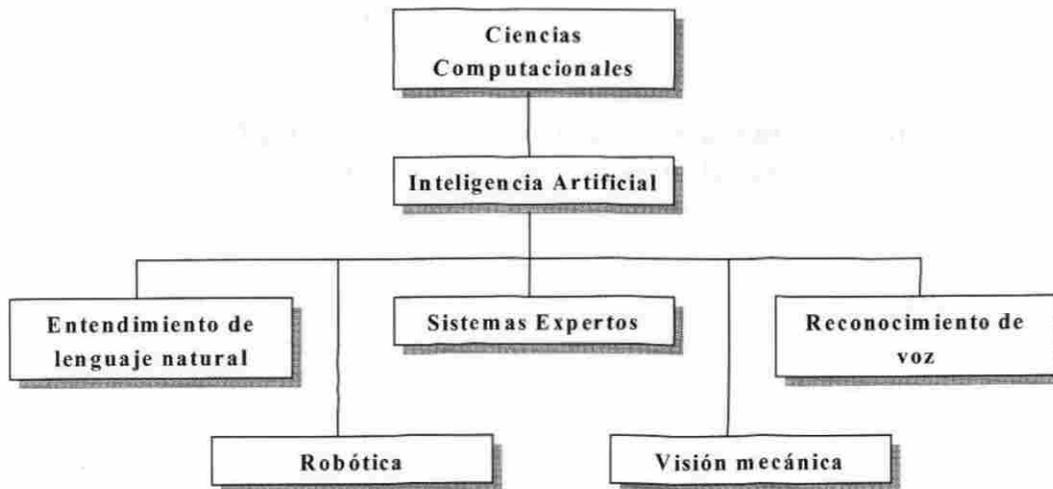
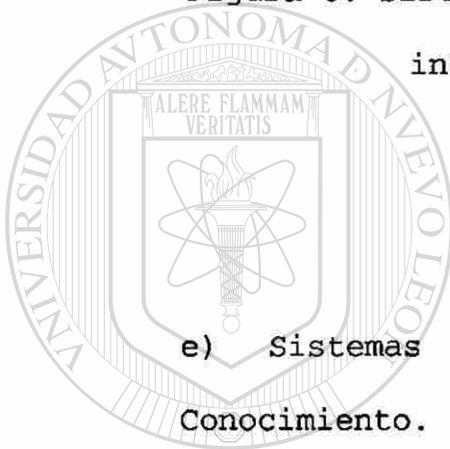


Figura 6: Sistemas Expertos, una sub rama de la inteligencia artificial.



e) Sistemas Expertos: Sistemas Basados en el Conocimiento.

U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Son llamados Sistemas Basados en el Conocimiento (Knowledge Based Systems) por su capacidad para resolver problemas mediante el análisis y uso de una base de conocimientos, a través de su capacidad para simular razonamiento. Los sistemas expertos tendrán siempre un mecanismo de inferencia que trabajará de manera directa sobre el conocimiento. Los sistemas expertos pueden utilizar bases de datos de manera complementaria a la base del conocimiento, pero esta última es imprescindible.

### 3.2 Tipologías de los sistemas expertos y sus ejemplos más representativos.

#### 3.2.1 Tipología de sistemas expertos según Hayes-Roth, Waterman, y Lenat.

Nuestra mente puede orientar su capacidad hacia cierta actividad mental, misma que puede perfeccionarse y/o especializarse; también existe la posibilidad que de manera natural seamos buenos para una determinada actividad mental y deficientes en otra. Los sistemas expertos pueden orientarse de igual forma, en base a la búsqueda de un resultado esperado; con esto queremos concluir que no todos los sistemas expertos se especializan o tienen la necesidad

de cubrir todas las actividades mentales existentes; esto da lugar a una clasificación de los sistemas expertos.

Hablábamos que la inteligencia podía percibirse en base al comportamiento, que incluso puede ser un comportamiento determinado orientado a ciertos resultados; tomando eso como base, Hayes-Roth, Waterman, y Lenat (1983) ofrecieron la siguiente topología de los Sistemas Expertos:

**INTERPRETACIÓN:** Infiere la descripción de situaciones a través de un sensor de datos.

**PREDICCIÓN:** Infiere consecuencias de una situación dada.

**DIAGNÓSTICO:** Infiere desperfectos derivados de una observación.

**DISEÑO:** Configura objetos basados en restricciones.

**PLANEACIÓN:** Diseña acciones.

**MONITOREO:** Compara observaciones para planear vulnerabilidades.

**DEPURACIÓN:** Prescribe remedios para desperfectos.

**REPARACIÓN:** Ejecuta para administrar un remedio prescrito.

**INSTRUCCIÓN:** Diagnostica, depura y corrige comportamientos y apreciaciones en un proceso de enseñanza - aprendizaje.

---

**CONTROL:** Interpreta, predice, repara y monitorea comportamientos de un sistema.

Muchas de las tipologías pueden ser percibidas como continuación de otras, asimismo, algunas estarán necesariamente incluidas en otras debido a las diferencias de alcance.

### 3.2.2 Ejemplos representativos de sistemas expertos.

Los sistemas expertos apenas están convenciendo de su utilidad práctica como herramientas de negocios, para poder dejar por fin su fase experimental y de investigación; esto es el resultado de nuevas herramientas de desarrollo, mejores equipos con mejor capacidad de procesamiento, así como mejor difusión de los mismos. El propósito del presente trabajo es precisamente ese: convencer de la utilidad de los sistemas expertos en los negocios; no nos hubiéramos aventurado en este trabajo si no se tuvieran antecedentes que indicaran que la expectativa de éxito para los sistemas expertos es posible.

A continuación se listan algunos sistemas expertos ~~considerados como clásicos y otros considerados como~~ contemporáneos, mismos que han contribuido con su ejemplo al desarrollo de esa rama de la inteligencia artificial.

#### a) Ejemplos de sistemas expertos clásicos.

**MYCIN:** Diagnóstico y tratamiento de enfermedades infecciosas de la sangre.

**CADUCEUS:** Diagnóstico médico del campo de medicina interna.

**AI-REHUM:** Diagnóstico y tratamiento de desordenes reumatológicos.

**MACSYMA:** Cálculo de álgebra simbólica.

**R1:** Configuración de computadora VAX.

**HEARSAY-II:** Reconocimiento de voz.

b) Ejemplos de sistemas expertos contemporáneos.

**EX-SAMPLE:** Determina el tamaño óptimo de una muestra (computación estadística).

**PEER REVIEW EMULATOR:** Diseña propuestas de investigación (conocimiento semántico).

**STATISTICAL NAVIGATOR:** Identifica estadísticas apropiadas (toma de decisiones).

**WICHGRAPH:** Identifica la gráfica apropiada.

**DESIGNER RESEARCH:** Diseño de experimentos.

**HYPER-SOC:** Enseña introducción a la sociología.

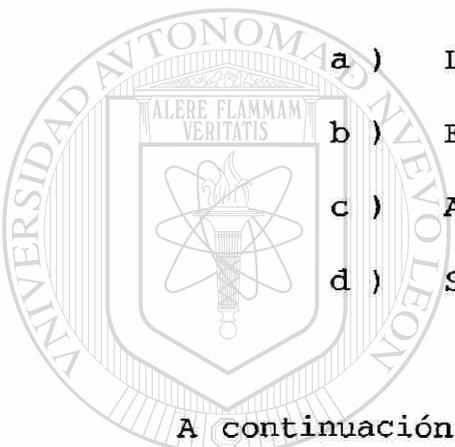
**MAKIN IT:** Crea actores inteligentes para interfaces de realidad virtual de vídeo digitalizado.

### 3.3 Sistemas expertos y otras formas de acumulación de conocimiento.

Una forma de entender mejor a los sistemas expertos, sus ventajas y limitaciones, es entendiendo otras formas convencionales de acumulación de conocimiento. La razón es simple: el beneficio que se pretende obtener con los sistemas expertos no radica tanto en su funcionalidad como herramienta de cómputo (velocidad de procesamiento, capacidad de almacenamiento, etc.), sino en la calidad de conocimiento, disponibilidad del conocimiento, uso adecuado del conocimiento para generar conclusiones acertadas, entre otras cosas; estas cualidades pueden estar presentes en otras formas de acumulación de conocimientos que en un momento dado pueden actuar como alternativa frente a los sistemas expertos, tan es así, que muchas empresas no tienen idea de la existencia de los sistemas expertos, y sin embargo operan y subsisten sin necesitarlos.

En la medida en que comparemos a los sistemas expertos con las otras formas de acumulación de conocimiento que sin duda nos son más familiares, podremos decidir si un cambio en los esquemas que utilizamos para dicha acumulación resulta necesario; el proceso de diferenciar a los sistemas expertos de las demás formas de acumulación de conocimiento es de vital importancia, ya que

como resultado del proceso obtendremos aquellos argumentos suficientes para mover a una organización a invertir en sistemas expertos, cosa que hará en la medida en que las ventajas proporcionadas por estos se justifiquen financieramente. Los sistemas expertos pueden ser comparados con otras formas de acumulación de conocimiento, tales como:

- 
- a ) Libros o manuales.
  - b ) Expertos.
  - c ) Algoritmos numéricos tradicionales.
  - d ) Sistemas convencionales de información.

A continuación se detallarán a través de la tabla 1

---

las similitudes y diferencias entre los sistemas expertos y las otras formas de acumulación de conocimientos

anteriormente referidas:

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tabla 1.**  
**SIMILITUDES Y DIFERENCIAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS Y OTRAS FORMAS DE ACUMULACIÓN DEL CONOCIMIENTO.**

FORMA DE ACUMULACIÓN DE CONOCIMIENTO	SIMILITUDES	DIFERENCIAS
Libros y manuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ambos contienen información que permite la solución de problemas particulares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los sistemas expertos pueden proponer sugerencias concretas que invitan a la acción.</li> <li>➤ Los sistemas expertos aprovechan los datos específicos del problema que plantea el usuario. Los libros y manuales no tienen forma de aprovechar la información del problema que ya poseen sus lectores.</li> <li>➤ En los libros o manuales se puede pasar por alto información relevante o entenderla de una forma no correcta, afectando el proceso de inferencia realizado por el lector.</li> <li>➤ En los libros o manuales quien concluye es el lector; con un sistema experto quien concluye es el mismo sistema experto.</li> </ul>
Experto humano	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ambos cuestionan a las personas por datos que pudieran ser relevantes en una solución.</li> <li>➤ Ambos recomiendan acciones basados en las respuestas de las personas y en su conocimiento.</li> <li>➤ Ambos proporcionan sugerencias personalizadas a cada caso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los sistemas expertos siempre tienen el mismo desempeño, pues no tienen malos días, enojo, hostilidad, aburrimiento, etc., que pudieran influir en su proceso de inferencia.</li> <li>➤ Los sistemas expertos pueden ser duplicados y distribuidos tanto como se desee, ya que no tienen limitantes de tiempo y espacio.</li> <li>➤ Los sistemas expertos pueden atender a las personas incluso a altas horas de la madrugada. siempre están disponibles.</li> <li>➤ Los sistemas expertos no se jubilan, no abandonan ni mueren.</li> </ul>
Algoritmos numéricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ambos alcanzan de manera sistemática la solución a un problema.</li> <li>➤ Ambos proporcionan reportes escritos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los sistemas expertos no obligan a la obtención de la solución de un problema en apego estricto a un molde matemático.</li> <li>➤ Los sistemas expertos pueden aplicarse a un rango más amplio de problemas, incluyendo aquellos que hacen consideraciones de tipo cualitativo.</li> <li>➤ Los sistemas expertos pueden producir soluciones incorrectas a los problemas. Los algoritmos matemáticos producen resultados con precisión matemática.</li> </ul>

En la tabla no referimos a los sistemas de información convencionales, en virtud de que requieren un estudio más amplio de similitudes y diferencias; en si mismos no constituyen una forma de acumulación de conocimientos, aunque los consideramos en este rubro porque son la fuente de información que pondrá en práctica al conocimiento en la organización, guardando con él una relación estrecha.

Existen dos tipos de conocimiento que pueden ser manejados mediante herramientas de cómputo: conocimiento implícito y el conocimiento explícito (información). El conocimiento explícito es aquel que se manifiesta de manera directa y concreta, y su significado carece de interpretaciones diferentes a la igualación entre símbolo y valor, por ejemplo, si decimos que...

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

animal = "caballo"

de manera explícita sólo sabremos que...

animal = "caballo"

y nada más. El conocimiento implícito es aquél que sin ser manifiesto de manera directa y concreta, es

inferido, de tal forma que la igualación entre símbolo y valor puede inferir la valorización de otros símbolos diferentes; por ejemplo, si decimos que...

animal = "caballo"

el conocimiento implícito resultante podría ser:

grupo = "mamífero"

tracción = "cuadrúpedo"

...

Si observamos, el proceso de inferencia puede dar lugar a que el conocimiento explícito genere conocimiento

implícito; para ello se deberá contar con una base de conocimiento que permita determinarlo. Los sistemas

convencionales de información, particularmente orientados hacia las bases de datos, constituyen una base de conocimiento explícito, donde se quiere decir lo que se dice, sin más derivaciones.

Los componentes básicos de un sistema de información pueden ser:

- Usuario
- Base de datos
- Manejador de base de datos
- Programa de interacción (Entradas y Salidas)

Su arquitectura es simple; los usuarios obtienen de dichos sistemas lo que alimentan a la base de datos, en una forma procesada; para dichos sistemas aplica el principio GIGO (*garbage in - garbage out / basura entra - basura sale*), en donde se comprueba que se obtendrá como resultado

---

la transformación de lo que se introdujo al sistema; por lo general este tipo de aplicaciones son del tipo "data crunching". Hacen lo mismo que la gente puede hacer (aunque con esfuerzo). La figura 7 muestra la arquitectura de los sistemas de información convencionales, en donde se pueden diferenciar claramente sus elementos.

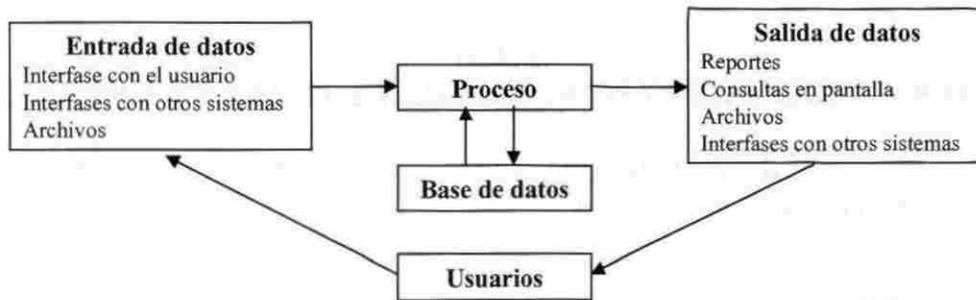
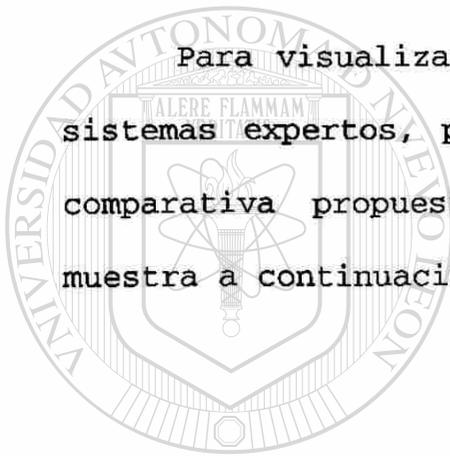


Figura 7: Arquitectura de los sistemas de información convencionales.

Para visualizar las similitudes y diferencias de los sistemas expertos, podemos tomar como referencia la tabla comparativa propuesta por Daniel Cohen (1994), que se muestra a continuación (tabla 2).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Tabla 2.  
**TABLA COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS EXPERTOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN.**

SISTEMAS DE INFORMACIÓN	SISTEMAS EXPERTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sub rama de los sistemas de información.</li> <li>- Procesan datos y generan información.</li> <li>- Apoyan la automatización de transacciones.</li> <li>- Son indispensables para los negocios.</li> <li>- Participan en su desarrollo programadores analistas y el usuario. Especialistas en informática.</li> <li>- Accesan archivos convencionales y bases de datos.</li> <li>- Especialistas disponibles en el mercado, casas de software, consultores, etc.</li> <li>- Uso generalizado y masivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sub rama de inteligencia artificial.</li> <li>- Procesan conocimientos y generan conclusiones.</li> <li>- Apoyan la automatización de la generación de conclusiones.</li> <li>- Proporcionan ventaja competitiva pero no son indispensables para los negocios.</li> <li>- Participan en su desarrollo expertos e ingenieros del conocimiento. Especialistas en cibernética.</li> <li>- Accesan archivos convencionales y bases de datos y de conocimiento.</li> <li>- Especialistas escasos en el mercado.</li> <li>- Uso limitado y oculto en las empresas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costos, beneficios, tecnología y problemas probados durante más de tres décadas en los negocios.</li> <li>- Tradicional. Áreas de oportunidad conocidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costos, beneficios, tecnología y problemas poco probados en los negocios. Constituyen un riesgo.</li> <li>- Novedoso. Puede constituir áreas de oportunidad relevantes.</li> </ul>

### 3.4 Arquitectura de los sistemas expertos.

El desarrollo de los sistemas expertos tiende a ser una tarea multidisciplinaria, y por tanto el análisis de su arquitectura no se reduce al plano eminentemente técnico. Los sistemas expertos difieren significativamente en su arquitectura con respecto a los demás tipos de sistemas; de hecho, sus componentes marcan las características diferenciativas. Los siguientes enfoques pretenden describir a los sistemas expertos, aunque abundan de diferente manera las particularidades de los mismos.

- Enfoque 1: Orientado a los elementos.
- Enfoque 2: Orientado a las interfaces y formulaciones.

- Enfoque 3: Orientado a los roles.

Se tratarán a detalle cada uno de los enfoques a continuación.

#### 3.4.1 Enfoque orientado a los elementos.

Mientras que los sistemas convencionales ejecutan un conjunto de comandos en la misma forma todo el tiempo

(enfoque procedural), los sistemas expertos utilizan conocimiento almacenado en forma declarativa y un mecanismo de inferencia que ejecuta el proceso de razonamiento, llevándonos a la solución de un problema planteado.

Para entender los elementos que componen a un sistema experto, debemos saber que se basan en un razonamiento simbólico, es decir, toda su operación se traduce en una búsqueda de un valor con alto grado de certeza para un símbolo, considerando los valores ya conocidos y asignados a otros símbolos (facts/hechos), y las reglas, que no son otra cosa que conocimiento expresado de forma declarativa a través de cláusulas IF - THEN. La figura 8 ilustra los diferentes elementos que componen un sistema experto en su uso y desarrollo, y la forma en que interactúan dichos elementos.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN<sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

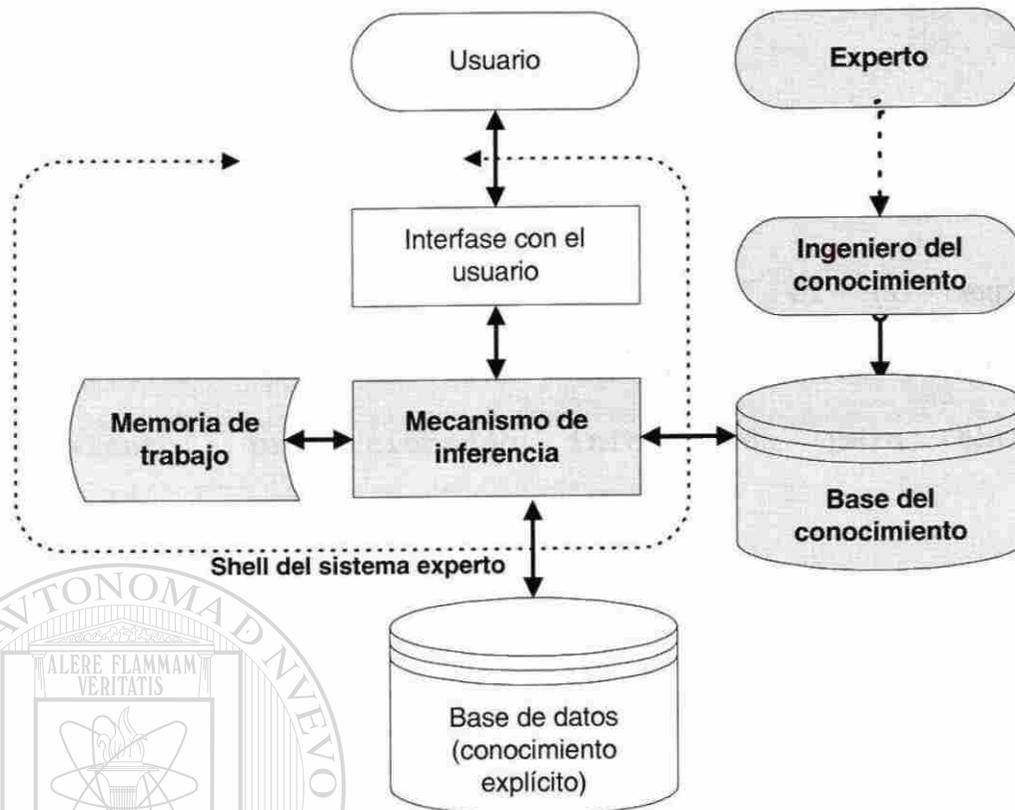


Figura 8: Arquitectura de un sistema experto (componentes).

En la gráfica, los elementos que aparecen en fondo gris son aquellos que no están presentes en un sistema de información convencional, es decir, son particularidades propias de los sistemas expertos.

Los elementos que participan en el desarrollo y operación de un sistema experto se definen como:

a) Interfase con el usuario.

Proporciona una forma para que el no experto interactúe con el conocimiento contenido en la base del conocimiento, proporcionando información para obtener conclusiones.

b) Mecanismo de inferencia.

Es el corazón de los sistemas expertos; ya que es el mecanismo de procesamiento que determina qué reglas serán procesadas y en qué orden, asignando valores a los símbolos involucrados en la inferencia para llegar a una conclusión.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

c) Memoria de trabajo.

Es un área de memoria que contiene los hechos observados (conocimiento explícito) y los nuevos hechos inferidos al aplicar el conocimiento almacenado en la base del conocimiento sobre los primeros (conocimiento implícito).

## d) Shell .

En computación, Shell representa un interprete de comandos o la interpretación que se hace de ellos. En el caso de nuestra gráfica, Shell del sistema experto refiere a la interpretación de reglas, la interacción con el usuario y el proceso de inferencia para obtener un resultado.

En nuestro caso el Shell se compone de:

- La interfase con el usuario.
- La memoria de trabajo.
- El mecanismo de inferencia.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## e) Experto.

Es el que proporciona el conocimiento al sistema. Generalmente define los conceptos necesarios para entender el conocimiento, y sabe como manejarlo e interpretarlo a efectos de generar una conclusión.

## f) Usuario.

Es la persona que proporciona aquellos datos requeridos por el sistema a fin de que pueda ser aplicado el conocimiento para realizar el proceso de inferencia que derive en una conclusión.

## g) Ingeniero del conocimiento.

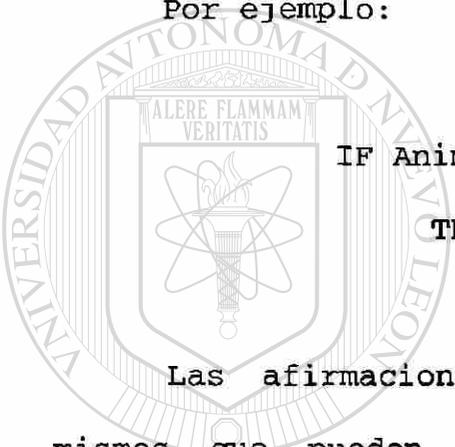
En algunos casos existe un ingeniero del conocimiento, que es quien traduce lo que un experto sabe y quiere transmitir, al formato requerido por el Shell para ser utilizado en el proceso de inferencia. La necesidad

de contar con el ingeniero del conocimiento es que el conocimiento que se pretenda almacenar en la base del conocimiento debe estar representada de una manera formal y sintáctica, comprensible a la herramienta en la que se desarrolla el sistema experto; muchas veces, resulta ilógico pensar que el experto será el mismo que se encargue de codificar su propio conocimiento. El ingeniero del conocimiento juega un papel similar que el analista de sistemas en el desarrollo de sistemas de información.

## h) Base del conocimiento.

Conocimiento proporcionado por los expertos, representado generalmente de manera declarativa por condiciones a cumplir (llamadas también reglas IF-THEN, o reglas simplemente).

Por ejemplo:



```
IF Animal="Caballo"
    THEN Grupo = "Mamifero".
```

Las afirmaciones son consideradas hechos (*facts*), mismos que pueden ser observados (conocidos desde el principio del proceso deductivo) o deducidos (determinados por la aplicación de las reglas a los hechos observados) por el motor de inferencia.

## i) Base de datos.

Conjunto de datos que participan como proveedor de valores de entrada para el Shell. Por lo general

constituyen un banco estadístico, que constituirá una fuente de casos o patrones.

### 3.4.2 Enfoque orientado a las interfaces y formulaciones.

Este enfoque se caracteriza por describir a detalle la interacción entre las personas y el sistema experto, así como los factores que facilitan o dificultan el proceso de comunicación entre ellos. Algunas de las consideraciones descritas en este esquema son críticas al momento de desarrollar un sistema experto.

Este enfoque tiene los siguientes elementos:

---

a) Interfase de adquisición del conocimiento.

La **interfase de adquisición de conocimiento** es la interfase que controla la forma en como el experto y el ingeniero del conocimiento interactúan con el programa para incorporar conocimiento en la base del conocimiento (proceso de adquisición del conocimiento).

Debe incluir capacidades que asistan a los expertos en la forma de expresar sus conocimientos para que estos

sean comprendidos por la computadora para efectos de su particular forma de razonar; además, debe ser capaz de validar los conocimientos que se almacenan en la base del conocimiento y comprobar su comportamiento.

Una herramienta de desarrollo de sistemas expertos con adecuada interfase de adquisición de conocimiento constituye una plataforma que va más allá de la simple perfección sintáctica; una herramienta para el desarrollo de sistemas expertos que presuma de tener una buena interfase de adquisición del conocimiento debe al menos contar con la mayoría de las siguientes capacidades:

- Rastreo (Trace).
  - Facilidades de sondeo (Probes).
- 
- Funciones de contabilidad e índices (Bookkeeping functions & indexes).
  - Validación sintáctica (Syntactic validation).
  - Almacenamiento de casos (Case storage).
  - Ayuda en pantalla (On-screen help).
  - Ilustración gráfica de representaciones.

No se describe lo que representan dichas capacidades en virtud de que son generalmente conocidas y

proporcionadas en los interpretes de lenguajes convencionales como C, BASIC o COBOL, y su significado no difiere al ser aplicados a los sistemas expertos.

La interfase de adquisición del conocimiento puede influir en el desarrollo y uso de un sistema experto en la medida en que simplifique o dificulte la tarea de llevar el conocimiento de manera fiel a la base del conocimiento.

b) Interfase con el usuario.

Es la parte del programa que interactúa con el usuario; dentro de las funciones de la interfase con el usuario se encuentra cuestionar en referencia a información requerida para resolver un programa específico. Debe

encargarse de informar las conclusiones o la incapacidad de llegar a ellas por falta de elementos, explicando siempre sus razonamientos.

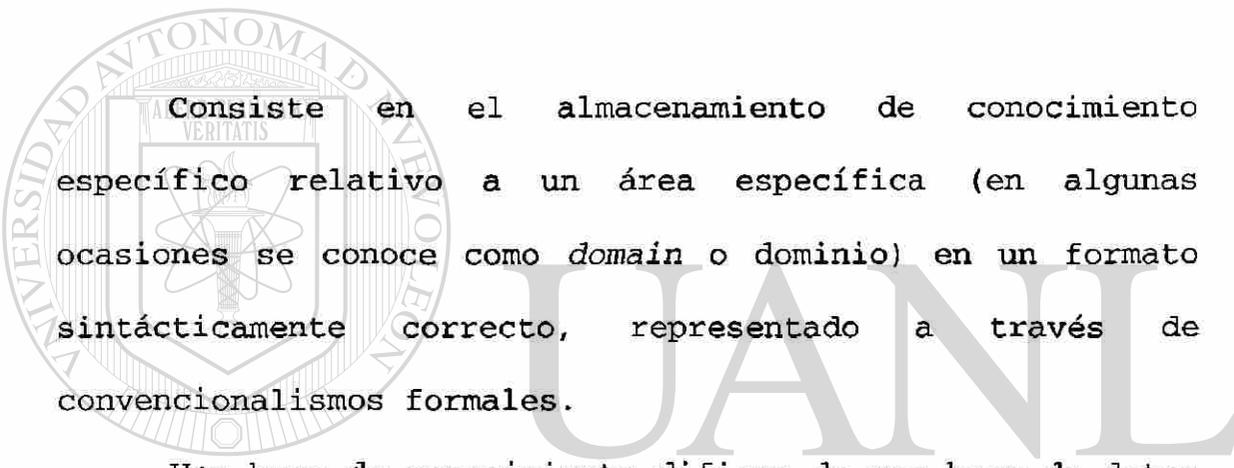
El desempeño de una interfase de usuario es juzgado dependiendo de qué tan bien reproduce la interacción que podría darse entre un experto y alguien que lo consulta.

A continuación se detallan algunas características deseables en una interfase de usuario para un sistema experto:

- Que no haga preguntas fuera de contexto que pueden desviar la atención de los usuarios hacia puntos que no son relevantes.
- Que explique sus razonamientos o sus requerimientos.
- Que proporcione documentación y referencias.
- Que defina términos técnicos.
- Que permita análisis de sensibilidad, simulaciones y análisis de tipo "qué pasa si..." (what-if).
- Que reporte de manera detallada sus recomendaciones.
- Que justifique y fundamente sus recomendaciones.
- Que tenga ayuda en línea.
- Que despliegue de manera gráfica la información y resultados.
- Que tenga facilidades para el rastreo por pasos del razonamiento.

La interfase de usuario puede influir en el desarrollo y uso de un sistema experto en la medida que simplifique o dificulte la tarea de comunicarnos con el sistema experto para darle a entender lo que queremos, y que a su vez éste nos ilustre y asista en su uso.

c) Formulación del conocimiento.



Consiste en el almacenamiento de conocimiento específico relativo a un área específica (en algunas ocasiones se conoce como *domain* o dominio) en un formato sintácticamente correcto, representado a través de convencionalismos formales.

---

Una base de conocimiento difiere de una base de datos en que la base del conocimiento almacena conocimiento implícito y explícito. Mucho del conocimiento de la base no está definida de manera explícita, pero puede ser inferido. Esta diferencia hace que las bases del conocimiento resulten ser un almacenamiento de datos más eficiente desde el punto de vista de su usabilidad; una base del conocimiento proporciona el poder de representar de manera exhaustiva todo el conocimiento implícito de una base de datos.

La versatilidad de las bases de conocimiento tienen su precio; representar qué conocimiento explícito nos lleva a qué conocimiento implícito requiere de la representación del conocimiento mediante convencionalismos formales que deben ser entendidos por la herramienta de desarrollo. Dependiendo del conocimiento que se desea almacenar en la base del conocimiento, debemos seleccionar la metodología más apropiada para su representación y la herramienta de desarrollo más apropiada. No es de extrañar que un sistema experto dado sea más fácil de desarrollar representando el conocimiento mediante frames (marcos) para su desarrollo en PROLOG o CLIPS, que representar el conocimiento en rules (reglas) utilizando para desarrollar en VPExpert o ExSys. La figura 9 ilustra las diferentes técnicas de formulación de conocimiento que se pueden elegir dependiendo del tipo de conocimiento que se desea manejar, según Paul Harmon y Curtis Hall (1993):

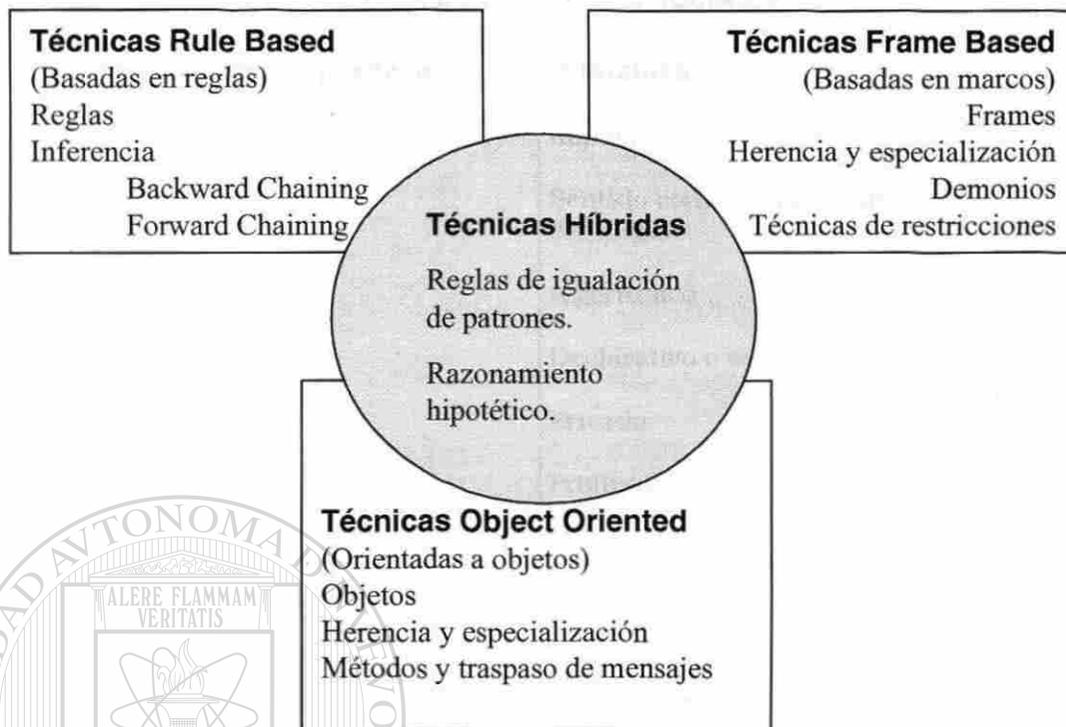


Figura 9: Tipos de formulación de conocimiento.

Las bases del conocimiento pueden almacenar muchos diferentes tipos de conocimiento; por lo regular la adquisición del conocimiento depende directamente del tipo de conocimiento que se desea almacenar. Algunos de los tipos de conocimiento son diametralmente opuestos, como se muestra en la tabla 3:

**Tabla 3.**  
**TABLA DE TIPOS DE CONOCIMIENTO.**

<b>El conocimiento puede ser...</b>	<b>O también...</b>
Explícito	Implícito
Específico (domain)	Sentido común o conocimiento del mundo.
Heurístico	Algorítmico
Procedural	Declarativo o semántico
Público	Privado
Superficial	Profundo

La formulación del conocimiento puede influir en el desarrollo y uso de un sistema experto en la medida que se seleccione el mejor convencionalismo para representar el conocimiento, de tal forma que se facilite el desarrollo del sistema experto y que el producto sea eficiente en términos de procesamiento. Una inadecuada selección puede derivar en tiempo exagerado de desarrollo y alto tiempo de espera de respuesta por parte del sistema experto.

### 3.4.3 Enfoque orientado a los roles.

Este es un enfoque genérico que describe los principales protagonistas de un sistema experto; este esquema es el más representativo para todos los tipos de asesoría basada en el conocimiento, ya que igual puede describir la interacción de un usuario con un sistema experto o con cualquier otro medio de acumulación de conocimiento. Los tipos de roles involucrados en un sistema experto se muestran en la figura 10.

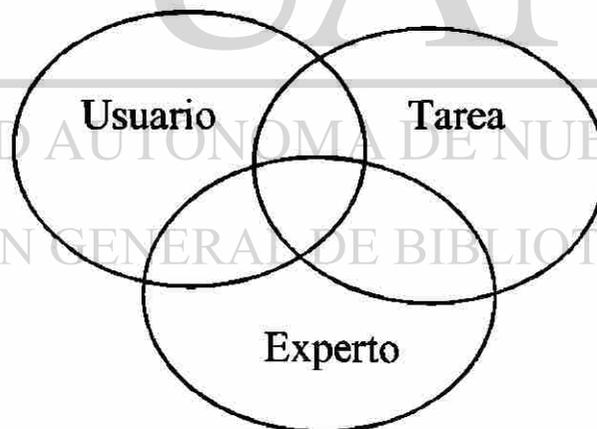


Figura 10: Roles involucrados en un sistema expertos.

Los roles a diferenciar en este enfoque son:

a) Rol del usuario.

Receptores de los beneficios del sistema basado en el conocimiento.

Dentro de las características que son deseables a encontrar en un usuario son:

- Que esté interesado en el uso de nuevas tecnologías.
- Que cuente con el apoyo de la alta gerencia para participar en proyectos de sistemas expertos.
- Que sea realista y que tenga expectativas alcanzables.
- Que reconozca e identifique el costo de oportunidad que representa el no tener sistemas expertos.

b) Rol de la tarea.

Escenario o problema del mundo real (conjunto de reglas y hechos) a desarrollar por el sistema basado en el conocimiento.

Dentro de las características que son deseables a encontrar en la tarea son:

- Que se base en el uso de inferencia simbólica (representable).
- Que tenga plenamente identificadas las entradas y salidas (qué datos se tienen y a qué conclusiones se desea llegar).
- Que demande el uso de conocimiento generalmente estable y existente.
- Que use conocimientos muy particulares de la organización.
- Que su ejecución cause costos significativos por retrasos o errores.
- Que su ejecución exija personal altamente calificado.

- Que su ejecución no dependa de factores altamente discretionales.

c) Rol del experto.

Conocedor de la tarea; utiliza razonamiento lógico y heurístico (habilidades no físicas).

Dentro de las características que son deseables a encontrar en el experto son:

- Que su desempeño sea claramente superior (se distingue por la rapidez y exactitud en la generación de conclusiones).

- Que su ausencia afecte a la organización. Posee el conocimiento (*Know-How*) de tareas relevantes.

Puede constituir un "pico de botella".

- Que su actitud hacia el posible sistema experto sea cooperativa.
- Que sea comunicativo.
- Que esté familiarizado con el uso de las computadoras.

### 3.5 Características particulares de los sistemas expertos.

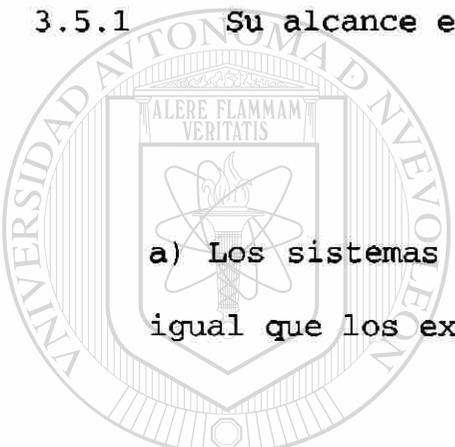
El primer paso para administrar a los sistemas expertos y su recurso más valioso y diferenciativo, es decir el conocimiento, radica en identificar y entender plenamente la naturaleza de sus características particulares y los cuidados que se deben tener para obtener de los sistemas expertos el máximo beneficio.

Podemos identificar las características de los sistemas expertos desde diferentes perspectivas; Edward Brent (1996) propone las siguientes como características de los sistemas expertos:

- Su alcance es sobre conocimiento específico.
- 
- En ellos existe independencia entre el conocimiento y el código de programación.
  - Poseen y utilizan un mecanismo de inferencia.
  - Están basados en la interpretación de razonamiento simbólico.
  - Son programas de cómputo.
  - Están basados en la heurística.

Nos permitiremos desarrollar cada una de las características; esto es importante porque nos dejarán en claro que los sistemas expertos abordan no sólo la información de un tema o procedimiento dado, sino también los conceptos que le son asociados en la generación de conclusiones:

### 3.5.1 Su alcance es sobre conocimiento específico.



a) Los sistemas expertos deben ser especializados, al igual que los expertos.

---

Al igual que los expertos, los sistemas expertos utilizan conocimiento específico y limitado.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

b) Los sistemas expertos de propósito general son una utopía.

Para que un sistema experto disponga de conocimiento, este deberá ser formulado de manera seria, estructurada y formal, involucrando en ello símbolos y definiciones que

llevarán a la asignación de valores para constituir una conclusión; para cada símbolo encontrado en el conocimiento, debe establecerse la relación con los demás símbolos, a fin de revisar su interdependencia que a fin de cuentas da lugar al conocimiento implícito. Cada nuevo símbolo no hace otra cosa que complicar la formulación del conocimiento. Es fundamental para la evolución de los sistemas expertos verlos como sistemas limitados. Algunos problemas, aunque muy relacionados con el enfoque principal de un sistema experto, puede salirse de su competencia; por tal motivo, el sistema experto debe considerar, dentro de sus posibles resultados "el conocimiento en el sistema no es suficiente para determinar una conclusión confiable", o bien, "los datos proporcionados no son suficientes para llegar a una conclusión confiable".

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3.5.2 Independencia entre el conocimiento y el código de programación.

- a) El conocimiento es independiente del código y es más entendible.

En los sistemas expertos los principios generales de razonamiento (orden y lógica) están inmersos en el mecanismo de inferencia, y son independientes del conocimiento específico almacenado en la base del conocimiento. Este simple hecho hace más entendible el conocimiento debido a que nos podemos concentrar en el "qué" del conocimiento, y no en la forma en que lo vamos a razonar ("cómo").

- b) La existencia de shells de propósito general son factibles.

La forma de representación del conocimiento por lo general es declarativo, a manera de reglas y en estructuras o sentencias simples de lenguaje (estructuras "English Like" como IF - THEN - ELSE); estas estructuras permiten

expresar el conocimiento en una sintaxis fácil de entender por los no programadores.

Por tanto, un shell capaz de entender el conocimiento declarativo puede poner a trabajar su mecanismo de inferencia de una manera totalmente ajena al área específica del conocimiento al que pertenezcan las reglas. Eso hace válido que un mismo shell pueda tener propósitos generales.

c) Los sistemas expertos reducen la necesidad de tener habilidades de programación.

Aunque algunos sistemas expertos requieren de codificación del conocimiento, no es lo mismo codificar

reglas en sentencias simples (estructuras "English-Like")

que tienen mucha semejanza con respecto a la forma en que el experto ve el conocimiento en su cabeza, que codificar

el conocimiento en código convencional (lo que algunos llaman "hardcore code"). Gracias a estas facilidades

proporcionadas por los sistemas expertos, el experto puede concentrarse en recabar y representar el conocimiento de una manera depurada, en lugar de distraer sus esfuerzos en

tareas complejas de programación que pudieran considerarse como banalidades.

### 3.5.3 Poseen y utilizan un mecanismo de inferencia.

a) El mismo mecanismo de inferencia puede ser utilizado para diferentes bases de conocimiento.

En virtud de que existe una independencia entre el conocimiento y el mecanismo de inferencia, un mismo mecanismo de inferencia puede interpretar reglas de cualquier base de conocimiento, ya que a fin de cuentas no ~~dejan de ser estructuras sintácticas, y no semánticas.~~

b) Diferentes mecanismos de inferencia pueden ser aplicados a una misma base de conocimientos.

Siempre y cuando la sintaxis en que está representado el conocimiento sea válida para un motor de inferencia, este podrá aplicarse en la búsqueda de una solución al problema planteado en por un caso específico. De hecho,

un mismo motor de inferencia puede aplicar diferentes técnicas para la búsqueda de una solución.

#### 3.5.4 Están basados en razonamiento simbólico.

a) El razonamiento simbólico permite aprovechar los sistemas expertos en múltiples áreas del conocimiento.

Los sistemas expertos se basan en razonamiento simbólico; para el sistema experto cada dato de entrada es un símbolo, que mediante un proceso de razonamiento lleva a resolver el valor de otros símbolos que le son implícitos.

Los sistemas expertos pueden resolver problemas que sólo pueden ser resueltos mediante razonamiento no numérico, es decir, que no cuenta con algoritmos numéricos formales que proporcionen una solución. Algunos ejemplos de estas problemáticas son el diagnóstico de enfermedades, configuración de computadoras, predicciones de comportamiento, etc. Para los sistemas expertos lo importante NO es lo que se dice de manera explícita, sino

lo que se puede inferir de los datos que son proporcionados.

3.5.5 Son programas de cómputo que permiten la acumulación de conocimiento.

a) Poseen los elementos necesarios para ser considerados programas de cómputo.

Por los elementos que los componen, definitivamente son programas de cómputo, y no sistemas que obedecen a desempeños manuales.

b) Son acumulativos.

Los sistemas expertos no son como algunos programas que derivan una solución y la proporcionan, para después quedar con la misma capacidad de resolución de problemas, ya que tienen la habilidad de adquirir nuevos conocimientos en base a casos.

c) La acumulación de conocimiento es mantenible.

Una base de conocimiento creada por un experto puede ser modificada o enriquecida por otro experto, o por el mismo que la desarrollo, en caso de que se enfrente con nueva información que requiera la modificación de la misma.

La sintaxis de la representación de conocimientos define el estilo de expresión. Los cambios hechos a una base del conocimiento y sus implicaciones se encuentran disponibles de manera inmediata después de su establecimiento.

3.5.6 Están basados en la heurística.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

a) Heurística.

Los sistemas expertos pueden trabajar en base a hipótesis que el conocimiento contenido en su base del conocimiento puede validar como acertadas o erróneas; el hecho de que muchas hipótesis pueden estar basadas en la experiencia, le da a los sistemas expertos los hace estar basados en la heurística.

b) No garantizan resultados correctos y en ocasiones fallan.

Al igual que los expertos de carne y hueso, los sistemas expertos pueden equivocarse puesto que están basados en la heurística (experiencia no siempre comprobada). El hecho de que algunas hipótesis utilizadas por los sistemas expertos no estén comprobadas y sean validadas en base a la experiencia, los sistemas expertos son susceptibles a presentar conclusiones erróneas, basadas en una mala gestión de las hipótesis.

c) La especialidad y el agrupamiento.

---

Métodos utilizados para la clasificación, tales como la especialización (general → particular) o la generalización (particular → general) deben ser tratados con mucho cuidado para balancear el desempeño y eficiencia del sistema experto y su confiabilidad.

# CAPÍTULO 4

## METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

### 4.1 Factores y condiciones que favorecen la implantación de los sistemas expertos.

4.1.1 Cuestionamientos para determinar las probabilidades de éxito de un sistema experto, según González & Dankel.

El problema de un sistema experto puede aparecer en etapas muy tempranas, en la decisión de hacerlo o no hacerlo.

---

González & Dankel (1993) ofrecieron una serie de cuestionamientos que permiten detectar el probable éxito de un proyecto de desarrollo de sistemas expertos; ellos planteaban que un sistema experto debe ser, ante todo, necesario y posible. Para llegar a conocer esa información, era necesario plantear las siguientes preguntas:

a ) ¿La aplicación del sistema experto es sobre un problema cuya solución está basada en el

Se muestra a continuación la tabla 4, que ilustra la secuencia del proceso de inferencia con este método, para nuestro ejemplo.

**Tabla 5.**  
**SECUENCIA DEL PROCESO DE INFERENCIA MEDIANTE FORWARD CHAINING.**

Supongamos que tenemos que resolver la siguiente cuestión: ¿Si tengo una impresora HP_LaserJet, qué <b>suministro</b> requiero?				
Secuencia	Regla	Objetivo	Memoria de trabajo	Acción
	Rule 1 If impresora = laser Then calidad = alta.	modelo como antecedente	modelo = HP_LaserJet	No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
	Rule 2 If impresora = laser Then precio = alto.	modelo como antecedente	modelo = HP_LaserJet	No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
	Rule 3 If impresora = inkjet Then calidad = alta.	modelo como antecedente	modelo = HP_LaserJet	No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
	Rule 4 If impresora = inkjet Then precio = alto.	modelo como antecedente	modelo = HP_LaserJet	No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
1	Rule 5 If <b>modelo = HP_LaserJet</b> Then impresora = laser.	modelo como antecedente	modelo = HP_LaserJet	Agrega a la memoria de trabajo un hecho nuevo.
	Rule 6 If modelo = HP_DeskJet Then impresora = inkjet.	modelo o impresora como antecedente	modelo = HP_LaserJet; impresora = laser	Si aplica al objetivo pero la evaluación falla.
2	Rule 7 If <b>impresora = laser</b> Then <b>suministro = toner.</b>	modelo o impresora como antecedente	modelo = HP_LaserJet; impresora = laser	Se encuentra suministro como consecuencia, y puede deducirse de los valores que se tienen en la memoria de trabajo. <b>suministro = toner</b>  Fin de la búsqueda.
	Rule 8 If impresora = inkjet Then suministro = Cartucho_tinta.			

#### 4.5.2.2.2 Backward Chaining

En Backward chaining la deducción está basada en los objetivos, específicamente en los elementos que componen la conclusión. La inferencia comienza buscando aquellas reglas en donde la solución del problema actúe como consecuencia.

En backward chaining no se tienen valores de inicio en la memoria de trabajo, por lo que sería recomendable procurar la obtención de ciertos datos con anterioridad a otros; algunos programas con sofisticados mecanismos de inferencia permiten que el desarrollador especifique prioridades de ejecución a las reglas. No obstante a

---

ello, la filosofía del método persiste, ya que las prioridades sólo determinan un nuevo orden de evaluación de reglas, y no una nueva lógica de trabajo. La figura 26 ilustra la forma en que trabaja el método de encadenamiento hacia atrás (*backward chaining*).

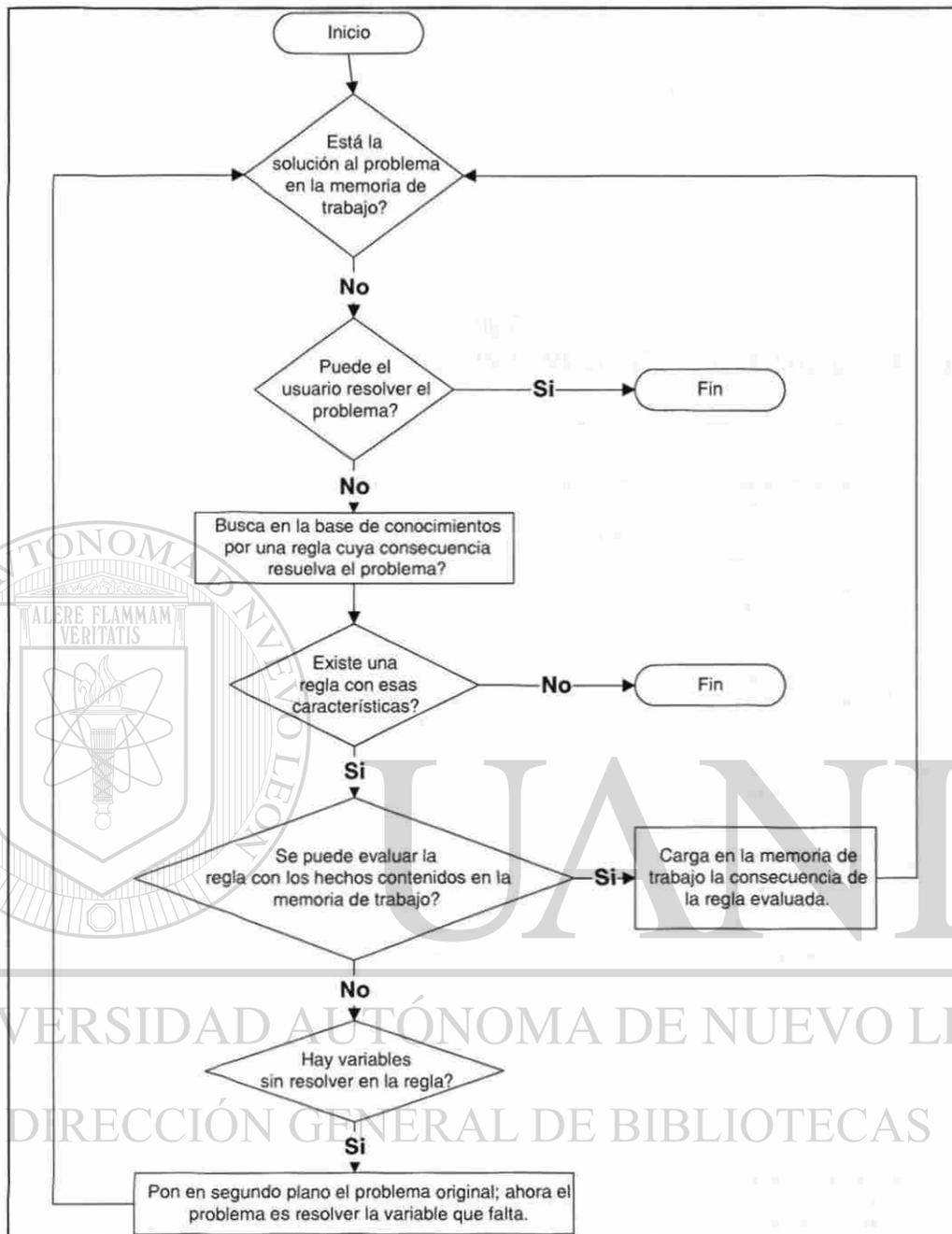


Figura 26: Forma en que trabaja el método de encadenamiento hacia atrás (backward chaining).

Se muestra a continuación tabla 5, que ilustra la secuencia del proceso de inferencia con este método, para nuestro ejemplo.

**Tabla 6.**  
**SECUENCIA DEL PROCESO DE INFERENCIA MEDIANTE BACKWARD CHAINING.**

Supongamos que tenemos que resolver la siguiente cuestión: ¿Si tengo una impresora, qué suministro requiero? Sólo es cuestionable el modelo de la impresora.				
Secuencia	Regla	Objetivo	Memoria de trabajo	Acción
	Rule 1 If impresora = laser Then calidad = alta.	Consecuencia que contenga suministro		No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
	Rule 2 If impresora = laser Then precio = alto.	Consecuencia que contenga suministro		No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
	Rule 3 If impresora = inkjet Then calidad = alta.	Consecuencia que contenga suministro		No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
	Rule 4 If impresora = inkjet Then precio = alto.	Consecuencia que contenga suministro		No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
	Rule 5 If modelo = HP_LaserJet Then impresora = laser.	Consecuencia que contenga suministro		No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
	Rule 6 If modelo = HP_DeskJet Then impresora = inkjet.	Consecuencia que contenga suministro		No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
1	Rule 7 If impresora = laser Then <b>suministro = toner.</b>	Consecuencia que contenga suministro		Encuentra variable de solución en la consecuencia ( <b>suministro</b> ), pero para llegar a ella necesita saber el valor de <b>impresora</b> , el cual no es cuestionable.  Suspende el proceso de inferencia para encontrar <b>suministro</b> . Ahora el objetivo es encontrar <b>impresora</b> .
	Rule 8 If impresora = inkjet Then suministro = Cartucho tinta.			

Secuencia	Regla	Objetivo	Memoria de trabajo	Acción
	Rule 1 If impresora = laser Then calidad = alta.	Consecuencia que contenga impresora.		No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
	Rule 2 If impresora = laser Then precio = alto.	Consecuencia que contenga impresora.		No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
	Rule 3 If impresora = inkjet Then calidad = alta.	Consecuencia que contenga impresora.		No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
	Rule 4 If impresora = inkjet Then precio = alto.	Consecuencia que contenga impresora.		No aplica al objetivo; a la siguiente regla.
1.1	Rule 5 If <b>modelo</b> = HP_LaserJet Then <b>impresora</b> = laser.	Consecuencia que contenga impresora.		Encuentra variable de solución en la consecuencia ( <b>impresora</b> ), pero para llegar a ella necesita saber el valor de <b>modelo</b> , el cual es cuestionable.  El usuario selecciona como valor correcto "HP_LaserJet".  La regla cumple por verdadero, entonces agrega los hechos a la memoria de trabajo.  Regresa al control de la inferencia a la variable que tratábamos de resolver desde un principio: suministro.
	Rule 6 If modelo = HP_DeskJet Then impresora = inkjet.			
	Rule 7 If impresora = laser Then <b>suministro</b> = toner.			
	Rule 8 If impresora = inkjet Then suministro = Cartucho tinta.			

Supongamos que tenemos que resolver la siguiente cuestión: ¿Si tengo una impresora, qué <b>suministro</b> requiero? Sólo es cuestionable el modelo de la impresora.				
Secuencia	Regla	Objetivo	Memoria de trabajo	Acción
	Rule 1 If impresora = laser Then calidad = alta.			
	Rule 2 If impresora = laser Then precio = alto.			
	Rule 3 If impresora = inkjet Then calidad = alta.			
	Rule 4 If impresora = inkjet Then precio = alto.			
	Rule 5 If modelo = HP_LaserJet Then impresora = laser.			
	Rule 6 If modelo = HP_DeskJet Then impresora = inkjet.			
	Rule 7 If <b>impresora</b> = laser Then <b>suministro</b> = <b>torner</b> .	Consecuencia que contenga suministro	impresora = laser	Regresa a la regla en donde necesitábamos el valor de <b>impresora</b> ; ya que lo tenemos, podemos resolver nuestro problema.  <b>suministro = torner</b>
	Rule 8 If impresora = inkjet Then suministro = Cartucho tinta.			

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.5.3 Diferencias entre Backward y Forward Chaining.

Paul Harmon & Rex Maus hacen notar que existen elementos en Backward chaining que no están presentes en Forward chaining:

- En Backward chaining no existen observaciones o hechos sino hasta que son solicitados por el sistema experto. En consecuencia, al iniciar la inferencia la memoria de trabajo está vacía. Un dato importante es que no todos los datos son cuestionables dentro de la inferencia.

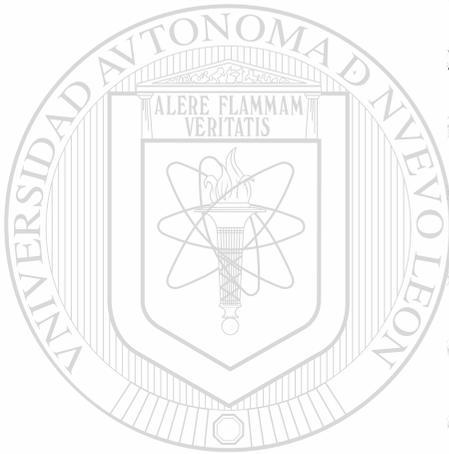
- En Backward chaining la inferencia siempre comienza con la evaluación de las consecuencias (objetivos); cuando se evalúa un objetivo, el mecanismo de inferencia siempre busca en tres

lugares, y en el siguiente orden:

- a ) **Memoria de trabajo.**- Contiene las cosas que el sistema experto "sabe" actualmente.
- b ) **El usuario.**- El usuario puede interactuar con el sistema experto para darle pistas (hechos cuestionables) que lo ayuden a resolver el problema. Por

lo general, se hará la pregunta (ASK), misma que ya tiene clasificadas las respuestas (CHOICES) válidas para el sistema. La respuesta "No se" debe estar presente dentro de las posibilidades de cada hecho concreto.

- c ) **Consecuencia de las reglas.**- Busca primero en la reglas que contienen la probable solución del problema dentro de su consecuencia. (THEN *VariableAResolver* = ...). En este caso, la primera regla en evaluar (en orden de arriba abajo) será la que contenga la variable buscada.



## 4.6 Representación esquemática del conocimiento.

### 4.6.1 Fórmula del conocimiento.

Para poseer el conocimiento se debe saber el significado de los elementos que lo componen, adicional al propósito que tiene el conocerlo, y saber cómo puede ser de utilidad. Si tuviéramos que representar gráficamente al conocimiento, podría ser tal y como lo ilustra la figura

27:

**CONOCIMIENTO = CONCEPTOS ASOCIADOS + PROCEDIMIENTOS**

**$f(x)$  = Conocimiento**

Figura 27: Fórmula del conocimiento.

Para que una persona sea considerada experta, debe conocer los conceptos asociados a una rama específica del conocimiento y saber cómo utilizarlos para obtener un determinado resultado.

#### 4.6.2 Conocimientos y habilidades del experto.

Un experto siempre conoce:

- Un plan de cómo llegar a la solución de un problema
- Los conceptos asociados al problema, en su individualidad y como parte de un entorno (rol de los conceptos)
- Métodos específicos para calcular o derivar conceptos asociados desconocidos, relativos al problema.
- Reglas de juicio y criterio personal para evaluar la evidencia obtenida en el análisis del problema

y concluir en una probable solución.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.6.3 Tipos de conocimiento en base a su naturaleza.

Como se puede apreciar, aquellas cosas que debe conocer el experto tienen diferente naturaleza; de ahí surge la necesidad de tipificar el conocimiento, derivándose los tipos que se muestran en la figura 28, propuestos por Mora Tabares (1993):

<b>Estratégico:</b> <b>Etapas para la solución de un problema</b>	<b>Taxonómico:</b> <b>Clasificación de los conceptos</b>
<b>Procedural:</b> <b>Métodos para el cálculo o derivación de valores</b>	<b>Evaluativo:</b> <b>Reglas para evaluar la evidencia y concluir una solución.</b>

Figura 28: Tipos de conocimiento en base a su naturaleza.

Para poder tratar las particularidades de cada uno de estos tipos, nos valdremos de un ejemplo corto, mismo que será abordado sólo para fines explicativos.

**Suposición:**

*Suponga que un analista financiero tiene la tarea de interpretar la situación financiera de una compañía a través del análisis de los estados financieros e información adicional.*

## a) Conocimiento estratégico

Muestra las etapas, en términos generales, para la solución del problema. A este nivel no se particulariza. Un ejemplo de dicho conocimiento se ilustra en la figura 29:

- 1.- Obtener estados financieros, indicadores financieros del sector y otros datos de tipo cualitativo y cuantitativo.
- 2.- Realizar cálculos de indicadores financieros de la empresa.
- 3.- Evaluar la situación de liquidez, su estructura de capital, operaciones y rentabilidad de manera aislada.
- 4.- analizar la evidencia conjunta para determinar la situación financiera de la empresa.
- 5.- Identificar riesgos generados por la obtención de resultados parciales en contra aunque existan resultados parciales a favor.

Figura 29: Conocimiento estratégico.

## b) Conocimiento taxonómico.

Muestra la clasificación de los conceptos involucrados en el problema. Permite una definición formal y elimina discrecionalidades. Un ejemplo de dicho conocimiento se ilustra en la figura 30:

```
(CONCEPTO razones_financieras
{ES UN TIPO DE (indicadores_financieros)}
{SE CLASIFICAN EN (razones_de_liquidez, razones_de_rentabilidad,
razones_de_operación, razones_de_estructuras_de_capital)}
{SE USAN EN (proceso_de_evaluación_financiera)}
)
(CONCEPTO razones_de_liquidez
{ES UN TIPO DE (razones_financieras)}
{SE CLASIFICAN EN (razón_circulante, prueba_del_ácido)}
{SE USAN EN (proceso_de_evaluación_de_liquidez)}
)
(CONCEPTO razón_circulante
{ES UN TIPO DE (razones_de_liquidez)}
{SE CLASIFICAN EN (Sin_clasificación)}
{SE CALCULA CON (fórmula_para_calcular_razón_circulante)}
{DATOS REQUERIDOS (activo_circulante, pasivo_circulante)}
{RANGO DE VALORES OK (1.2, ..., 3.5)}
{RANGO DE VALORES PROBLEMATICOS (0.1, ..., 1.1)}
{RANGO DE VALORES EXTRAÑOS (3.6, ..., 10.0)}
)
(CONCEPTO activo_circulante
{ES UN TIPO DE (activo)}
{SE CLASIFICAN EN (efectivo, clientes, inventario, otros_activos_circulantes)}
{SE CALCULA CON (formula_para_calcular_activo_circulante)}
)
```

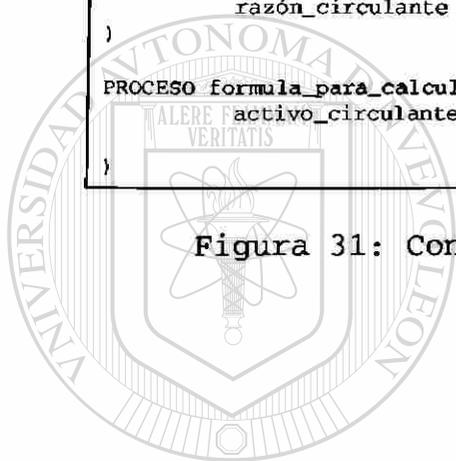
Figura 30: Conocimiento taxonómico.

## c) Conocimiento procedural.

Muestra los métodos para el cálculo o derivación de valores. Un ejemplo de dicho conocimiento se ilustra en la figura 31:

```
PROCESO fórmula_para_calcular_razón_circulante (razón_circulante NUMERICO) (  
    razón_circulante = activo_circulante / pasivo_circulante  
)  
PROCESO fórmula_para_calcular_activo_circulante (activo_circulante NUMERICO) (  
    activo_circulante = efectivo + clientes + inventario + _  
    otros_activos_circulantes  
)
```

Figura 31: Conocimiento procedural.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## d) Conocimiento evaluativo.

Reglas para evaluar la evidencia y concluir una probable solución al problema. Un ejemplo de dicho conocimiento se ilustra en la figura 32:

```
(SI la razón de liquidez es menor que 1.0 ENTONCES CONCLUYA (
  (la situación de liquidez es muy crítica)
  (ESCRIBIR lista_de_riesgos "Existen serios problemas de liquidez")
)
(SI la razón de liquidez esta entre 1.0 y 1.5 ENTONCES CONCLUYA (
  (la situación de liquidez es aceptable)
  (ESCRIBIR lista_de_riesgos "Poco riesgo en liquidez")
)
(SI la razón de liquidez esta entre 1.6 y 3.5 ENTONCES CONCLUYA (
  (la situación de liquidez es muy favorable)
  (ESCRIBIR lista_de_riesgos "No existe riesgo en liquidez")
)
(SI la razón de liquidez es mayor que 3.5 ENTONCES CONCLUYA (
  (la situación de liquidez es extraña)
  (ESCRIBIR lista_de_riesgos "Cuestionas sobre la alta liquidez")
)
)
```

Figura 32: Conocimiento evaluativo.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.7 Manejo y cálculo de la incertidumbre.

##### 4.7.1 Factores de certeza.

Uno de las máximas capacidades de los sistemas expertos es la de manejar la incertidumbre, mediante los denominados factores de certeza o confianza (CNF /

*Certainty Factor*). Este rasgo diferenciativo despegó a los sistemas expertos de otros tipos de herramientas para encontrar solución a problemas, tales como la programación lineal u otros métodos de tipo matemático.

Para cada diferente herramienta de solución de problemas, es necesario determinar el escenario sobre el cual el problema requiere ser resuelto; todos tienen datos de entrada, siguen un proceso y proporcionan una salida esperada. ¿Qué sucede si alguno de los elementos determinantes de la solución del problema no se conoce con exactitud?; la respuesta es igual para casi todas las herramientas: los datos son insuficientes, y las herramientas por sí mismas no disponen de los mecanismos adecuados para generar el dato que requieren.

---

Los sistemas expertos no caen dentro de ese universo de herramientas, ya que manejan diferentes tipos de problemas, entre los que destacan aquellos que incluyen elementos de alta discrecionalidad, en los que un factor determinante para la solución de un problema no es conocido o es presentado en forma vaga. Supóngase que para solución de un problema se requiera conocer las dimensiones de una determinada cosa; suponga que las dimensiones son desconocidas, o bien se proporciona como respuesta al cuestionamiento de la dimensión un calificativo, tal como

"grande", lo cual es vago para aquellos planteamientos que requieren exactitud; en tal caso, la herramienta deberá ser capaz de determinar por sí misma los datos omitidos o vagos, haciendo uso de la heurística y datos estadísticos de conocimiento generalmente aceptado, o bien extraídos de un acervo de casos. No se debe olvidar que dentro de las respuestas que un usuario puede manifestar puede estar el "no se".

No debe confundirse a los factores de certeza como producto de la estadística; el concepto obedece un poco más a la seguridad en un conocimiento para la toma de decisiones; la consideración estadística de los factores de certeza llevaría a complicar el uso de los sistemas expertos debido a la demanda de información en muchos casos

---

no disponible o fácilmente comprobable por el usuario.

Derivado de esto, existen 2 tipos de factores de certeza.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- a ) **CNFe (Factor de certeza del Experto).**- Es el que un experto sugiere en la conclusión. En caso de omisión de CNFu, este factor es considerado como plenamente válido.
- b ) **CNFu (Factor de certeza del Usuario).**- Es el que el usuario especifica al responder a un cuestionamiento.

"grande", lo cual es vago para aquellos planteamientos que requieren exactitud; en tal caso, la herramienta deberá ser capaz de determinar por sí misma los datos omitidos o vagos, haciendo uso de la heurística y datos estadísticos de conocimiento generalmente aceptado, o bien extraídos de un acervo de casos. No se debe olvidar que dentro de las respuestas que un usuario puede manifestar puede estar el "no se".

No debe confundirse a los factores de certeza como producto de la estadística; el concepto obedece un poco más a la seguridad en un conocimiento para la toma de decisiones; la consideración estadística de los factores de certeza llevaría a complicar el uso de los sistemas expertos debido a la demanda de información en muchos casos no disponible o fácilmente comprobable por el usuario.

Derivado de esto, existen 2 tipos de factores de certeza.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- a ) **CNFe (Factor de certeza del Experto).**- Es el que un experto sugiere en la conclusión. En caso de omisión de CNFu, este factor es considerado como plenamente válido.
- b ) **CNFu (Factor de certeza del Usuario).**- Es el que el usuario especifica al responder a un cuestionamiento.

- 4.7.2 Diversidad de apreciaciones y conocimientos que hacen necesario el uso de los factores de certeza.

Veamos el siguiente ejemplo; supóngase que un sistema experto tiene entre su base de conocimiento lo siguiente.

**REGLA 1:**

```

If animal_pone_huevos <> "no" and
  animal_vuela = "sí" then
  Animal = "ave", CNF 95%
Endif

```

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

En esta regla podemos observar que el experto, probablemente un biólogo, estimó que si el animal pone huevos y vuela, existe un 95% de probabilidades de que el animal sea "Ave". Obviamente, dentro de su conocimiento tiene bien diferenciado lo que puede catalogarse como un "huevo", y lo que considera "poner un huevo". Se debe prestar atención como la regla no hace una igualación directa en "animal\_pone\_huevos" a sí, pregunta por una respuesta diferente a "no", con lo que se hace más dinámica

la regla para aceptar un "no se" como respuesta y determinar conclusión de todas formas.

Supóngase que el usuario del sistema experto lo utiliza; las variables "animal\_pone\_huevos" y "animal\_vuela" no están resueltas en la memoria de trabajo. Al evaluarse las reglas, el sistema cuestiona al usuario:

**RESPUESTAS 1:**

¿El animal pone huevos?: "sí"

¿El animal vuela?: "sí", CNF 60%

En nuestro ejemplo, el usuario sabe que el animal pone huevos y contesta que "sí" a la pregunta de que si el animal vuela, con un 60% de factor de certeza; esto puede

ocurrir por diversas razones: tal vez el usuario no sabe a ciencia cierta cuántas de las aves vuelan, y estima que sólo vuela un 60% de ellas. Como se puede ver, el factor de certeza puede ser diferente entre el experto y el usuario.

Otra diferencia que puede darse con respecto a la seguridad de la información proporcionada al sistema experto tiene que ver con las reglas mismas que están contenidas en la base de conocimiento.

Supóngase que en lugar de las respuestas brindadas en RESPUESTAS 1, el usuario contestara lo siguiente:

**RESPUESTAS 2:**

¿El animal pone huevos?: "no se"

¿El animal vuela?: "sí", CNF 60%

Con esta respuesta, la REGLA 1 se resuelve favorablemente, pero puede no ser un dato exacto; para ello, otra regla dentro de la base del conocimiento puede complementar la conclusión:

**REGLA 2:**

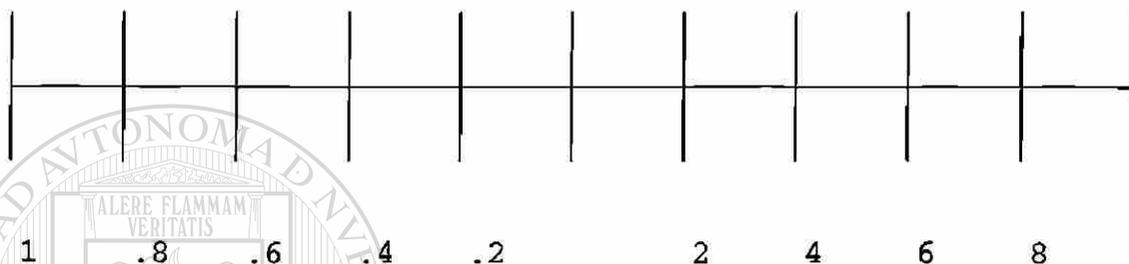
```
If animal_pone_huevos <> "no se" and
    animal_vuela = "sí" then
```

```
    Animal = "ave", CNF 35%
Endif
```

El hecho de no saber si el animal pone huevos o no, compromete seriamente la certeza de que el animal sea un ave, ya que son muchos los insectos que vuelan.

4.7.3 Escala de factores de certeza desarrollada en la universidad de Stanford.

Para poder resolver estos predicamentos en cuanto a la certeza, la Universidad de Stanford desarrolló una escala de factores de certeza, que es como sigue:



Donde:

-1 Definitivamente No

-.8 Muy poco probable

-.6 Probablemente No

-.4 Tal vez No

-.2 a .2 Ignorados por poco significativos

.4 Tal vez

.6 Es probable

.8 Casi cierto

1 Definitivamente Sí

#### 4.7.4 Cálculos que resuelven controversias en relación a los grados de certeza.

Asimismo, se definieron algunos cálculos muy sencillos para la solución de controversias relativas con los factores de certeza, aplicables a las diferencias entre Expertos - Usuarios, así como diferencias entre reglas. La simpleza de los cálculos las hace más comprensibles y sirven para el propósito para el que fueron creadas; como se citaba, un cálculo muy complejo no tiene mucho sentido.

##### a) Diferencia de certeza entre CNFe y CNFu.

Para la solución de diferencias entre usuarios y

expertos, se emplea la siguiente fórmula:

$$(CNFe * CNFu) / 100 = CNF$$

Un detalle a tomar en cuenta es que las respuestas "no se" no deben considerarse para el cálculo de certeza, ya que CNFu es cero.

En nuestro ejemplo sería, en el caso de CNFe de REGLA 1 con CNFu en RESPUESTAS 1, variable animal\_vuela:

$$(95 * 60) / 100 = \text{CNF}$$

$$57 = \text{CNF}$$

En caso de que ambas respuestas tuvieran un CNFu significativo, se realizaría la operación para cada uno de los CNFu y se determinaría un promedio.

En el caso de nuestro ejemplo, la certeza está distribuida en dos condiciones, las cuales comparten parte de la certeza de la conclusión; por concordar la segunda respuesta con la condición (la condición evalúa si animal\_vuela = "sí" y la respuesta es "sí") se considera un CNFu de 1, y el cálculo sería:

animal\_pone\_huevos

$$(1 * 60) / 100 = \text{CNF}$$

$$60 = \text{CNF}$$

animal\_vuela

$$(95 * 60) / 100 = \text{CNF}$$

$$57 = \text{CNF}$$

CNF Final para la conclusión:

$$\text{Promedio}(60 + 57) = \text{CNF Final}$$

$$58.5 = \text{CNF final}$$

Se puede comprobar que si las respuestas son totalmente ciertas para las condiciones que se evalúan, es decir CNFu siempre es 1, la aplicación de este cálculo arrojará la misma cifra que CNFe, es decir, CNFe se sostiene como válido.

b) Certeza complementaria entre reglas.

En el caso de que se detallaba, en donde una respuesta "no se" lleva a una regla a cumplir por verdadero, para después poder ajustarse en su certeza mediante la aplicación de otra regla, la fórmula que se aplica es la siguiente:

$$CNF1 + CNF2 - ((CNF1 * CNF2) / 100) = CNF.$$

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En nuestro ejemplo sería, en el caso de CNF de REGLA 1 con CNF en REGLA 2, originada por la aplicación de RESPUESTAS 2:

Regla 1:

$$(CNFe * CNFu) / 100 = CNF1$$

$$(95 * 60) / 100 = CNF1$$

$$57 = CNF1$$

Regla 2:

animal\_pone\_huevos

Respuesta "no se", CNFu = 0

No se toma en cuenta para promedio.

animal\_vuela

---


$$(35 * 60) / 100 = CNF$$

$$21 = CNF$$

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CNF2: Es igual al único CNF que interviene en el cálculo.

$$21 = CNF2$$

Al aplicar la fórmula para el complemento de la confianza entre reglas, tendríamos lo siguiente:

$$\text{CNF1} + \text{CNF2} - ((\text{CNF1} * \text{CNF2})/100) = \text{CNF}.$$

$$57 + 21 - ((57 * 21)/100) = \text{CNF}.$$

$$78 - (11.97) = \text{CNF}.$$

$$66.03 = \text{CNF}.$$

Tanto en el cálculo para determinar la certeza entre  $\text{CNFe} - \text{CNFu}$ , y entre reglas que se complementan, se tiene un mismo comportamiento, que es la reducción de la certeza, derivada de la falta de certeza que un experto plantea en sus conclusiones, así como de la falta de certeza manifestada por el usuario al momento de responder a las preguntas que el sistema experto le plantea.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

conocimiento humano, y dicha solución se repite continuamente?.

b ) ¿El conocimiento que se utiliza para la solución del problema es de naturaleza heurística, es decir, no es predominantemente algorítmica?.

c ) ¿El conocimiento y la experiencia utilizada para la solución del problema permanece constante, es decir, no cambia periódicamente?.

d ) ¿Hay experiencia involucrada en la solución al problema?.

e ) ¿La experiencia que resuelve el problema está bien entendida y aceptada?.

f ) ¿Son los datos de entrada para la solución al problema siempre completos y correctos, es decir,

---

el usuario puede contestarlos en todo momento?.

g ) ¿Existe un experto dispuesto, capaz y disponible para la solución de un proyecto?.

Si cualquiera de las preguntas planteadas según el modelo de González & Dankel es negativa, lo más probable es que el desarrollo e implantación de un sistema experto sea un fracaso, por lo que se recomienda mejor no proceder con su realización.

4.1.2 Condiciones que favorecen la implantación de un sistema experto con altas probabilidades de éxito.

De acuerdo a lo definido en el marco teórico y a la información proporcionada al aplicar el modelo de González & Dankel, se concluye que para implantar un sistema experto con altas posibilidades de éxito en una organización, se deben cumplir las siguientes condiciones:

- **La organización ha madurado en cuestión de informática.**- Se cumple cuando la organización no tiene necesidades más apremiantes relativas a la obtención de información para poder operar. Si

~~la organización no se encuentra en la sexta etapa de evolución planteada por Richard Nolan, lo más probable es que fracase.~~

- **La organización reconoce al conocimiento como recurso.**- Se cumple cuando en la organización se considera al conocimiento como algo que se puede aprovechar en el cumplimiento eficiente de los objetivos de negocio. Si en la organización no se reconoce al conocimiento como recurso, lo más probable es que ni siquiera se conozca dónde se

encuentra el conocimiento, y no se sabrá cómo manejarlo y administrarlo.

- **La organización tiene acceso a expertos.-** Se cumple cuando la participación de expertos, propios o externos, se tiene asegurada; con las contribuciones de estos, es posible mantener el conocimiento útil y actual. En caso de que no se cuenten con expertos, la efectividad de las sugerencias y comportamientos del sistema experto tendrían un margen de error tan amplio que lo harían inoperante.

- **Los problemas que busca resolver requieren de experiencia para ser resueltos.-** Se cumple cuando el proceso para alcanzar la solución de un

---

problema a través de la utilización del conocimiento ha sido comprobado, es decir, no es

nuevo. Que se hayan experimentado resultados positivos en la aplicación de un proceso para la solución de un problema asegura que las alternativas de solución están probadas y son conocidas, lo que facilita que puedan ser reproducidas mediante un sistema.

- **Las soluciones a los problemas están basadas en el conocimiento heurístico y no algorítmico.-** Se

cumple cuando la solución del problema que se busca resolver es fruto de la experiencia, y variables que participan en la solución no siempre son confiables y explícitas.

#### 4.1.3 Factores críticos de éxito para los sistemas expertos.

Los factores que determinan el éxito o fracaso de los sistemas expertos son los siguientes:

- Rasgos diferenciativos de los sistemas expertos.
  - Factores tecnológicos involucrados en proyectos de sistemas expertos.
- 
- Naturaleza informativa de los sistemas expertos.

A continuación se desarrollará por qué los elementos anteriormente citados.

a) Rasgos diferenciativos de los sistemas expertos.

- **Están basados en el conocimiento.-** Se obtiene el **éxito cuando:** Se tiene la cultura suficiente para

entender al conocimiento, las formas de cómo adquirirlo, como representarlo, como utilizarlo en procesos de inferencia y como mantenerlo. **Se fracasa cuando:** No entendemos bien al conocimiento y queremos darle un trato similar a la información.

• **Participantes en la elaboración y mantenimiento.-**

**Se obtiene éxito cuando:** La organización que desarrolla sistemas expertos es lo suficientemente sólida como para conseguir al personal adecuado para que participe en su proyecto de sistemas expertos, además de poder soportar los costos y el manejo de personal altamente especializado y sensible. **Se fracasa cuando:** No se tiene el

poder económico, administrativo y de organización para conseguir y mantener un equipo de especialistas trabajando en armonía.

- **Límites de éxito.- Se obtiene el éxito cuando:** Los problemas que se pretende solucionar con el sistema experto es limitado, y su solución es posible determinarla con la cantidad de conocimiento limitado y disponible. **Se fracasa cuando:** La solución excede el límite de éxito, es decir, cuando la solución de este puede

encontrarse en conocimiento no conocido por el sistema experto.

b) Factores tecnológicos involucrados en proyectos de sistemas expertos.

- **Hardware.- Se obtiene éxito cuando:** Como parte de la planeación del desarrollo e implantación de un sistema experto se determina con exactitud qué necesidades de procesamiento, compatibilidad, enlace y desempeño se tendrán en el corto y en el largo plazo, a efectos de conseguir el equipo e infraestructura adecuada. **Se fracasa cuando:** No

---

se conocen las necesidades reales de procesamiento, compatibilidad, enlace y desempeño

para el corto y en el largo plazo, lo que limita la amplitud del proyecto o incrementa significativamente los costos, debido al establecimiento de mecanismos para emular las condiciones óptimas.

- **Software.- Se obtiene éxito cuando:** Como parte de la planeación del desarrollo e implantación de un sistema experto se determina con exactitud qué

necesidades de crecimiento, compatibilidad, desempeño y flexibilidad tendrá nuestro sistema experto en el corto y en el largo plazo, a efectos de conseguir la plataforma de desarrollo adecuada. **Se fracasa cuando:** No se conocen las necesidades reales de crecimiento, compatibilidad, desempeño y flexibilidad que tendrá nuestro sistema experto en el corto y en el largo plazo, de tal forma que se elija una plataforma de desarrollo muy grande o muy limitada.

- **Métodos de representación del conocimiento.-** Se obtiene éxito cuando: Se selecciona el método de representación del conocimiento más adecuado para el tipo de conocimiento que deseamos representar,

y que además es soportado por la plataforma de desarrollo. **Se fracasa cuando:** El método de

representación del conocimiento no es soportado por la plataforma de desarrollo, en cuyo caso de debe realizar una conversión o adecuación, o bien comprar otra plataforma de desarrollo.

c) Naturaleza informativa de los sistemas expertos.

- **Proceso de desarrollo sistemático.- Se obtiene éxito cuando:** No se olvida que los sistemas expertos son una especie de sistema de información más elaborado, y que como tal debe ser sometido a un proceso formal de desarrollo bien documentado.  
**Se fracasa cuando:** Se considera a los sistemas expertos como una forma de sistemas muy aparte de los convencionales, y se dejan de realizar validaciones y fases importantes que aseguran la calidad de todo desarrollo.

---

#### 4.2 Ciclo administrativo de desarrollo de los sistemas expertos.

---

En virtud de que existen muchas empresas que no tienen conocimiento de los sistemas expertos, por ser una tecnología nueva y no probada, es necesario dejar en claro antes de su implantación todas sus características, requerimientos y beneficios; partiendo de ahí, podemos afirmar que la labor del desarrollador de sistemas expertos tiene dos variantes:

a ) **Introducción y convencimiento.**- Este tipo de labor se presenta cuando se desarrolla por primera vez en la organización un sistema experto; la atención será fijada en el proyecto a fin de vigilar si es conveniente la inversión, entre otros aspectos.

b ) **Desarrollo de sistemas expertos.**- Este tipo de labor se presenta cuando la organización ya tiene conocimiento de los sistemas expertos, y por tanto los esfuerzos pueden ser dedicados a su elaboración, sin distraer los recursos en labores del convencimiento.

En este punto del capítulo trataremos la labor de introducción y convencimiento, y en el siguiente se tratará ya más a fondo el desarrollo de los sistemas expertos desde un punto de vista técnico.

La labor de introducción y convencimiento es importante porque de ella depende el futuro de los sistemas expertos en la organización. Si no se realiza adecuadamente esta labor, probablemente los sistemas expertos no sean considerados como posible solución a las problemáticas en el corto plazo, particularmente en aquellas organizaciones muy sensibles al riesgo.

El objetivo de las fases de desarrollo de sistemas expertos al inicio es minimizar los riesgos inherentes a todo proyecto que implica la introducción de nueva tecnología en una organización.

Tal y como propone Mora Tabares (1993), podríamos ilustrar las fases administrativas de desarrollo de sistemas expertos al inicio como se muestra en la figura 11.

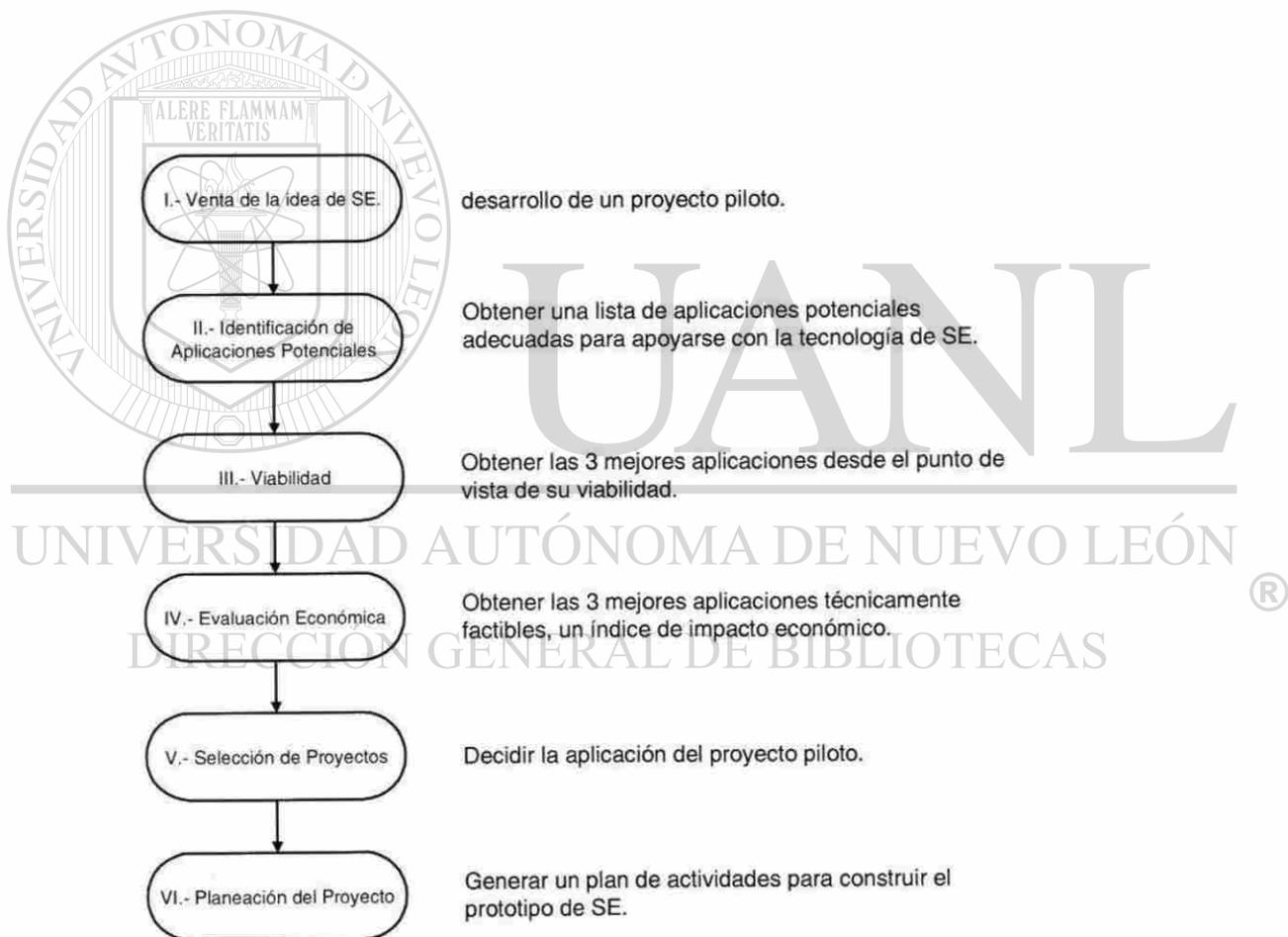


Figura 11: Fases administrativas de desarrollo de sistemas expertos al inicio.

A continuación se desarrollará cada una de las fases anteriormente referidas.

#### 4.2.1 Venta de la idea de los sistemas expertos.

##### a) Identificación de participantes.

Primeramente se debe identificar a los participantes indispensables en todo proyecto exitoso relacionado con la tecnología, que son:

- **Promotor.-** Es la persona que pertenece o tiene acceso a los niveles de la organización con capacidad de decidir

---

la realización de los proyectos de la organización.

Generalmente es una persona que cree en los beneficios

de los sistemas expertos aún antes de que las

presentaciones correspondientes sean hechas. Entiende

a grandes rasgos las características de los sistemas

expertos y los beneficios que es posible obtener de

ellos. El personal adecuado para esta función es un

Director o Gerente con influencia en la toma de

decisiones; la ausencia de promotor dificulta

enormemente la aceptación de un proyecto de desarrollo

de sistemas expertos, ya que por lo general las organizaciones tienen siempre varios proyectos por realizar, en cuyo caso optarían por aquellos que si son adecuadamente promovidos.

- **Clientes.**- Son las personas a las que va a beneficiar el sistema experto, quienes van a operarlos (usuarios) y quienes se auxiliarán de las conclusiones del mismo para el desempeño de su trabajo. Si un sistema experto no tiene un grupo de clientes constante, no tiene caso su desarrollo. Si no hay cliente, no hay venta (y por tanto, no hay compra).
- **Patrocinador.**- Es la persona que está dispuesta a pagar el precio del sistema experto; en este caso puede ser la propia organización, o alguien que muy probablemente se

---

vea beneficiado con el uso o desarrollo del sistema experto. Por tratarse de tecnología nueva, es posible que los mismos desarrolladores de herramientas y plataformas para el desarrollo de sistemas expertos patrocinen algunos proyectos con la finalidad de exhibir las capacidades y virtudes de su producto, así como sus niveles de soporte; son comunes las alianzas entre casas de software y organizaciones fuertes, casi siempre transnacionales, con esa finalidad. Si nadie patrocina el desarrollo del sistema experto este nunca va a tener

éxito; primeramente, la falta de patrocinador pone en evidencia la falta de voluntad para trabajar con ese tipo de sistemas, y segundo, los sistemas expertos requieren para su desarrollo de tecnología de punta, que por lo general es costosa.

- **Técnico.-** Es la persona que va a desarrollar el sistema experto, al mismo tiempo que es el indicado para resolver dudas de tipo técnico, vitales para la decisión al momento de seleccionar hardware, software y métodos de representación del conocimiento. La presencia del técnico siempre reconforta, pues es el que tiene las respuestas que pueden aclarar el futuro de los sistemas expertos en el corto y en el largo plazo.
- **Coordinador del proyecto.-** Es la persona que se encarga

---

de coordinar la comunicación e identificación de los demás participantes. Es una especie de promotor a bajo nivel, es decir, se encarga de identificar la aplicación potencial antes que nadie, analiza y entrevista a los posibles clientes para evaluar los beneficios potenciales, identifica a quién puede interesarle que los beneficios se obtengan y cuestiona a los técnicos a fin de determinar las limitantes, posibilidades y pronósticos de éxito. El coordinador de proyecto se encarga de informar al promotor, y conoce los recursos

necesarios, el tiempo y las condiciones requeridas para la realización del proyecto.

b) Presentación inicial a la alta gerencia.

Una vez que se tengan identificados a todos los participantes, es posible dar a conocer a los sistemas expertos; en este momento, seguramente el promotor ya se encargó de crear el interés y la curiosidad por conocer a los sistemas expertos en el patrocinador; los clientes saben de la posibilidad de contar con una herramienta nueva para el desarrollo de su trabajo y están a la expectativa; el técnico también está a la expectativa ante un posible incremento de su carga de trabajo.

Cuando esas condiciones están presentes, el coordinador de proyecto debe convocar a una presentación gerencial, que preferentemente debe contar con los siguientes atributos:

**Presentación realizada por personal de alto nivel.-**

La presentación debe ser presentada y precedida de manera ejecutiva por el promotor; se hace esto porque seguramente él es la persona de más alto rango que apoya de manera

entusiasta al proyecto. El hecho de que personal de alto rango esté a cargo de la reunión posiblemente infundirá respeto hacia el proyecto por parte de aquellos participantes de más bajo nivel que aún tengan dudas; este punto pone en claro, antes de analizar los pros y contras del proyecto, que este cuenta con respaldo organizacional.

**Exposición del coordinador del proyecto.-** Una de las funciones del promotor es saber el momento en el que debe pasar el control de la reunión al personal idóneo. Se recomienda que el coordinador del proyecto exponga el resto de la presentación gerencial, ya que por las características del rol que juega, es el más informado de todos los aspectos administrativos y técnicos involucrados en el proyecto; el coordinador del proyecto es quien posee las respuestas que llevarán a la aceptación o rechazo de la ejecución del proyecto.

**Definir de sistemas expertos.-** Se deberá definir a los sistemas expertos de manera teórica, ya que a nadie le gusta hablar un tema que no conoce.

**Enumeración de las características de los sistemas expertos.-** Se deben listar a grandes rasgos las características de los sistemas expertos. Esta explicación debe ser breve, ya que el punto medular de la

presentación es la exposición de los beneficios y la imposibilidad de obtenerlos con los medios actuales.

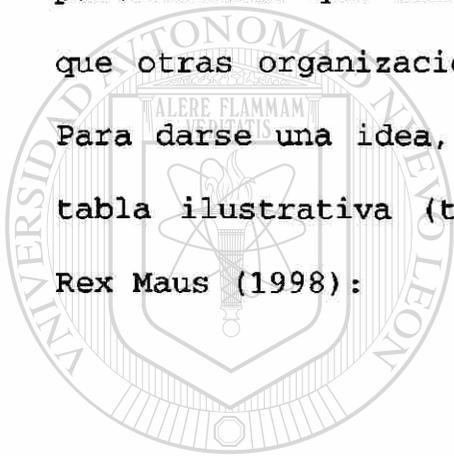
**Distinción de la información y el conocimiento.-** Esta parte tiene como objetivo dejar en claro que el conocimiento y la información son diferentes; aquí se deberá realizar la distinción de los sistemas de información y los sistemas expertos en cuanto a su propósito. De ser posible, se debe identificar un área de oportunidad que no pueda ser cubierta por un sistema de información y si por un sistema experto, a fin de exponer el caso.

**Análisis de beneficios de los sistemas expertos.-** Se deben enumerar los principales beneficios de los sistemas expertos; esta parte es medular para la presentación, ya que las inversiones siempre esperan beneficios, y en ese orden de ideas, este punto puede llevar a la aceptación o rechazo del proyecto. De entre los mínimos beneficios a resaltar se tienen los siguientes:

- Preservan el conocimiento valioso para la organización.
- Facilitan la distribución y uso del conocimiento.
- Promueven la consistencia en la toma de decisiones.

- Agilizan el proceso de toma de decisiones.

**Lista de aplicaciones típicas por área organizacional.-** Es la ilustración de las aplicaciones más típicas en las cuales las empresas de todo el mundo utilizan sistemas expertos. Una referencia adecuada puede ser muy valiosa en la medida que sitúa nuestros problemas particulares que tenemos como organización, con soluciones que otras organizaciones han adoptado para sobrellevarlas. Para darse una idea, le recomendamos utilizar la siguiente tabla ilustrativa (tabla 4), propuesta por Paul Harmon & Rex Maus (1998):



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tabla 4.**  
**DOMINIOS Y PROBLEMAS MAYORMENTE SOLUCIONADOS POR LOS SISTEMAS EXPERTOS.**

<b>Dominio</b>	<b>Problemas</b>
Alta administración: Ejecutivos Planeación estratégica Asistentes Consultores	Necesidad de reducir la complejidad organizacional. Necesidad de dar seguimiento a los incrementos en el volumen de información. Necesidad de tener acceso a expertos y consultores para obtener consejos.
Operación: Servicios de manufactura Operación de equipo complejo Exploración de energía Control de calidad Control de Inventarios	Proporcionar elementos para incrementar y mejorar la coordinación en la organización, la calendarización y la administración. Necesidad de revisar de manera rápida sistemas complejos para la rápida toma de decisiones. Necesidad de dar seguimiento y controlar equipo complejo. Necesidad de anticipar resultados de eventos dinámicos y complejos.
Servicios de soporte: Relaciones públicas Legal Recursos humanos y entrenamiento Procesamiento de datos Construcción y mantenimiento Investigación y desarrollo	Necesidad de capacitar personal para el manejo de tareas complejas. Necesidad de comunicar y explicar nuevos procesos complejos. Necesidad de examinar y explicar políticas para la toma de decisiones. Necesidad de controlar y reducir costos de desarrollo y mantenimiento de software.
Finanzas: Administración de inversiones. Contabilidad Administración financiera Auditoría Contraloría	Necesidad de revisar los sistemas complejos existentes Necesidad de herramientas inteligentes de planeación financiera, orientadas a los objetivos. Necesidad de pronosticar situaciones futuras en base a condiciones inciertas.
Mercadotecnia: Ventas Publicidad Investigación de mercados Servicio al cliente Pedidos	Necesidad de asistencia de expertos para examinar preguntas acerca de la situación del mercado. Necesidad de asistencia a las ventas, a través de programas que proporcionen conocimiento de los productos y que asistan en la elaboración de propuestas a los clientes en base a sus características.
Automatización de oficinas: Procesamiento de palabras Administración de datos	Necesidad de incrementar la productividad en el manejo, llenado, comunicación, recuperación y distribución de información y datos en la oficina.
Servicios profesionales: Consultores administrativos Abogados Físicos Contadores	Necesidad de dar seguimiento e incrementar el volumen de información. Necesidad de disponer de los servicios de expertos para obtener consejo. Necesidad de generar reportes inteligentes.

Tal vez pueda resultar tedioso ver la totalidad de los conceptos contenidos en la tabla; se recomienda seleccionar para la presentación aquellos rubros que sabemos son de interés de la organización. Al hacer referencia a las aplicaciones típicas y ejemplos de la funcionalidad de los sistemas expertos, es importante dirigir la ponencia con las siguientes herramientas y consideraciones:

• **Lista de casos comerciales exitosos.-** Se

recomienda hacer referencia a casos exitosos de implantación de sistemas expertos; como mínimo deben relacionarse los datos de la empresa, el problema que resolvió, los beneficios adicionales

que obtuvo y las fechas de realización del proyecto de sistemas expertos. Se recomienda que

los ejemplos sean lo más cercano posible a la organización, tanto en tiempo como en relación.

Una empresa de éxito en un país y una industria diferente, hace tres años es un buen ejemplo; una empresa que compite con nosotros actualmente es mejor. Cabe aclarar que la existencia de sistemas expertos en la competencia cambia la orientación de la presentación, pues la búsqueda

ya no es sobre la innovación tecnológica, sino sobre la supervivencia competitiva.

- **Presentación de un demostrativo o vídeo, en caso de existir.-** Sólo si se dispone de un buen material de calidad, que sea breve y que consideremos que favorecerá la opinión de las personas con respecto a los sistemas expertos.

Muchas veces una imagen dice más que mil palabras.

#### **Aplicaciones sugeridas para la organización.-**

Proposición de aplicaciones que la organización podría explotar mediante los sistemas expertos. En este punto se pueden hacer notar las áreas de oportunidad que se tienen, y de ser posible, se deben respaldar las proposiciones con

cifras la relativas a costos en dinero y en tiempo que estamos dejando de recuperar o ahorrar por la falta de herramientas tecnológicas adecuadas.

#### **Limitantes y costos de los sistemas expertos.-**

Deberán aclararse los límites de los sistemas expertos, esto a fin de que no se piense en los mismos como una panacea; asimismo, se debe hacer mención del costo que tienen. Este es un punto muy importante, ya que los beneficios ya fueron expuestos; con el conocimiento de los costos y beneficios implícitos con el desarrollo de los

sistemas expertos, se puede poner en la balanza de manera muy práctica si son convenientes o no. Al momento de detallar pros y contras de los sistemas expertos se debe hacer hincapié en los costos de las áreas de oportunidad y como los sistemas expertos pueden ser la solución a menos costo.

No se debe ocultar información relevante de las limitantes de los sistemas expertos, ya que las falsas expectativas pueden ser muy perjudiciales en el proceso de desarrollo.

Dentro de las limitantes de los sistemas expertos que no debe pasar por alto son las siguientes:

- No aplican para tareas que demanden el uso de los sentidos.

- No aprenden automáticamente.

- No aplican para tareas de sentido común.

- Interacción similar a la encontrada en otros sistemas de cómputo.

**Sesión de preguntas y respuestas.-** Una sesión de preguntas y respuestas resulta muy provechosa porque nos dice qué tanta atención e interés se tuvo en la presentación. Es muy importante la seguridad al

contestar, pues respuestas mal manejadas pueden dar la impresión de que la organización no está preparada para los sistemas expertos. Se recomienda no mentir ni ocultar información relevante en las respuestas, ya que, por ser un proyecto de sistemas expertos por primera vez, fija un precedente difícil de quitar.

#### 4.2.2 Identificación de aplicaciones potenciales.

Después de vender la idea, hay que dar seguimiento a las áreas de oportunidad detectadas a fin de seleccionar el proyecto que más asegure el éxito. En el caso del primer sistema experto es indispensable un éxito rotundo, a fin de que sirva de muestra y pueda ser usado como referencia para

---

la difusión de la tecnología. Existen consideraciones relativas a la organización, al experto, a la tarea a sistematizar y a los usuarios que influyen en la decisión de qué proyecto seleccionar para su desarrollo. Cabe hacer notar que nos referimos al usuario del sistema experto y no al cliente del sistema experto; esto se debe a que el cliente puede ser alguna persona que nunca interactúa con el sistema experto, y sin embargo puede obtener beneficios de las conclusiones proporcionadas por

el mismo sistema. Una aplicación es potencial en una organización si:

Relativo a la **Organización**:

- Acepta el impacto económico derivado del desarrollo, derivado de la adquisición y uso de nueva tecnología.
- Acepta que debe dedicar recursos, capacitarlos y formarlos hacia el nuevo esquema de trabajo.

Relativo al **Experto**:

- Existe un experto reconocido en la organización.
- El experto usa razonamiento lógico y heurístico (no habilidades físicas).

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Relativo a la **Tarea a sistematizar**: ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- El conocimiento que requiere para ser llevado a cabo es representable de manera simbólica.
- Su ejecución requiere de cierto grado de consistencia y contribuye marginalmente a la obtención de utilidades.
- Es de naturaleza intelectual, basada en el razonamiento, y no en habilidades físicas.

Relativo a los **Usuarios:**

- Aceptan que deberán dedicar tiempo a su capacitación.
- Aceptan la complejidad relativa de la tarea.
- Al finalizar esta fase, deberá contar con una lista de aplicaciones potenciales que pueda someter a evaluación para determinar su viabilidad.

#### 4.2.3 Análisis de viabilidad.

Mora Tabares (1993) sugiere una sencilla forma de comparar la viabilidad de diferentes proyectos, mediante un

análisis que nos arrojará información en referencia a qué tan preparados estamos para abordar el desarrollo de un sistema experto para una propuesta específica.

Los grados de calificación son:

- **5: Alto grado de viabilidad.** Los recursos son existentes y disponibles, se cuenta con el apoyo de la organización y las condiciones son propicias para comenzar.

- **3: Grado medio de viabilidad.** Las condiciones son propicias, pero la existencia o disponibilidad del recurso no está confirmado; se requieren esfuerzos adicionales para comenzar.
- **1: Grado bajo de viabilidad.** Prácticamente se requiere adquirir, contratar o implantar los recursos, pues son nuevos para la empresa; adicional a esto se requiere crear las condiciones propicias para iniciar.

La mecánica es la siguiente: Existen factores a considerar para determinar si las condiciones son propicias o no para el desarrollo de un sistema experto; un ejemplo podría ser la existencia de un experto cuyo desempeño es

---

claramente superior con respecto a la ejecución de una tarea.

Si en la organización existe un experto con un desempeño claramente superior que pueda colaborar con el proyecto de desarrollo de sistemas expertos, el grado de viabilidad aplicable será 5; si en la organización existe un experto con un desempeño claramente superior, pero está dedicado a otros proyectos y puede dedicar sus conocimientos al proyecto de desarrollo de sistema experto de forma no dedicada, o bien se tiene alguien que puede

colaborar plenamente con el proyecto de desarrollo del sistema experto pero que aún y cuando es el más experimentado su desempeño no es claramente superior, el grado de viabilidad aplicable será 3; si en la organización no hay un experto para la tarea y las condiciones para conseguir alguno no son satisfactorias, el grado de viabilidad aplicable será 1.

Se debe tener una tabla en donde se evalúe la viabilidad en base a los factores relacionados con la organización, el experto, la tarea a sistematizar y el usuario. En esa sencilla matriz se realizará una suma de puntos, determinándose qué proyectos son viables y en qué factores. No hay factores más relevantes que otros, asimismo, no hay puntuaciones mínimas para considerar un proyecto como viable. La decisión del proyecto con más viabilidad depende de la posición de la organización, sus recursos y sus objetivos más prioritarios. Existe la posibilidad que el proyecto menos viable esté relacionado con una tarea de misión crítica que requiere atención inmediata; tal vez ese proyecto sea seleccionado antes que otros con más viabilidad que aplican sobre tareas no prioritarias para la organización.

La tabla de análisis de viabilidad puede lucir como muestra la figura 12:

Instrucciones: Para cada aplicación propuesta califique su grado de certeza, donde 5: Alto grado de certeza  
3: Grado medio de certeza y 1 Grado bajo de certeza.

	ID de las Aplicaciones propuestas				
<b>Factores:</b>					
<b>EXPERTO</b>					
Su desempeño es claramete superior					
Su ausencia afecta a la organización					
Su actitud hacia un posible SE es cooperativa					
Es comunicativo					
Está familiarizado con las computadoras					
<b>Calificación promedio del experto</b>					
<b>TAREA</b>					
Se basa en el uso de la inferencia simbólica					
Tiene identificadas claramente las entradas y salidas					
Demanda el uso de conocimiento generalmente estable					
Usa conocimiento muy particular de la organización					
Causa costos significativos por retrasos y errores					
Su ejecución exige personal altamente calificado					
<b>Calificación promedio de la tarea</b>					
<b>USUARIOS</b>					
Están interesados en el uso de las nuevas tecnologías					
Cuentan con apoyo de la alta gerencia					
Son realistas y sus expectativas son alcanzables					
Son claramente afectados por la tarea					
Reconocen el costo de no tener un SE					
<b>Calificación promedio del usuario</b>					
<b>Evaluación técnica de la aplicación:</b>					

Figura 12: Matriz para evaluar la viabilidad de los proyectos de sistemas expertos.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

#### 4.2.4 Evaluación Económica.

La evaluación económica se encarga de cuantificar cuánto cuesta no atender un área de oportunidad y cuánto cuesta el desarrollo de un sistema experto que la atiende,

a efectos de confrontarlos para determinar la conveniencia del desarrollo.

La temporalidad es muy importante; considérese para efectos del cálculo la vida útil estimada del sistema experto, para poder calcular el costo no atender un área de oportunidad en el mismo período.

El método de costeo a utilizar pueden ser cualquiera en el que ya se tenga experiencia; se deberá cuantificar el costo de oportunidad de la tarea a sistematizar, atendiendo básicamente los siguientes rubros:

- Cuánto cuestan las demoras
- Cuánto cuestan los errores
- Cuánto se gasta en asesorías especializadas

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Se deberá también estimar el costo de desarrollo de un sistema experto considerando como mínimo los siguientes rubros:

- Shell o lenguaje.
- Equipo de cómputo
- Asesoría especializada

- Sueldos (programadores, ingenieros del conocimiento, expertos dedicados, etc.)
- Mantenimiento del sistema.

Los beneficios se cuantificarán determinando los costos de oportunidad que se evitan en una temporalidad dada, o bien los beneficios proporcionados por el sistema, en caso de que el uso de éste represente un producto por sí mismo.

Finalmente se puede realizar un análisis de costo - beneficio, en donde se comparan los beneficios multiplicados por número de temporalidades dadas como tiempo de vida estimado y efectivo del sistema experto, contra el costo total de su desarrollo y mantenimiento.

---

A continuación la figura 13 muestra el ejemplo de una tabla comparativa de costos y beneficios para un proyecto dado; en el ejemplo, hay un proceso que se sistematiza mediante un proyecto de sistemas expertos. El proceso está compuesto por las tareas A, B, C, D Y E; mensualmente cada tarea tiene un costo de oportunidad y una cantidad solventada (ahorrada) por mes. Como las cantidades no son exactas siempre, se hace mención de que la cantidad es promedio.

Temporalidad:	Mensual
Tareas involucradas en el proceso:	A, B, C, D, E

	COSTO DE OPORTUNIDAD		SOLVENTADO MEDIANTE S.E.	
Costo de oportunidad tarea A	N\$	150,000.00	N\$	150,000.00
Costo de oportunidad tarea B	N\$	20,000.00	N\$	15,000.00
Costo de oportunidad tarea C	N\$	35,000.00	N\$	35,000.00
Costo de oportunidad tarea D	N\$	48,000.00	N\$	2,000.00
Costo de oportunidad tarea E	N\$	2,388.00	N\$	2,388.00
<b>Costo de oportunidad mensual promedio:</b>	<b>N\$</b>	<b>255,388.00</b>	<b>N\$</b>	<b>204,388.00</b>

**COSTO DE DESARROLLO**

	Tiempo de desarrollo:		2 meses	
Shell (3 licencias)	N\$	18,000.00		
3 Computadoras	N\$	42,000.00		
Sueldo de Experto	N\$	50,000.00		
Sueldo del Ingeniero del conocimiento	N\$	25,000.00		
Programador	N\$	15,000.00		
Honorarios del Asesor Externo	N\$	38,000.00		
<b>Costo total de desarrollo</b>	<b>N\$</b>	<b>188,000.00</b>		

**COSTO BENEFICIO**

Tiempo de vida estimado del sistema experto:

6

Beneficios del periodo	N\$	1,226,328.00
Vs. costo total de desarrollo	N\$	188,000.00
<b>Contribución marginal (reducción de costos estimado)</b>	<b>N\$</b>	<b>1,038,328.00</b>

Figura 13: Tabla comparativa de costos - beneficios al utilizar un sistema experto.

Se calcula el costo total de desarrollo del sistema experto y se estima que su tiempo de vida estimado es de 6 meses. Si se calcula el costo de oportunidad (monto de lo solventado) multiplicado por el tiempo de vida del sistema se obtienen los beneficios de desarrollar un sistema experto; si los beneficios del período exceden el costo total de desarrollo, es recomendable desarrollar el sistema.

#### 4.2.5 Selección del proyecto.

Se procede a seleccionar el proyecto dependiendo de las prioridades del negocio; se deberá optar por el que sea más rentable (justificación económica) y más viable.

En caso de que los factores de selección no coincidan en un mismo proyecto, se deberá optar por el que mejor siga la línea del negocio. Cabe aclarar que la selección del proyecto debe contar con el apoyo moral y económico de la alta gerencia, o patrocinador en su caso, mismos que pueden variar de un proyecto a otro.

#### 4.2.6 Planeación del proyecto

Se procede a establecer tareas, secuencia de ejecución, responsables, costos asignados, etc. Se sugiere controlar el proyecto mediante el uso de gráficas de Gantt, para lo cual se puede utilizar software especializado para el control de proyectos. Para poder realizar la planeación de manera adecuada, es importante determinar el alcance del proyecto, el alcance del presupuesto, y disponibilidad del personal experto, así como de la atención de las tareas que pueden ser ejecutadas simultáneamente.

### 4.3 Ciclo técnico de desarrollo de los sistemas expertos.

#### 4.3.1 Ingeniería del conocimiento.

Para poder comprender el ciclo de desarrollo de los sistemas expertos, es necesario entender muy bien las funciones del ingeniero del conocimiento. No todos los sistemas expertos requieren la presencia del ingeniero del conocimiento, ya que las herramientas y la amplitud de la tarea a sistematizar pueden ser muy sencillas. La figura 14 ilustra la relación existente entre la aplicación a desarrollar y la necesidad de ingeniero del conocimiento, propuesta por Paul Harmon & Rex Maus (1988).

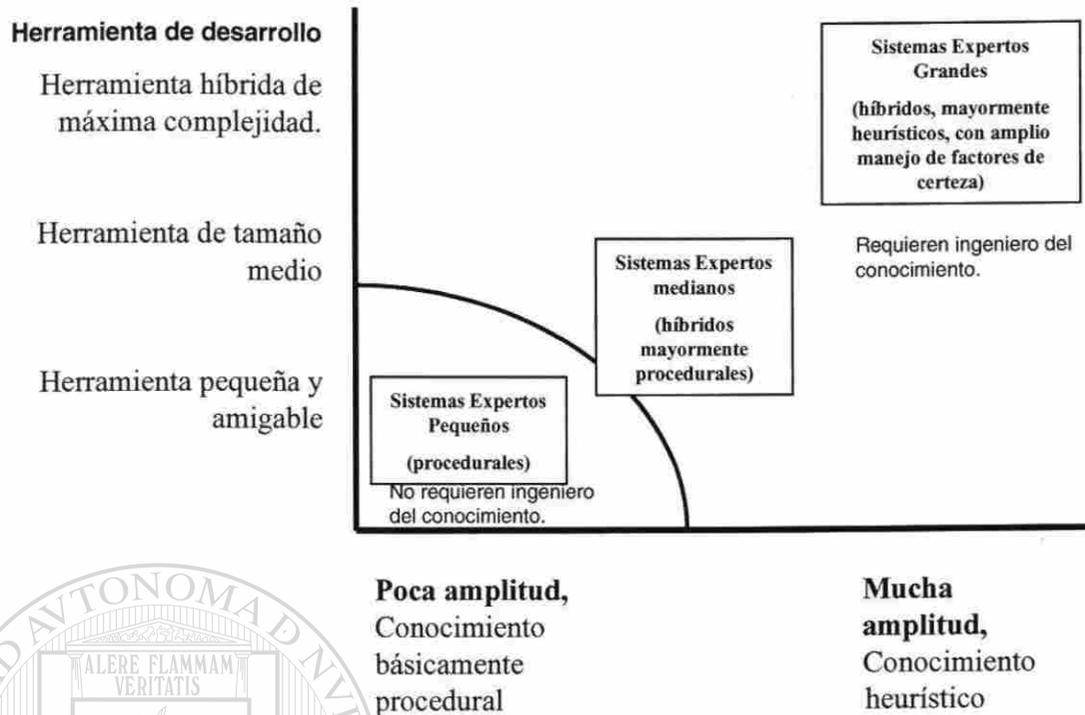


Figura 14: Relación entre complejidad y amplitud de un sistema experto, y la necesidad de un ingeniero del conocimiento.

Las herramientas de desarrollo basadas en reglas (rule-based tools) son cada día más amigables en su interfase, de tal forma que cualquier persona puede aprender fácilmente a introducir conocimiento en ellas de manera correcta. La decisión de utilizar estas herramientas u otras más complejas depende de la naturaleza y complejidad del conocimiento que requiere ser formulado, modelado y codificado.

Se dice que un sistema experto es procedural cuando el conocimiento que en él se almacena puede ser representado por árboles de decisión de manera completa; casi siempre, las reglas que componen la base de conocimiento de estos sistemas establece la relación existente entre términos. Los sistemas expertos procedurales pueden tener cientos, incluso miles de reglas, pero eso no quiere decir que sean complejos.

Por otro lado, existen los sistemas expertos denominados heurísticos, que tienen la particularidad de poder trabajar con evidencia incompleta, de gran complejidad. Estos sistemas expertos necesariamente hacen manejo de factores de certeza, hacen uso continuo de bases de datos y de casos, así como mecanismos de inferencia que involucran tecnología compleja como lógica difusa y redes neuronales.

Cuando los sistemas expertos son pequeños, lo más probable es que sean procedurales y una herramienta de desarrollo basado en reglas sea suficiente; si son de mediano tamaño, seguirán basándose en reglas pero la heurística comenzará a aparecer, por lo que comienza a ser necesaria la labor del ingeniero del conocimiento. Los sistemas expertos grandes y complejos, definitivamente

requieren de la participación de uno o varios ingenieros del conocimiento para realizar sus tareas.

#### 4.3.1.1 Actividades desarrolladas por el ingeniero del conocimiento.

Las actividades que deben realizar los ingenieros del conocimiento son las siguientes:

**a) Adquisición del conocimiento.-** Consiste en todas las actividades relacionadas con obtener el conocimiento de los expertos. Esto incluye entrevistas y sesiones de trabajo que permitan unificar los objetivos, definir términos, analizar procedimientos y criterios que llevarán

---

a una conclusión, eliminando la vaguedad e inconsistencia que se pueda presentar en los procesos. Dentro de este trabajo se incluye el estudio de casos y la carga lenta y de manera fiel el conocimiento del experto en la base de conocimiento. El ingeniero del conocimiento nunca deja de adquirir el conocimiento, ya que este puede estarse puliendo de manera continua.

**b) Modelación del conocimiento.-** Consiste en organizar el conocimiento adquirido por los expertos. En este proceso se elaboran los árboles de decisión y redes de

elementos que permitan definir claramente el escenario que constituye el conocimiento. Los expertos proporcionan hechos, términos, reglas, objetos, criterios, todo de forma conjunta; el ingeniero del conocimiento debe determinar la naturaleza de cada uno de los elementos proporcionados por el experto, debe generar grupos y sub grupos de elementos, debe analizar la dependencia entre ellos, formular el conocimiento de forma tal que sea posible analizarla de manera lógica.

**c) Codificación del conocimiento.**- Proceso por medio del cual se introducen los hechos, reglas, objetos y dependencias entre los diferentes elementos en un sistema experto. La codificación puede realizarse en lenguajes apropiados tales como LISP, PROLOG, Small Talk u otro, y para ello se requieren habilidades de programación; también se puede utilizar una herramienta de desarrollo se le deberá especificar el conocimiento en la forma en que lo requiere, y generalmente es considerablemente más fácil que utilizar un lenguaje.

#### 4.3.1.2 Proceso de ingeniería del conocimiento

Para los proyectos grandes, difícilmente un solo ingeniero del conocimiento desarrolla tres actividades, ya

que es tedioso y cansado. Usualmente la división del trabajo da buenos resultados en la ingeniería del conocimiento, porque asegura una revisión continua entre el desempeño de los ingenieros involucrados; esto es posible porque la labor de la ingeniería del conocimiento no detiene, ya que siempre se puede estar perfeccionando un desarrollo. Paul Harmon & Rex Maus (1988) sugieren una serie de fases para desarrollar sistemas expertos, con un enfoque basado en tareas y la interacción del recurso humano en el desarrollo de estas. En la siguiente gráfica (figura 15) podemos ver el proceso de ingeniería del conocimiento, como una tarea continua.

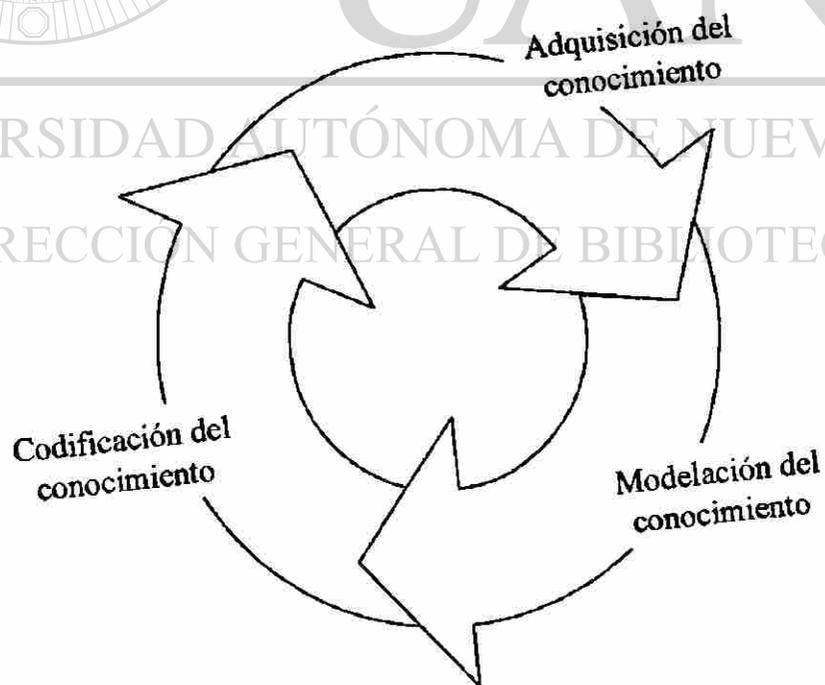


Figura 15: Ingeniería del conocimiento como tarea.

El ingeniero del conocimiento está prácticamente en todos los momentos del desarrollo, involucrado de una manera activa. El desarrollo de un sistema experto está íntimamente ligado con la función de ingeniería del conocimiento.

#### 4.3.2 Fases del desarrollo de un sistema experto.

El desarrollo de sistemas expertos involucra una comunicación exhaustiva entre usuarios, expertos y personal de desarrollo, tal y como lo ilustra la figura 16.

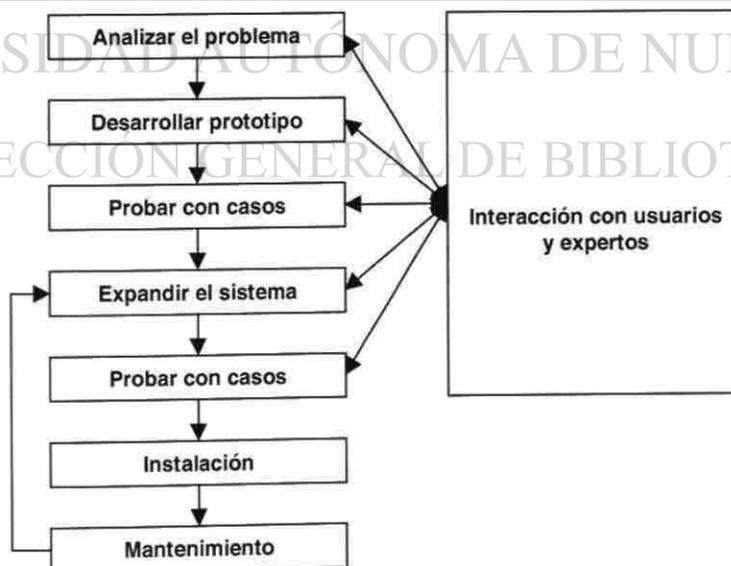


Figura 16: Fases del desarrollo de sistemas expertos y su relación con los usuarios y expertos.

Tal comunicación determina que las fases para su desarrollo estén fuertemente orientadas en ese sentido.

Las 7 fases de desarrollo de sistemas expertos son:

- a ) Análisis preliminar.
- b ) Análisis de tareas.
- c ) Desarrollo del prototipo.
- d ) Desarrollo del sistema.
- e ) Pruebas de campo.
- f ) Implantación.
- g ) Mantenimiento.

Cada una de ellas tiene sus particularidades y metas;

---

en la figura 17 se ilustra de manera gráfica las fases y sus objetivos.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 Figura 17: Fases de desarrollo de los sistemas expertos y su objetivo. DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

A continuación se detallan cada una de las fases.

a) Análisis preliminar.

Consiste en analizar detenidamente los diferentes problemas que pueden ser solucionados por sistemas expertos, a fin de seleccionar alguno para el desarrollo. Las tareas en esta fase son ejecutadas por administradores y líderes de equipo, ya que un proyecto de desarrollo de sistemas expertos es igual a cualquier otro proyecto de inversión.

Como cualquier otro proyecto, debe existir un equipo de trabajo que desarrolle el análisis preliminar, en donde se determinará si un experto es el apropiado para basar el proyecto, si el proyecto es costeable, qué hardware y software se requerirá para su desarrollo, qué personal va a

---

ser asignado al proyecto. El administrador a cargo de un proyecto de sistemas expertos tendrá que planear, identificar los patrocinadores corporativos del proyecto y los clientes del mismo, elaborar informes para administrar las expectativas, entre otras tareas de rutina propias de un proceso de desarrollo de sistemas. En esta fase los productos son la selección de un proyecto, la justificación del mismo, la autorización a su realización, y el establecimiento de los objetivos sobre los que se va a medir el éxito o el fracaso.

b) Análisis de tareas.

Consiste en determinar cómo serán alcanzados los objetivos; en esta fase se deben definir los criterios para determinar el éxito o fracaso del proceso de desarrollo. Se deberán definir las tareas a ejecutar, asociando a ellas la cantidad de conocimiento que se desea capturar en el sistema experto en cada una, estableciendo parámetros mínimos de funcionalidad y contenido que permitan la comparación y la evaluación. Realizan esta tarea los administradores o líderes de proyecto, trabajando en conjunto con el ingeniero del conocimiento.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

c) Desarrollo de prototipo.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Se desarrolla una versión limitada del sistema experto para demostrar su factibilidad y funcionalidad. Se deben definir los conceptos más significativos del conocimiento involucrado en el problema que resuelve el sistema experto, así como el flujo de información necesario para ilustrar el proceso de solución del problema.

Tanto los conceptos como los flujos de información deben ser representados por el prototipo, que valiéndose de estos como herramienta, también propone el hardware y software que se espera utilizar, los formatos para la formulación del conocimiento que se pretende seguir, y se detectan las posibles restricciones.

Esta es la última fase en la que se realizan análisis y obtención de información como propósito básico; es posible que en otras fases se obtenga información, pero no es su propósito. En esta fase se hace el refinamiento del sistema; se obtiene del experto su método de razonamiento, mismo que se documenta y que será el corazón del sistema.

Cuando el prototipo está liberado, constituye el modelo del sistema experto completo; en esta versión se hacen ajustes y se enfrentan los problemas que con seguridad se presentarán en el desarrollo de todo el sistema.

#### d) Desarrollo del sistema.

Se toma como base el prototipo y se le agrega la totalidad del conocimiento recabado en las fases anteriores; asimismo, se depuran los procesos de razonamiento expuestos por el experto. Todo esto se

codifica de tal forma que se obtenga buen rendimiento por parte del sistema, una interfase cuidadosa y amigable, y un comportamiento estable. Esta tarea es realizada particularmente por el ingeniero del conocimiento; el producto de esta fase es obtener los programas sin errores que generen los resultados correctos al aplicarles unos datos de entrada comprobables, y siguiendo las especificaciones del diseño.

e) Pruebas de campo.

Consiste en instalar el sistema en un medio ambiente similar al del usuario, a fin de comparar los resultados y la funcionalidad del sistema ya en el campo. La primera fase es verificar si no existen errores obvios; después, es evaluado el funcionamiento del sistema contra el experto, a fin de ver las diferencias en rapidez y precisión. Se considera como bueno que un sistema experto y el experto mismo coincidan en un 80% a un 90% en las conclusiones que generan ante un mismo problema. La mayoría de las tareas de esta fase son ejecutadas por el ingeniero del conocimiento.

f) Implantación.

Se instala el sistema en el medio ambiente de trabajo del usuario; esto involucra colocar la aplicación en hardware diverso y capacitar en el uso del sistema, con la finalidad de eliminar dudas, fomentar su uso y promover su aceptación. La implantación debe ser bien organizada, ya que es una fase muy sensible donde los problemas son más organizacionales y psicológicos que técnicos; se recomienda tener bien documentado el sistema, brindar capacitación dedicada e integral, y dar excelente soporte. Un sistema experto, por más bueno que sea, es inútil si la gente decide no utilizarlo. Esta fase requiere el apoyo de la administración de la compañía, personal del proyecto y el ingeniero del conocimiento.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

g) Mantenimiento.

Es la fase final del proceso; esta fase nunca se concluye, ya que se sostiene durante todo el ciclo de vida del sistema.

Esta fase permite actualizar el conocimiento y los programas que componen el sistema; consiste en corregir o adecuar el sistema a fin de que sea actual y cumpla con las expectativas que de él se tienen. Esta fase involucra revisión del sistema y acciones tomadas en base a los resultados obtenidas de la misma revisión.

#### 4.4 Reglas y tipos de razonamiento.

Un experto puede divagar en su conocimiento para llegar a conclusiones nuevas, y podría esperarse que los sistemas expertos hicieran lo mismo, y sin embargo no lo hacen; la explicación a ello se mencionó en los inicios del presente trabajo en donde se diferenciaba el conocimiento de la imaginación.

Los programas de cómputo, hasta en sus más flexibles manifestaciones, no pueden desprenderse de su rigidez lógica; el comportamiento estable de un programa de cómputo es producto de la estructura lógica de su funcionamiento, de la secuencia de ejecución que el diseñador planeó que tuviera.

Aun y cuando se pretenda dar a los sistemas expertos la riqueza y flexibilidad de posibilidades de la mente humana y su forma de razonar, el conocimiento y las formas

de razonamiento requieren ser estructurados para poder ser interpretados por la computadora.

#### 4.4.1 Reglas.

La forma de representar la estructura lógica del conocimiento es, por excelencia, la utilización de reglas. La mayoría de los sistemas expertos están basados en reglas, por lo que son muy conocidos como RBS (*Rule Based Systems*).

Los sistemas basados en reglas representan el conocimiento mediante un conjunto de sentencias del tipo:

"If *x* then *y*"

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Según Waterman y Hayes-Roth (1978), en el conjunto de sentencias que conforman el conocimiento, se va formando una cadena de condiciones antecedentes que, una vez aplicadas producen una consecuencia. Las consecuencias derivadas por un conjunto de reglas involucradas en un proceso de inferencia son añadidos a la base del conocimiento como nuevos hechos (*facts*). Algunas de las características primordiales de las reglas son:

- Cada regla actúa como una condición del tipo IF THEN.
- Cada regla tiene una o más condiciones de antecedente ( IF ) y una o más condiciones subsecuentes ( THEN ), llamadas también consecuencias o conclusiones.
- Las reglas pueden variar en complejidad, teniendo una condición de antecedente o muchas, ligadas por medio de operadores booleanos ("and", "or", "less than", "greater than", etc.).
  - Se debe procurar que las conclusiones derivadas de la aplicación de una regla actúen como elementos para la solución de condiciones de antecedente de otras de aplicación posterior.

- 
- Se dice que se aplica una regla cuando el lenguaje o Shell considera una regla para intentar generar, en conjunto con la memoria de trabajo, una conclusión.

#### 4.4.2 Representación gráfica de las reglas.

Gráficamente las reglas se representarían como lo muestra la figura 18.

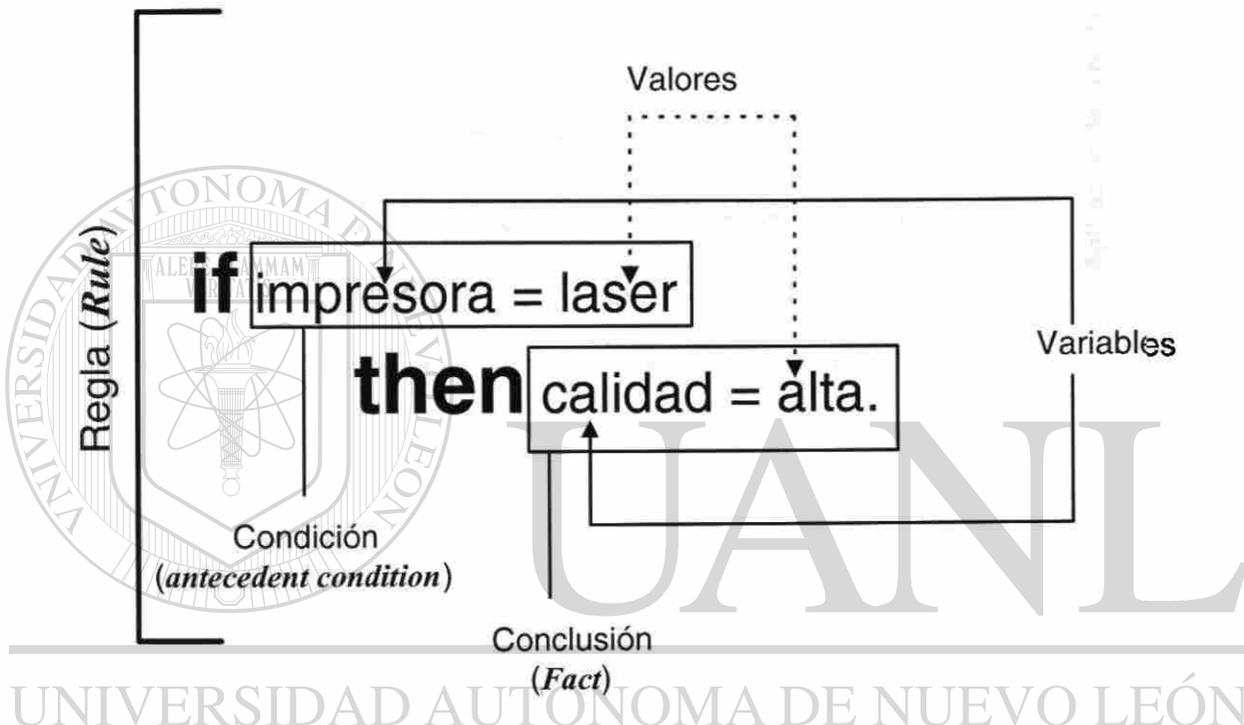


Figura 18: Diagrama estructural de una regla.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Al ser aplicada una regla, tiene el siguiente comportamiento: primeramente se evalúa una condición a la que se le llama "antecedente"; si la condición se resuelve por verdadero, se lleva a cabo una asignación de valor a una variable, lo que se conoce como conclusión; la variable y el valor adquirido se almacenan en la memoria de trabajo,

formando lo que se llama un hecho (*fact*). La forma de trabajo de una regla se ilustra en la figura 19.

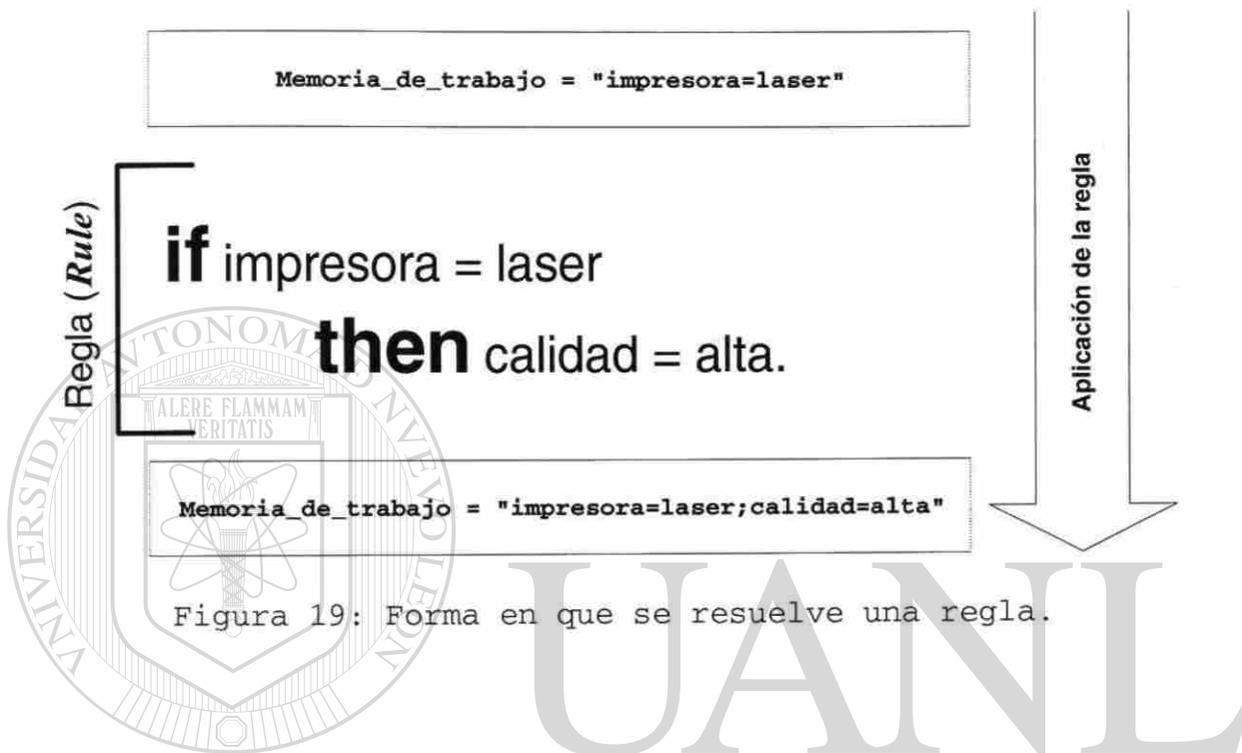


Figura 19: Forma en que se resuelve una regla.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

#### 4.4.3 Ventajas del uso de las reglas.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Algunas ventajas de representar al conocimiento en base a reglas, son las siguientes:

- El esquema de reglas permite descomponer problemas complejos en componentes más simples, los cuales al ser resueltos, contribuyen a la solución del problema original y más extenso.

- Los sistemas basados en reglas pueden contener miles de reglas, característica por la cual son los más ampliamente aceptados.
- Se entiende que el uso de reglas obedecen a un modelo causal (causa - efecto), semejante a la forma en que los seres humanos deducimos cosas, por lo que el uso de reglas es fácilmente comprensible; una forma de representar una regla considerando su causalidad es:

Condición antecedente -> Conclusión

Recordemos que la inferencia es obtener elementos desconocidos a partir de los conocidos;

considerando eso, las condiciones antecedentes evaluarán siempre los hechos conocidos para

llevarnos a los desconocidos, en este caso, las conclusiones.

#### 4.4.4 Tipos de razonamiento.

Cómo se logrará evaluar e interpretar las reglas, depende del método de razonamiento que se utilice. Un

método de razonamiento es el mecanismo por medio de los cual se extraerán los elementos desconocidos de los elementos ya conocidos.

Existen varios tipos de razonamiento utilizados por los sistemas expertos; por tipo de razonamiento nos referimos precisamente a la estructura lógica que se lleva a cabo para concluir una cosa a partir de datos base. Mora Tabares sugiere la existencia de 3 tipos de razonamiento utilizados por los sistemas expertos; los tipos de razonamiento básicos utilizados para llevar a cabo la inferencia en las herramientas de cómputo son los siguientes:

- Deducción

- Abducción

- Inducción

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

El mecanismo de inferencia de un sistema experto no necesariamente hace uso de manera exclusiva de uno de estos tipos de razonamiento; en ocasiones se podrá utilizar mezclas entre los tipos para obtener la inferencia más acertada o productiva. A continuación se detallarán los tres tipos de razonamiento:

## a) Deducción

En este método, la evaluación recae sobre la condición antecedente; si dicha condición no cumple por verdadero, no se tiene acceso a la conclusión y el proceso de razonamiento continúa evaluando las demás reglas. Un ejemplo puede verse en la figura 20.

Conocimiento:	$P(x) \Rightarrow Q(x)$
Datos requeridos:	$P(x)$
Conclusiones:	$Q(x)$ es 100% cierto
<b>Ejemplo:</b>	
Conocimiento:	si oferta = aumenta entonces precio = baja fin
Datos requeridos:	oferta = aumenta
Conclusiones:	el precio baja en todos los casos cuando la oferta aumenta.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS Figura 20: Deducción.

La deducción es un ejemplo clásico del uso de reglas definitivas; la certeza en la deducción es 100% cierta en todos los casos (a menos que se especifique un factor de incertidumbre), ya que la conclusión es directamente determinada por la condición antecedente.

## b) Abducción

En este método, la evaluación recae sobre la conclusión, y no sobre la condición antecedente. Un ejemplo puede verse en la figura 21.

Conocimiento:	$P(x) \Rightarrow Q(x)$
Datos requeridos:	$Q(x)$
Conclusiones:	$P(x)$ es posiblemente cierto
<b>Ejemplo:</b>	
Conocimiento:	<b>si empleado = incapacitado entonces</b> asiste_a_trabajar = no <b>fin</b>
Datos requeridos:	asiste_a_trabajar = no
Conclusiones:	si el empleado no asiste a trabajar probablemente está incapacitado

Figura 21: Abducción.

## c) Inducción

En este método las conclusiones son ciertas para un determinado dato porque no es relevante al resultado. Un ejemplo se puede ver en la figura 22.

Conocimiento:	$P(a), P(b), P(c)...$
Datos requeridos:	$P(x)$
Conclusiones:	$P(x)$ es cierto para cualquier valor de $x$
<b>Ejemplo:</b>	
Conocimiento:	
<b>si</b> costo = baja <b>y</b> producto = SPLE512 <b>entonces</b> se_puede_bajar_precio = si	
<b>si</b> costo = baja <b>y</b> producto = MSA2452 <b>entonces</b> se_puede_bajar_precio = si	
<b>si</b> costo = baja <b>y</b> producto = CMP2562 <b>entonces</b> se_puede_bajar_precio = si	
Datos requeridos:	producto = ?
Conclusiones:	para cualquier producto el precio se puede bajar si el costo baja

Figura 22: Inducción.

La inducción se da cuando el historial de una condición antecedente sugiere un resultado; generalmente se da cuando la condición antecedente incluye una condición dominante, que determina el resultado sin necesidad de las restantes condiciones. En este caso, las restantes condiciones son determinantes en la ejecución de la regla, pero no en el conocimiento; en nuestro ejemplo, todo parece indicar que para cualquier producto, si el costo baja el

precio se puede bajar. La condición antecedente puede incluir una parte que marque una excepción.

La inducción es muy utilizada para razonamientos con alto grado de incertidumbre para situaciones similares pero no iguales; es muy común su uso en estadística. Un ejemplo de ello son los análisis deportivos, en donde se muestra el patrón seguido por un equipo jugando en cierta ciudad o frente a cierto contrincante o cosas así; si no existiera alto grado de incertidumbre y las situaciones evaluadas fueran las mismas, sería posible determinar con mayor certeza una conclusión utilizando programación lineal o probabilidad y estadística.

#### 4.4.5 Razonamiento simbólico

Los sistemas expertos no comprenderían los razonamientos de forma declarativa, es por ello que se basan en variables que al ser igualadas a valores adquieren el carácter de símbolos. Como se puede observar, los tipos de razonamiento utilizados por los sistemas expertos son de tipo simbólico; en ellos se utilizan, además de operadores lógicos (.and., .or.), aritméticos (+, -, /, \*) y relacionales (>, <, >=, <=, <>) se definen y utilizan

variables y constantes que el lenguaje o Shell no reconoce; toma valores sugeridos por nosotros.

Para el lenguaje o Shell, colocar una variable llamada "aceptar\_proyecto" o llamada "x" es lo mismo. Sea cual sea el nombre de la misma, significa lo que nosotros queramos que signifique, lo cual lo hace un símbolo.

a) Características esenciales del conocimiento simbólicamente representado.

Antes de que los sistemas expertos puedan razonar simbólicamente el conocimiento, este debe estar representado en la computadora de tal manera que:

- La información sea almacenada y recuperada eficientemente.
- Que el conocimiento refleje de manera fiel un fenómeno.
- Que la computadora pueda entender el fenómeno, es decir, que pueda manejar la información de manera sustancialmente significativa.

b) Inexactitudes en la interpretación del conocimiento simbólicamente representado.

La representación del conocimiento no siempre es sencilla, ya que algunas cosas que para la percepción humana son evidentes, para la computadora puede ser muy complejo. De entre las mayores problemáticas que se tienen para formular el conocimiento, se tienen las siguientes:

- En ocasiones representar un fenómeno representa un problema de afirmaciones y excepciones que se contraponen. Se corre el riesgo de dar significados ambiguos o equivocados.

- 
- Si alguien ajeno al fenómeno ve la representación simbólica del mismo, puede ver una realidad en esencia igual, y en forma diferente, a lo que llamamos el efecto Picasso; este efecto se caracteriza por la pérdida en la observación de los detalles determinantes que forman la idea con respecto a algo.

- Una representación descriptiva del conocimiento puede representar fielmente un fenómeno, pero para la computadora eso no es conocimiento.
- El texto (secuencia de caracteres) no tienen significado sustantivo.
- La computadora no entiende el conocimiento expresado en forma declarativa y por tanto no puede manejarlo en una forma significativa.
- Una representación basada en modelos matemáticos del conocimiento puede ser interpretado y manipulado por la computadora, pero por lo general simplifica en demasía el fenómeno de tal forma que la representación no resulta ser fiel.

---

#### 4.5 Definición de reglas y mecanismos de inferencia.

### DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Ya vimos que las reglas son un elemento fundamental para la formulación del conocimiento a utilizar en los sistemas expertos; adicional a los conceptos, las reglas ilustran los procesos de razonamiento que el experto realiza en su mente para llegar a una conclusión, emula los caminos que sigue la información, recopilando restricciones y afirmaciones, definiendo nuevas, hasta el resultado final

que constituye la solución a un problema particular. El objetivo básico de las reglas es concluir algo a partir del cumplimiento de una condición.

#### 4.5.1 Variables objetivo.

Lo primero que hay que hacer para la definición efectiva de reglas es encontrar los objetivos (hechos determinables), a los que también podemos llamar **variables**. El siguiente ejemplo nos puede ayudar a comprender mejor este y otros conceptos que manejaremos en el camino.

**Suposición:**

*Suponga que usted posee una base de conocimiento que tiene las particularidades generales relativas a las impresoras de uso para el hogar.*

*¿Cuáles serían sus variables?* Esta pregunta se contesta si sabemos qué es lo que el usuario desearía **conocer**.

Algunas variables podrían ser:

- **impresora:** tipo de impresora de la que se trate.

- **calidad**: tipo de calidad de impresión.
- **precio** : precio de la impresora; puede ser un monto o un calificativo de relatividad.
- **modelo** : modelo de la impresora.
- **suministro**: tipo de consumible de impresión que requiere.

De cada variable por sí misma puede derivarse un árbol de decisión que nos apoye en la creación de reglas; así mismo, hay variables más generales que otras, por tanto, dichas variables serán las candidatas idóneas para ser origen del árbol. La figura 23 muestra una estructura de árbol, en donde X es una variable más general que Y o Z.

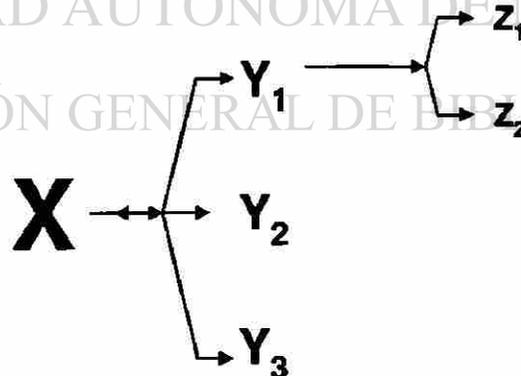


Figura 23: Estructura de árbol existente entre variables generales y particulares.

En el caso de la elaboración de reglas debe considerarse esto como una jerarquía, es decir es más fácil saber si una impresora es laser o de inyección de tinta que saber si el suministro es cartucho de tinta o toner.

Por lo general el proceso de inferencia realiza una especialización; casi siempre se procede de conocimientos generales a obtener otros más particulares.

Algunas reglas aplicables al ejemplo que se plantea pudieran ser las que se ilustran en la figura 24:

<b>Rule 1</b>	if impresora = laser then calidad = alta.	<b>Rule 5</b>	if modelo = HP_LaserJet then impresora = inkjet.
<b>Rule 2</b>	if impresora = laser then precio = alto.	<b>Rule 6</b>	if modelo = HP_DeskJet then impresora = inkjet.
<b>Rule 3</b>	if impresora = inkjet then calidad = alta.	<b>Rule 7</b>	if impresora = laser then suministro = toner.
<b>Rule 4</b>	if impresora = inkjet then precio = alto.	<b>Rule 8</b>	if impresora = inkjet then suministro = cartucho_tinta.

Figura 24: Ejemplo de reglas.

#### 4.5.2 Métodos de inferencia utilizados por los sistemas expertos.

##### 4.5.2.1 Búsqueda de variable objetivo como propósito de los sistemas expertos.

El problema que un sistema experto debe pretender resolver debe basarse en un requerimiento de información que haga referencia a una de las variables definidas como elementales para la definición del problema, por ejemplo:

**Si tengo una impresora HP\_DeskJet,  
¿Qué suministro requiero?**

Si nos damos cuenta, SUMINISTRO es una de las variables que podemos utilizar como objetivo, y puede ser

algo que el usuario del hogar quisiera saber en un momento dado, pero que por quedar fuera de su área de especialización, no conoce. Se tienen dos opciones: conseguir el consejo de un experto en impresoras, o bien ejecutar un sistema experto que en base a ciertas preguntas concluya lo que necesitamos saber.

#### 4.5.2.2 Métodos de inferencia.

Existen dos métodos de inferencia utilizados con los RBS:

- Forward Chaining (encadenamiento hacia delante)
- Backward Chaining (Encadenamiento hacia atrás)

Los métodos de inferencia determinan la secuencia de evaluación de las reglas, así como el tratamiento de la memoria de trabajo y la forma de evaluación de las condiciones antecedentes. Estos métodos se detallarán a continuación:

##### 4.5.2.2.1 Forward Chaining

En Forward chaining, la deducción está basada en los **datos conocidos (hechos/facts)**; el objetivo buscado no participa activamente en el proceso de inferencia; en esta estrategia, el mecanismo de inferencia sólo verifica en el contenido de la memoria de trabajo al principio del proceso y después de resolver cada una de las reglas, para ver si la variable objetivo ha sido resuelta.

Con este método, la memoria de trabajo puede contener hechos predefinidos antes de comenzar el proceso de inferencia, de tal suerte que si la solución del problema, es decir, si la variable que buscamos ya se encuentra con algún valor en la memoria de trabajo, no será necesario iniciar el proceso de inferencia; el proceso de inferencia se detiene cuando la variable objetivo ha sido resuelta. La figura 25 muestra la forma de trabajo con forward chaining.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

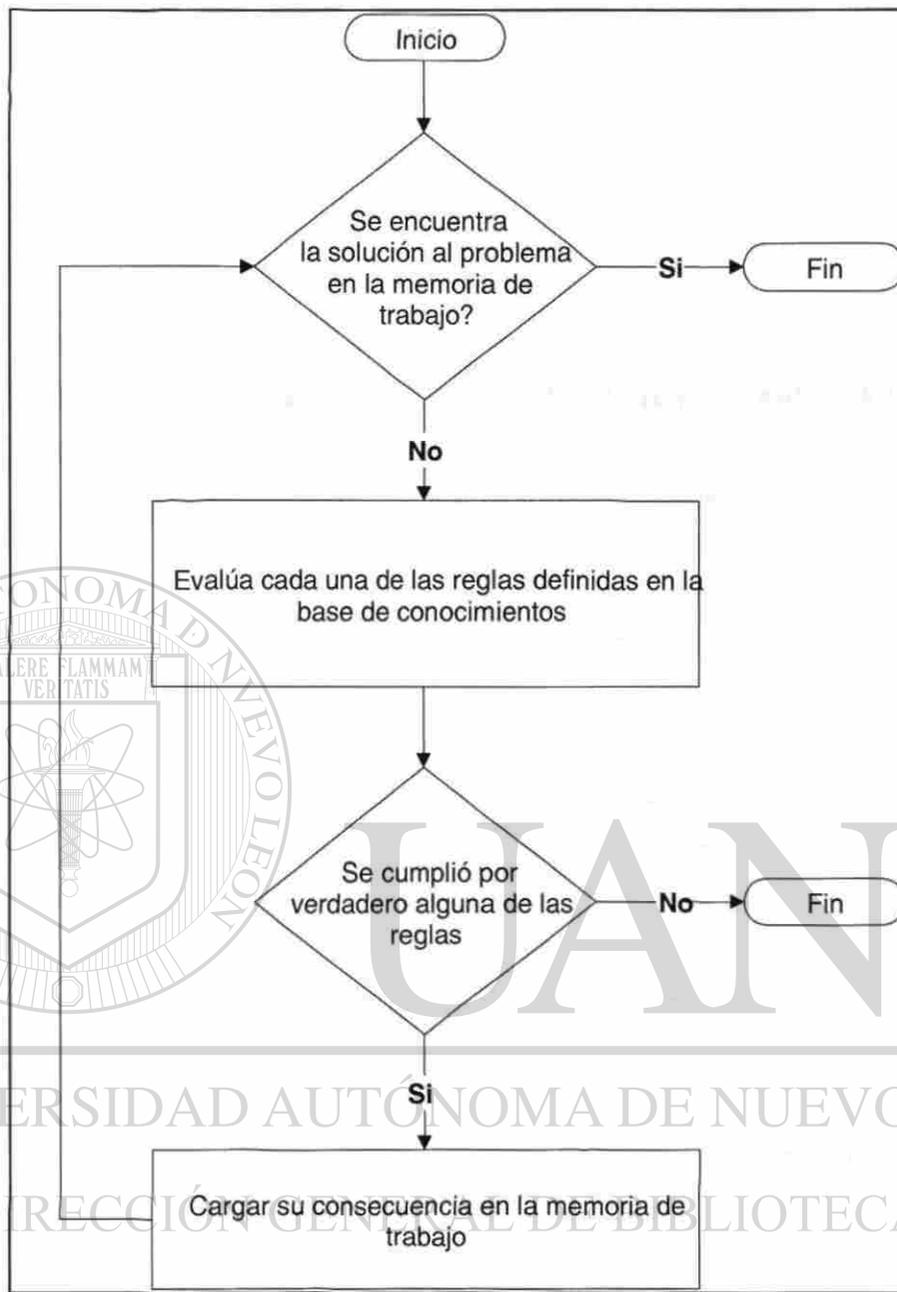


Figura 25: Forma en que trabaja el método de encadenamiento hacia delante (forward chaining).

## CAPÍTULO 5

### USO Y ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS EXPERTOS EN LOS AMBIENTES DE TRABAJO

#### 5.1 Administración de ambientes de trabajo con sistemas expertos.

Los sistemas expertos, como todos los sistemas, requieren de una administración; Edward Brent (1996) sostiene que dentro de las cosas que debemos saber administrar cuando tenemos un esquema de trabajo con sistemas expertos están las siguientes:

- a ) Motivación y recompensa
- b ) Estructuras de salario
- c ) Aspectos legales
- d ) Responsabilidad social
- e ) Línea de costos
- f ) Resistencia al cambio
- g ) Estrategia de conocimiento
- h ) Mantenimiento y actualización
- i ) Selección de la aplicación

## j ) Soporte

Brent propone más aspectos, pero estos son los que encontramos relevantes en el contexto que ocupa el presente trabajo. Se analizará a detalle cada uno de estos rubros, asimismo, se plantearán recomendaciones a fin de mantenerlos bien administrados.

### 5.1.1 Motivación y recompensa

Refiere a la forma en que se va a retribuir a los participantes en la conceptualización, creación y operación de un sistema experto.

---

#### Recomendaciones para la administración:

- Se recomienda evitar el uso competitivo del sistema experto, definiendo con claridad su calidad de herramienta.
- Se recomienda hacer un análisis de los satisfactores para cada una de las personas claves en el proyecto, esto a fin de procurar cubrirlos de la mejor manera posible.

- Se recomienda la firma de convenios o contratos que le den la seguridad a los expertos de su permanencia en la empresa.

#### 5.1.2 Estructuras de salario

Refiere a la determinación equitativa del salario de los participantes en el desarrollo y operación de un sistema experto, con el mínimo de controversias.

##### **Recomendaciones para la administración:**

- Se deben diferenciar los niveles en base a habilidades y responsabilidades.
- Se recomienda un esquema de salarios secretos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

#### 5.1.3 Aspectos legales

Refiere a los aspectos legales relacionados con el uso de los sistemas expertos, tales como la autoría del conocimiento y la determinación de responsabilidades derivadas del uso de sistemas expertos.

**Recomendaciones para la administración:**

- Se recomienda validar exhaustivamente el sistema experto, sobre todo en aquella aplicación del conocimiento mayormente regulado por las legislaciones del lugar en donde se va a aplicar.
- Liberar los sistemas expertos de manera formal, en donde se entregue al usuario documentación que comprometa al usuario a adoptar la responsabilidad sobre el uso y repercusiones del uso.
- Hacer cartas de autorización de divulgación y uso de conocimientos, total o limitado, por parte del experto.
- Validar la no violación de derechos de autor.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

5.1.4 Responsabilidad social

Refiere a las repercusiones sociales derivadas del uso de sistemas expertos, los impactos emocionales y la modificaciones en los roles en que participan los seres humanos.

**Recomendaciones para la administración:**

- Se sugiere identificar las actividades especializadas que no realizará el sistema experto para reorientar los esfuerzos del personal especializado, a fin de mantenerlo interesado en el trabajo.
- Organizar talleres de capacitación en donde se haga hincapié en el uso de herramientas de divulgación de conocimientos computarizadas y la búsqueda permanente de áreas de oportunidad.
- Desocupar personal que no se adapte a las nuevas necesidades.

---

**5.1.5 Línea de costos**

---

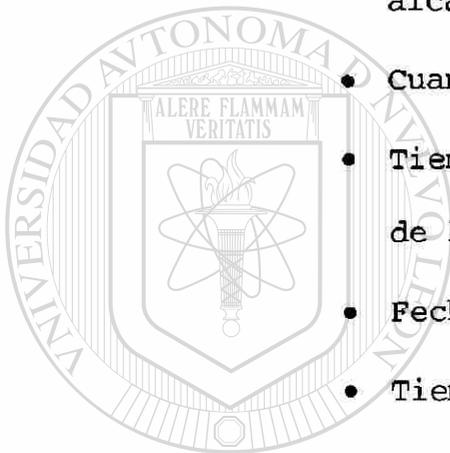
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Refiere a la forma en cómo los sistemas expertos deben ser tratados para constituirse como proyectos de inversión viables.

®

### Recomendaciones para la administración:

- Ver al sistema experto como un proyecto de inversión más, en donde quede plenamente definido:
  - Objetivo (definido y claro , alcanzable, medible).
  - Costos estimados de desarrollo para alcanzar el objetivo.
  - Cuantificación de los beneficios.
  - Tiempo en que debe darse la recuperación de la inversión.
  - Fecha límite para la liberación oportuna.
  - Tiempo aproximado de vida del sistema.
- Aprender a hablar el lenguaje financiero para justificar proyectos de línea técnica.
- Ser meticulosos en la obtención del objetivo, evitando los excesos.
- Buscar el máximo aprovechamiento de la base de recursos instalada y disponible.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



### 5.1.6 Resistencia al cambio

Refiere a la forma en que los participante en un medio de trabajo con sistemas expertos asimilan el cambio en la forma de hacer las cosas.

#### **Recomendaciones para la administración:**

- Se recomienda planear los cambios como parte del desarrollo de los sistemas expertos.
- Los cambios no deben ser una consecuencia, sino un elemento dentro de un esquema de trabajo nuevo, dado a conocer a las personas antes de su implantación.
- Explicar a manera de justificación la necesidad de los cambios y sus beneficios, no sólo a nivel organizacional, sino a nivel personal.

### 5.1.7 Estrategia de desarrollo

Refiere a la estrategia de desarrollo en lo que hace a la confidencialidad del conocimiento y los procedimientos.

Según Vedder & Turban (1990), se tienen cinco estrategias que a seguir para el desarrollo de sistemas expertos:

- Construido *in house* de forma descentralizada (usuario final).
- Construido *in house* de forma centralizada (área de sistemas).
- Mediante una alianza estratégica con un proveedor de servicios.
- Subcontratar un proveedor de servicios para todo el proceso.
- Comprar uno hecho.

---

**Recomendaciones para la administración:**

- Se recomienda tomar la decisión de la estrategia

dependiendo de la:

- a ) Confidencialidad del conocimiento
- b ) Valor estratégico del conocimiento
- c ) Especialidad del conocimiento

d ) Cantidad de recursos internos calificados y disponibles.

Visto en un diagrama, estos planteamientos quedarían más o menos como sigue; la figura 33 ilustra la ubicación del tipo de construcción de sistema experto que aplica para cada necesidad.

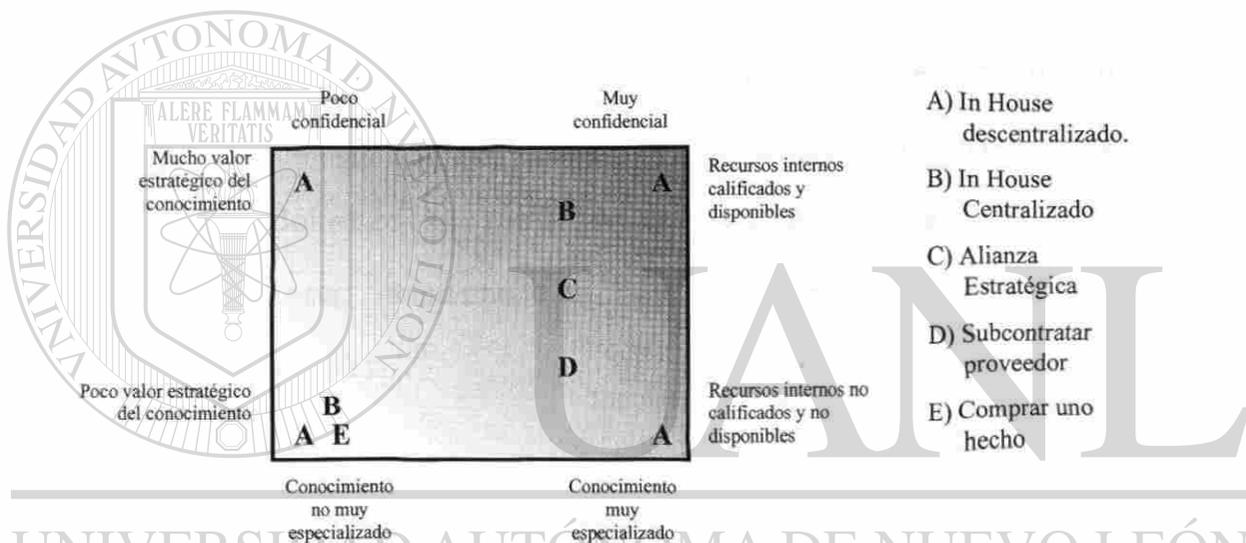


Figura 33: Opciones de construcción de sistemas expertos, recomendado para diferentes escenarios.

#### 5.1.8 Mantenimiento y actualización

Refiere a la forma en que se va a mantener actualizado el contenido del sistema experto para que sea útil.

**Recomendaciones para la administración:**

- Conviene programar sesiones periódicas de modificación y actualización, que de manera sistemática permita mantener la base y que al mismo tiempo permita a los expertos administrar su tiempo.
- Conviene desarrollar aquellos sistemas expertos que será posible mantener, o de otra forma mejor no desarrollarlos, ya que el mayor esfuerzo de un sistema experto es su mantenimiento y no su desarrollo.

5.1.9 Selección de la aplicación

Refiere a la forma de decidir qué sistema experto es más oportuno desarrollar para la organización.

**Recomendaciones para la administración:**

- Una cosa que NO se recomienda es dejar la decisión al personal técnico; el campo de los sistemas

expertos es tan nuevo y retador, que fácilmente perderían la perspectiva del beneficio a obtener ante la presencia de múltiples posibilidades de experimentación.

- Lo ideal es un equilibrio de fuerzas que lleven al sistema experto a ser una herramienta confiable, productiva y justificada.

#### 5.1.10 Soporte

Refiere a los esfuerzos de apoyo al implementar un sistema experto, a fin de que se resuelvan dudas y se amplíe el conocimiento del esquema de trabajo basado en los sistemas expertos.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**Recomendaciones para la administración:**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- Cuando la implantación de un sistema experto involucre compra de hardware, software, estructura de comunicaciones, contratación de servicios, etc. Selecciónese los proveedores con mayor soporte aunque no sean técnicamente los más especializados, poderosos o baratos.

- Si se requiere la contratación de servicios, ponga en primer plano la disponibilidad, ya que es un elemento de soporte relevante.
- Al momento de la implantación establezca una campaña de soporte que cuente con línea telefónica de atención, y de ser posible programe visitas y evaluaciones relámpago.

## 5.2 Administración de la experiencia.

La administración de la experiencia es una tarea estratégica para aquellas industrias que hacen uso intensivo del conocimiento, tales como la banca, los servicios financieros y las aseguradoras. Los vendedores,

agentes y representantes de servicio al cliente enfrentan en su operación diaria un amplio rango de decisiones; manejarse como un experto puede tomar años de práctica y vivencias.

La experiencia adquirida por los empleados es un recurso valioso para las organizaciones, con la dificultad de que es recurso muy abstracto, difícil de documentar. Aprender la administración de la experiencia es básico para

el establecimiento de las bases de conocimiento de una empresa.

La administración de la experiencia se concentra en las siguientes tareas:

- Obtener y facilitar la obtención de experiencia útil en áreas específicas, persiguiendo la simplificación o depuración de procedimientos que deriven en la toma de decisiones que a su vez permitan alcanzar metas predefinidas. (Planeación)
- Documentar o almacenar la experiencia y clasificarla. (Control)
- Distribuir la experiencia entre el personal que la requiere. (Dirección)

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Edward Brent (1996) sostiene que los beneficios de la administración de la experiencia son los siguientes:

- Se obtiene mayor consistencia en la aplicación del conocimiento.
- Se incrementa el acceso a la experiencia.
- Se evita la pérdida de experiencia.
- Facilita el entrenamiento de nuevos empleados.

- Actúa como medio de divulgación.

A continuación se analizarán a detalle cada uno de los referidos beneficios.

#### 5.2.1 Detalle de beneficios que se obtienen al administrar la experiencia.

- a) Se obtiene mayor consistencia en la aplicación del conocimiento

La administración de la experiencia involucra una recopilación de hechos (facts) y reglas (rules) que determinan la forma en que se va a decidir algo,

previniendo los resultados. Conociendo los hechos y las reglas que les aplican, se puede desarrollar una interpretación consistente de los hechos y una aplicación consistente de las reglas, a efecto de obtener resultados igualmente consistentes al momento de inferir una conclusión que les es relativa. Esto es de gran ayuda, ya que la consistencia se verá reflejada en los productos o servicios que la organización desarrolla, y pueda constituir un rasgo diferenciativo de los mismos en el mercado.

b) Se incrementa el acceso a la experiencia

Como parte importante de este beneficio se puede señalar que se evita el sentido anecdótico de la experiencia, en la medida en que se requiere, al momento de su aplicación, su conocimiento a priori.

Se eliminan las ligas entre la experiencia y el poseedor de la misma y sus relaciones organizacionales y personales. La experiencia puede administrarse en base a privilegios formalmente proporcionados, y no en discrecionalidades de índole personal.

Queda dentro de este beneficio la eliminación de ~~restricciones de tiempo y espacio para disponer de la~~ experiencia.

c) Se evita la pérdida de experiencia

Al igual que un empleado que se retira de una compañía no debe llevarse su escritorio, así la experiencia no se debe ir sin que antes haya sido compartida.

La administración de la experiencia permite mantener la experiencia al día y disponible en la compañía, por otro lado, libera de las ligas de responsabilidad para empleados leales que busquen otros ámbitos de trabajo.

d) Facilita el entrenamiento de nuevos empleados

Derivado de la disponibilidad de la experiencia en un medio diferente a los expertos, esta puede ser utilizada sin restricciones de tiempo o espacio.

Los nuevos empleados pueden validar su sentido común y su particular forma de ver las cosas con respecto a las políticas institucionales de decisión.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

e) La administración de experiencia actúa como medio de divulgación.

La administración de la experiencia permite una adecuada distribución del conocimiento. Dentro del conocimiento se incluyen reglas que marcan los límites de acción dentro de la compañía (políticas) y la forma de actuar en determinadas circunstancias (procedimientos).

En una adecuada administración de la experiencia, todos los hechos y reglas que participan como limitantes o guías de acción deben quedar documentadas. Algunas tendencias, tales como la norma ISO 9000, fomentan la documentación de la experiencia, a través de los procesos.

### 5.3 Manejo de la resistencia al cambio.

Uno de los puntos más importantes y delicados al momento en que se pretende administrar la experiencia, es la administración del cambio, que en el caso de los sistemas expertos tiene dos vertientes: la que se presenta en los operadores del sistema y la que se presenta en los expertos.

#### 5.3.1 Resistencia al cambio por parte de los operadores del sistema.

Cuando se habla de resistencia al cambio, se habla de la resistencia que presenta un grupo de personas a cambiar los métodos por medio del los cuales desarrolla sus actividades; en este contexto, las personas se desprenden de viejas prácticas de trabajo, adoptan las nuevas

prácticas y asimilan el cambio. Visto desde un punto de vista general, las personas dependen de su adaptación a los nuevos esquemas para permanecer en las organizaciones; ofrecen su trabajo y lo desarrollan de una manera diferente, aprenden de lo nuevo y ganan valor en la medida en que realicen bien su trabajo bajo las nuevas condiciones; es probable que la experiencia en la antigua forma de trabajo sea útil, pero no es indispensable, y a veces es lo que se desea dejar atrás. Los temores más comunes que originan este tipo de resistencia al cambio es la idea de que la nueva forma de trabajo será más complicada, o bien que será tan fácil que implicará despido de personal que se vuelve prescindible. Esta forma de resistencia al cambio es la que se presentará en los operadores del sistema experto, y sería similar a la que se presentaría por algún cambio de maquinaria o de estructura organizacional.

Se podrá combatir la resistencia al cambio de los operadores de un sistema experto si se les convence que su objeto es utilizar el conocimiento más ampliamente, de tal forma que la misma gente que hace las cosas actualmente las seguirá haciendo con más exactitud y fundamento, con menos errores, y sin depender de la presencia de un experto.

### 5.3.2 Resistencia al cambio por parte de los expertos.

La idea común de resistencia al cambio no aplica para los expertos que participan en un proyecto de sistemas expertos. La utilización de los sistemas expertos se basa en el hecho de que un experto proporciona su conocimiento a fin de que éste sea codificado e introducido en una base de conocimientos disponible para todos los interesados dentro de la organización. El resultado óptimo de un sistema experto es simular el desempeño de un experto, de tal forma que su conocimiento y su contribución intelectual en el desarrollo de ciertas actividades esté disponible de manera electrónica y ampliamente difundida, aun en su ausencia.

Al este respecto, los puntos que hay que vigilar son:

- El capital intelectual de los expertos.
- Futuro de los expertos contra la incertidumbre.
- Funciones de investigación y desarrollo.
- Conocimiento para el desempeño de operaciones y la especialidad generalizada.

**a) El capital intelectual de los expertos.**

El conocimiento de los expertos constituye su capital intelectual, su valor dentro de la organización; el capital intelectual puede estar representado por el conocimiento de terminología, métodos, procesos, capacidades de análisis y diagnóstico, capacidad de conclusión, capacidad de interpretación, etc. El capital intelectual de un experto puede determinar su salario y sus privilegios dentro de la organización, en virtud de que su especialización marca una diferencia entre él y el resto del recurso humano; en otras palabras, el conocimiento del experto es su oferta de trabajo, que atenderá a una demanda (necesidad) de la organización por disponer de dicho conocimiento, mismo por el cual deberá pagar.

Por tal motivo, solicitar a un experto que proporcione su conocimiento resulta complicado en la medida en que la necesidad de sus servicios se vea amenazada; aquí la resistencia al cambio es cuestión de supervivencia dentro de la organización. Los sistemas expertos pueden amenazar a dos necesidades humanas, que son la necesidad de trascender y la necesidad de sobrevivir; el experto puede dejar de ser especial y ver golpeada su autoestima, al

mismo tiempo que se puede quedar sin trabajo y sin un salario que sustente su bienestar personal.

**b) Futuro de los expertos contra la incertidumbre.**

La única forma de vencer la resistencia al cambio por parte de los expertos, es garantizándoles un futuro, ya sea dentro o fuera de la organización. Para que un experto proporcione de manera abierta y útil sus conocimientos, debe saber de antemano qué se espera de él después de haber proporcionado su conocimiento, qué se demandará de él, que podrá ofrecer.

En caso de que el haber proporcionado el conocimiento elimine la necesidad de su presencia, debe garantizarse un ingreso, ya sea en forma de pago por el conocimiento, o bien en forma de regalías. Los términos de tales acuerdos deben ser formalizados, preferentemente a través de un contrato, mismo que elimine la incertidumbre del experto en relación a su futuro. Esto se recomienda, por otro lado, para evitar problemas de tipo legal entre el experto y la organización.

Otra alternativa que se tiene para combatir la incertidumbre del experto con respecto a su futuro, es involucrarlo y considerarlo en nuevos proyectos que

requieran sus servicios y que impliquen un beneficio económico o intelectual para él; en este caso, el experto puede ser el principal interesado en proporcionar sus conocimientos, a fin de involucrarse en los nuevos planes que lo consideran, sin mantener la dependencia que de él se tenga para otra actividad.

**c) Funciones de investigación y desarrollo.**

Las funciones de investigación y desarrollo son excelentes para vencer la resistencia al cambio de los expertos, ya que proporcionan un campo de acción que no es preponderantemente operativo. En ese orden de cosas, el experto se dedica a desarrollar y generar conocimiento, mismo que divulgará en beneficio de la organización a través de cualquier medio, uno de los cuales pueden ser los sistemas expertos. El experto deja de utilizar su conocimiento para el desempeño de operaciones, dedicándose a generar conocimiento para que otros se encarguen de desempeñarlas.

**d) Conocimiento para el desempeño de operaciones y especialidad generalizada.**

El conocimiento, una vez desarrollado, puede ponerse a disposición del personal no experto para el desempeño de operaciones; se da el fenómeno de la especialidad generalizada, es decir, todos son especialistas en las actividades soportadas por los sistemas expertos, aun y cuando no posean los conocimientos suficientes y necesarios para entender la forma de actuar del sistema experto y los criterios que toma.

Lo importante de la especialidad generalizada es que permite a personal no experto de ocuparse de actividades que con anterioridad debía realizar el experto; si este tipo de especialidad se presenta, el

---

experto podrá orientar sus esfuerzos en aquellas actividades de desarrollo e investigación que más le satisfacen, su contribución a la organización estará basada en el saber y no en el hacer, lo que permite que se resista muy poco con respecto a brindar sus conocimientos.

Si la especialidad generalizada no se da, el experto será quien debe realizar el trabajo operativo; en el momento en que el sistema experto pueda desarrollar el trabajo del experto, en ese momento puede considerarse la contratación de personal menos especializado, más barato,

para sustituirlo; este panorama generaría mucha resistencia al cambio, y el experto puede negarse a proporcionar su conocimiento a fin de seguir siendo necesario.

#### **5.4 Sistemas expertos y el conocimiento como herramienta competitiva.**

Uno de los preceptos básicos de la ventaja competitiva menciona que se debe romper el orden de las cosas que rigen a un mercado para definir un nuevo orden que proporcione una posición más ventajosa. Los mercados globales y la competitividad hacen que las empresas busquen nuevos caminos que proporcionen ventaja competitiva. El objetivo es entonces ser más competitivos, lo que a la larga puede significar la subsistencia de las empresas.

Las áreas de tecnología de información tienen el reto de poder ser reconocidas como poderosos motores de cambio que proporcionen ventaja competitiva a las empresas. El "ser" competitivo depende del "hacer" competitivo.

### 5.3.1 Concepto de ventaja competitiva de Michael Porter.

Michael Porter (1994) sostiene que la ventaja competitiva se puede lograr, entre otras causas, por costo, diferenciación, o una combinación de ambas. El conocimiento y la información pueden ayudar a hacer más eficientes los procedimientos, reducir los costos, y por tanto el precio. Por otro lado una adecuada administración del conocimiento, cuando es trasladado a manera de mejoras al producto o servicio que el cliente consume, puede constituir un elemento de diferenciación. El conocimiento, la información y los medios e infraestructura para llegar a ellos son recursos; la disponibilidad de los mismos puede ser crítico para la ventaja competitiva.

Dicho en palabras de Michael Porter:

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

***"En el centro de la estrategia tecnológica está el tipo de ventaja competitiva que la empresa está tratando de lograr. Las tecnologías que deben ser desarrolladas son aquellas que contribuirán al máximo a la estrategia genérica de la organización, siempre teniendo presente las probabilidades de éxito que se tienen al desarrollarlas."***

5.3.2 Posturas que permiten evaluar la capacidad de los sistemas expertos para ser herramientas competitivas.

Podemos evaluar la capacidad de los sistemas expertos para ser herramientas competitivas mediante varias posturas:

- Cadena de valor.
- Marco de análisis de fuerzas competitivas de Michael Porter.
- Cuestionamientos para la identificación de oportunidades de ventaja competitiva de McFarlan.
- Modelo Causal de ventaja competitiva de Bakos &

---

Tracy.

- Distribución del conocimiento.

A continuación se detallan cada una de las posturas anteriormente citadas.

### 5.3.2.1 Cadena de valor

La cadena de valor analiza el valor agregado que le da al producto o servicio la participación de todos los involucrados desde la obtención de insumos hasta la distribución y venta de los productos y servicios. Comienza con la actividad, recursos y esfuerzos del proveedor y concluye con el cliente. La extensión de la cadena puede exceder las relaciones directas.

Los sistemas expertos pueden contribuir a la ventaja competitiva porque muy seguramente se toman decisiones basadas en el conocimiento en la cadena de valor. Un sistema experto puede ser protagonista en una cadena de valor, incrementar la capacidad de decisión de una organización proporcionando velocidad y consistencia, o constituir en si mismos nuevos servicios.

### 5.3.2.2 Marco de análisis competitivo de Michael Porter (1980)

Si consideramos el modelo de fuerzas competitivas de Michael Porter, podemos determinar que estas se pueden ver

afectadas con el uso de sistemas expertos en los casos siguientes:

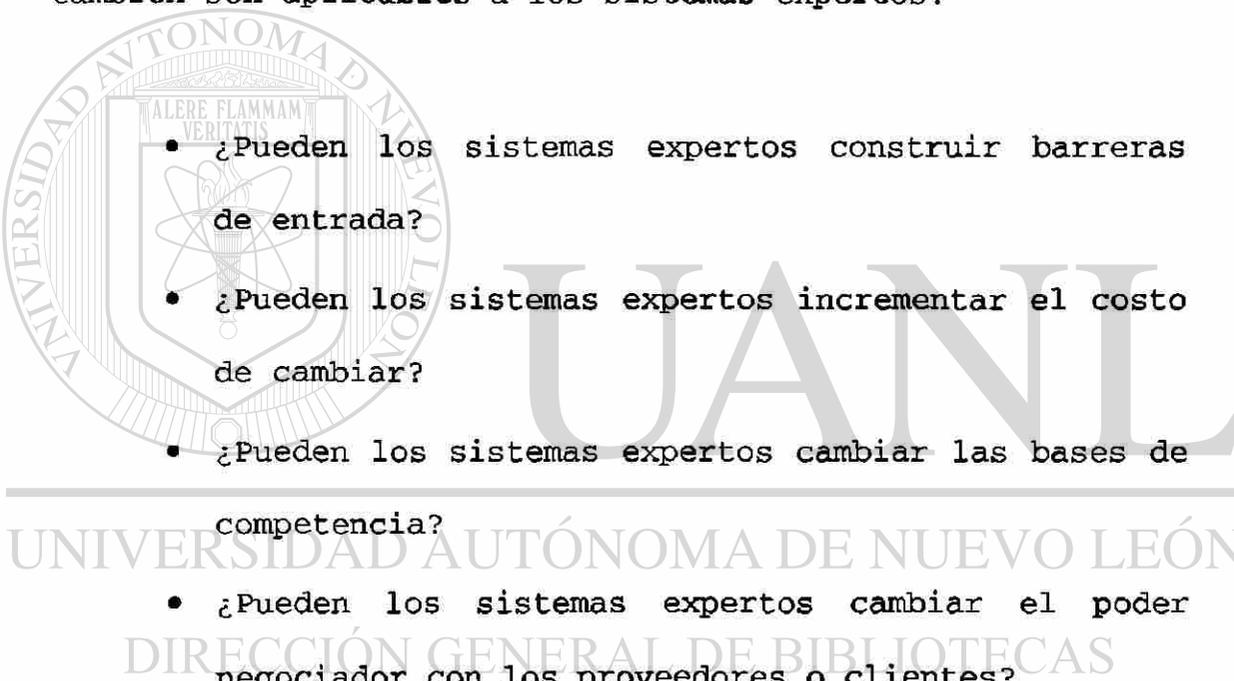
- Cuando la organización cuenta con una gran base de conocimientos y experiencia que constituya para otras organizaciones una fuerte barrera de entrada.
- Cuando un sistema experto interorganizacional le permite a nuestros proveedores conocer la tendencia de las decisiones de la compañía, lo que permite planear su producción o disponibilidad sobre bases más confiables que se ven reflejadas en el precio y en el control del poder negociador. Aquí se requieren alianzas estratégicas.

- 
- Cuando un sistema experto permite hacer una mejor segmentación de mercado y análisis de tendencias no lineales basados en la heurística.

- Cuando un sistema experto permite innovar productos.

5.3.2.3 Cuestionamientos para la identificación de oportunidades de ventaja competitiva de McFarlan (1984).

McFarlan ofreció una serie de cuestionamientos que permiten determinar si realmente los sistemas de información en la compañía tienen la suficiente relevancia como para constituirse como herramientas de ventaja competitiva. Si cualquiera de las siguientes preguntas tiene respuesta afirmativa, los sistemas de información son factores estratégicos relevantes. Estos cuestionamientos también son aplicables a los sistemas expertos:

- 
- ¿Pueden los sistemas expertos construir barreras de entrada?
  - ¿Pueden los sistemas expertos incrementar el costo de cambiar?
  - ¿Pueden los sistemas expertos cambiar las bases de competencia?
  - ¿Pueden los sistemas expertos cambiar el poder negociador con los proveedores o clientes?
  - ¿Pueden los sistemas expertos generar nuevos productos?

5.3.2.4 Modelo causal de ventaja competitiva de Bakos & Tracy (1986).

Análisis basado en la distribución del conocimiento y su contribución a la ventaja competitiva:

- El conocimiento es un factor que aplicado correctamente en los procedimientos reduce los costos y permite brindar un mejor precio de productos o servicios.
- Su adecuada difusión y utilización puede soportar servicios muy variados que pueden ser capitalizables.
- Existe una diferencia entre lo que ofrece alguien que sabe y alguien que no sabe, de tal forma que la diferenciación es inherente.
- ¿Dónde está el conocimiento que puede darme ventaja competitiva?

Visto gráficamente, el planteamiento de Bakos & Tracy sería como se muestra en la figura 34:

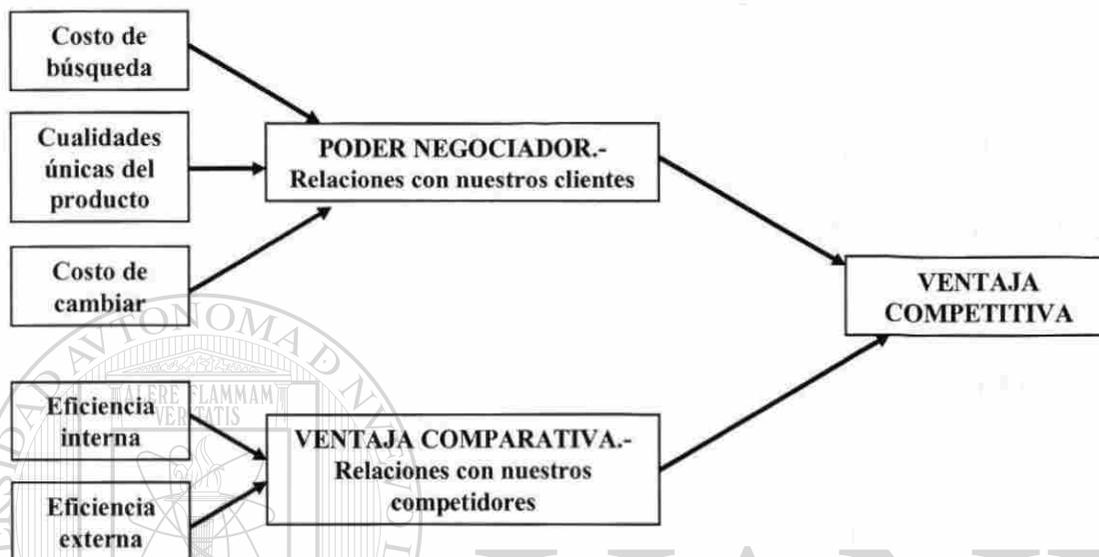


Figura 34: Modelo causal de ventaja competitiva según Bakos & Tracy.

Saber manejar el conocimiento y la experiencia puede llevarnos a obtener ventaja competitiva, pero muy importante también es saber dónde está el conocimiento y cómo lo vamos a hacer llegar a los destinatarios adecuados, a efectos de que lo capitalicen como recurso.

La buena distribución del conocimiento depende de varios factores:

- Que el conocimiento llegue a los lugares indicados.
- Que el conocimiento sea fácilmente rastreable.
- Que el conocimiento esté disponible en todo momento.
- Que el conocimiento esté protegido contra personas no autorizadas.
- Que el conocimiento sea consistente en todo momento para todos los consultantes.
- Que el conocimiento permita fácilmente consultar otros conocimientos relacionados.

Para ello es indispensable saber dónde se encuentra el conocimiento, y cuáles son los mecanismos más efectivos para su distribución; analizando un poco los esquemas actuales, podemos decir que la difusión puede ser tradicional (métodos convencionales, no electrónicos) y puede ser automatizada (métodos a través de herramientas modernas de cómputo). La figura 35 ilustra las ubicaciones comunes en donde se encuentra el conocimiento,

así como los diversos medios de divulgación y almacenamiento que pueden ser utilizados.

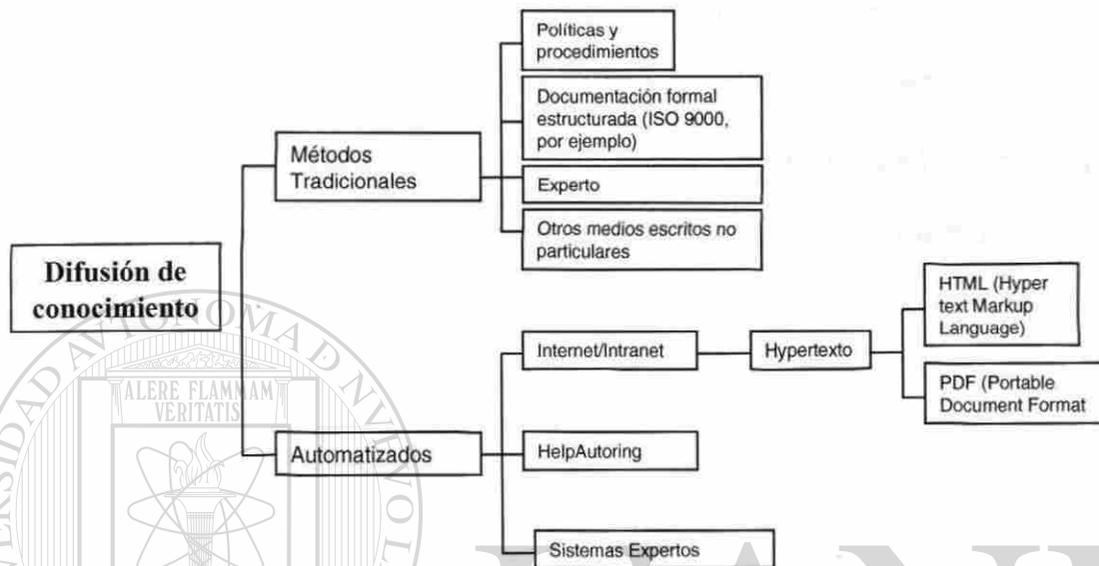


Figura 35: Distribución de conocimientos y tecnología utilizada para su divulgación.

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

El saber dónde está el conocimiento y cómo distribuirlo no es suficiente, también se requiere que el conocimiento en sí constituya una contribución a la ventaja competitiva, por cualquiera de las siguientes vías:

- Que el conocimiento agilice los procedimientos.
- Que el conocimiento reduzca los costos.
- Que el conocimiento, su obtención y distribución, no constituya un costo no recuperable.

- Que el conocimiento haga diferente nuestros productos o servicios.
- Que el conocimiento no lo tenga el competidor.
- Que el conocimiento sea consistente y que esa consistencia sea parte del producto o servicio.
- Que el conocimiento sea manejable de tal forma que nos permita incrementar los costos de cambiar para el cliente.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# CAPÍTULO 6

## CONCLUSIONES

### 6.1 Secuencia recomendada para implantar sistemas expertos de manera exitosa.

En el transcurso de la presente tesis fueron definidas y explicadas las particularidades de los sistemas expertos, su composición y los métodos para su desarrollo; de igual manera se refirieron consideraciones administrativas que favorecen el éxito en su implantación en los negocios.

Es objeto del presente documento no sólo divulgar la teoría de los sistemas expertos, sino también definir una referencia organizada de cómo utilizar el marco teórico de los sistemas expertos, proporcionando guías precisas que conduzcan a la implantación de los mismos con el fin de que constituyan una herramienta para la competitividad. Es necesaria tal definición para evitar una equivocada apreciación de lo expuesto como marco teórico o una equivocada aplicación de la metodología de desarrollo que la tesis plantea.

A efecto de proporcionar una estructura formal y ordenada que permita la implantación adecuada de los sistemas expertos, se propone un esquema de hojas de trabajo, que de manera concluyente sirva para dar coherencia al marco teórico, utilizando las metodologías descritas en el presente documento.

La unidad básica a representar en las hojas de trabajo le denominaremos "tarea"; de hecho, el procedimiento que se detalla en este capítulo sugiere la secuencia ideal de ejecución de tareas; cada tarea tendrá su objetivo específico, podrá ser ejecutada de manera única o simultánea con otra, podrá requerir tareas precedentes o podrá ser precedente de tareas posteriores; adicionalmente, cada una de las tareas podrá ser comprobada mediante cuestionamientos directos que una persona determinada como responsable debe contestar.

Las hojas de trabajo propondrán el orden cronológico de la ejecución de las tareas y los resultados mínimos satisfactorios de cada una de ellas.

En el desarrollo de este capítulo referimos como proceso de "implantación de sistemas expertos" al conjunto de actividades que abarcan desde el análisis y justificación del proyecto, desarrollo administrativo y técnico, instalación, capacitación e integración de los

sistemas expertos al esquema de trabajo de la organización. Las tareas involucradas en el proceso de implantación de sistemas expertos se refieren en la figura 36, que se muestra a continuación.

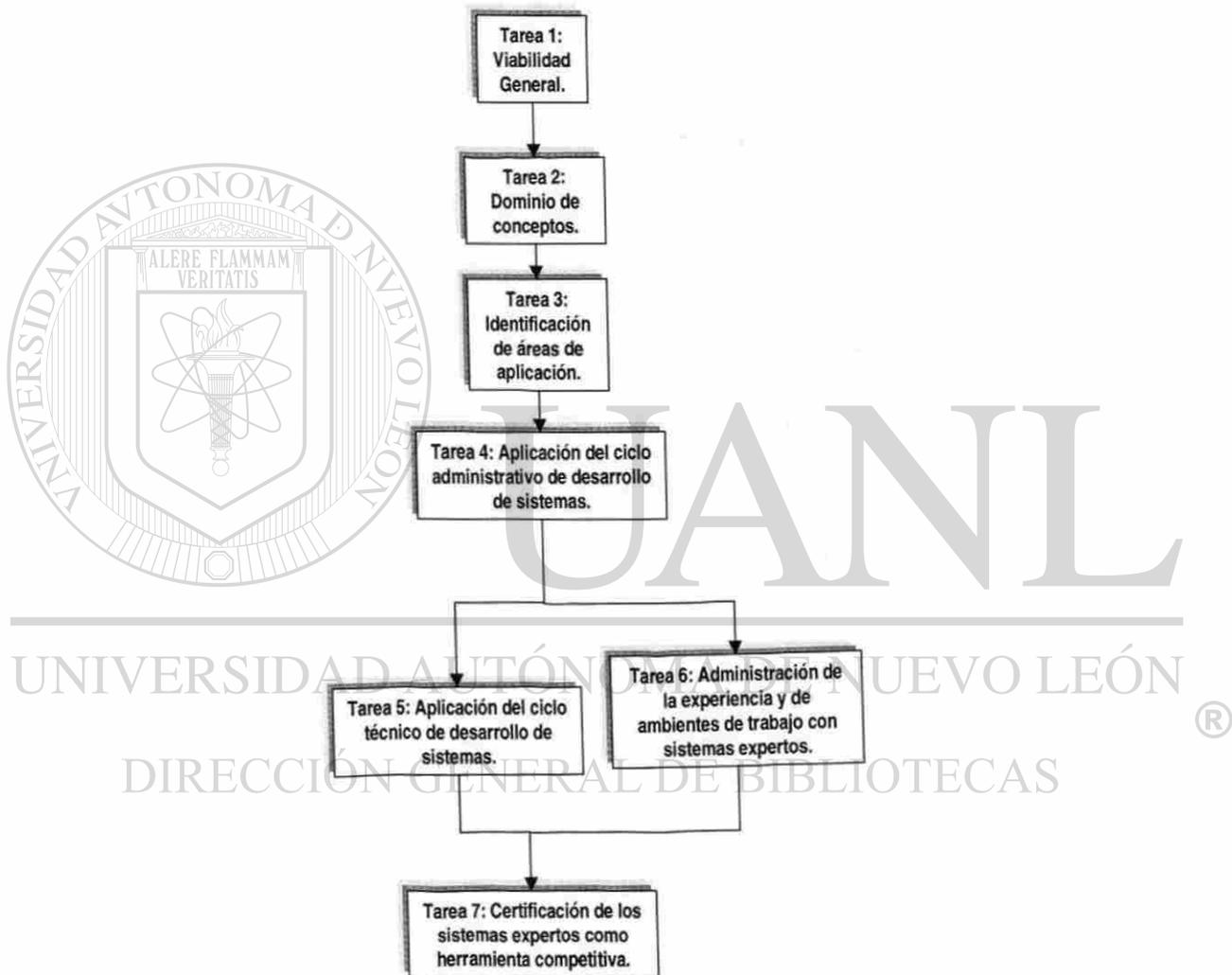


Figura 36: Tareas que componen el proceso de implantación de sistemas expertos.

### 6.1.1 Tarea 1: Viabilidad general.

Requisito: Ninguno.

Objetivo: Reconocer mediante una observación objetiva y general las condiciones existentes en la organización, en relación a su estructura e intereses con respecto a la informática, a efecto de considerar la posibilidad y conveniencia de proponer la implantación de un sistema experto.

Esta tarea es muy importante y deberá ser efectuada por un promotor de los sistemas expertos antes de cualquier desarrollo. Posiblemente sea la tarea que marca el inicio de los sistemas expertos en una organización; no siempre deriva de esta tarea un resultado satisfactorio que

---

concluya en la implantación de un sistema experto, aunque eso no siempre es negativo en la medida en que evita incurrir en los costos innecesarios de haber decidido el desarrollo de una herramienta de tecnología cuando la organización no está preparada para ello.

La tarea de viabilidad general se divide en dos actividades primordiales; la primera, reconocer el conocimiento como recurso dentro de la organización; la segunda, reconocer que en la organización la informática y los intereses relativos a los recursos de información son

los adecuados para pretender el éxito de un proceso de implantación de sistemas expertos, en otras palabras, el análisis de viabilidad general evita que el desarrollo de un sistema experto sea un proceso destinado al fracaso, lo que algunos llamarían DOA ("dead on arrival").

En esta tarea sólo se involucra un promotor que considera a los sistemas expertos como posible solución a un problema o área de oportunidad. Se entiende que el promotor tiene conocimiento de la teoría de los sistemas expertos al nivel que se describe en la tarea 2; esto es necesario en virtud de que no se puede partir de cero. En la tarea 2 se hace referencia a un promotor, que no necesariamente es el mismo que en esta tarea.

Se deberá contestar a las siguientes preguntas al realizar esta tarea (tabla 7).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 7.

## TAREA 1: VIABILIDAD GENERAL.

#	Responsable de contestar	Cuestionamiento	Respuesta	Mínimo satisfactorio
1.1	Promotor	¿Las decisiones más importantes que determinan el éxito o el fracaso de los procesos del negocio están basadas en el conocimiento?		<b>Sí</b>
1.2	Promotor	¿Se presume que existe gente que puede adoptar roles propios de un desarrollo de sistemas expertos (experto, promotor, coordinador del proyecto, técnico)?		<b>Sí/No</b>
1.3	Promotor	¿Se pueden identificar indicios claros de que la organización se encuentra al final de la etapa de la información o dentro de la etapa de madurez de Richard Nolan?		<b>Sí</b>
1.4	Promotor	¿En la organización se le reconoce al conocimiento como recurso? Puede saberse fácilmente: analice si el personal que sabe más es el mejor posicionado y remunerado en la organización.		<b>Sí</b>
1.5	Promotor	¿La organización no depende de medios de acumulación de conocimientos en un formato definido de aplicación obligatoria?		<b>Sí</b>

### 6.1.2 Tarea 2: Dominio de conceptos.

Requisito: Que se tenga viabilidad general para la implantación de sistemas expertos en la organización.

Objetivo: Garantizar que el personal involucrado en el proceso de implantación de sistemas expertos tiene los conocimientos suficientes y necesarios en relación a los mismos, a efecto de ser aptos para desarrollar un proceso de implantación de los mismos de manera exitosa.

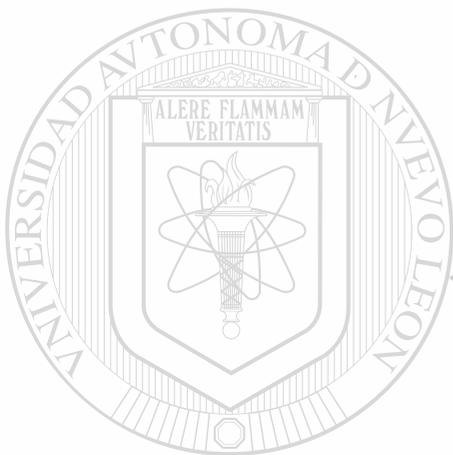
La persona que pretenda involucrarse de lleno en un proyecto de implantación de sistemas expertos debe dominar, antes que nada, los conceptos básicos, teóricos relativos al tema; deberá dominar los conceptos comunes manejados por todos los participantes en el proceso lo cual facilita la comunicación y permite estar en posibilidades de resolver problemas y preguntas cuya solución está en la teoría. Se deberá contestar a las siguientes preguntas al realizar esta tarea (tabla 8).

Tabla 8.

## TAREA 2: DOMINIO DE CONCEPTOS.

#	Responsable de contestar	Cuestionamiento	Respuesta	Mínimo satisfactorio
2.1	Promotor, Técnico Coordinador del proyecto, Ingeniero del conocimiento	¿Domina la teoría de los sistemas expertos, tal como definiciones, arquitectura, tipologías y características particulares que los diferencian de los sistemas de información convencionales?		Sí
2.2	Promotor, Coordinador del proyecto.	¿Domina los conceptos de administración de ambientes de trabajo con sistemas expertos?		Sí
2.3	Promotor, Coordinador del proyecto.	¿ Domina los alcances y limitaciones de los sistemas expertos y su relación comparativa con otras formas de acumulación de conocimientos?		Sí
2.4	Promotor, Coordinador del proyecto.	¿Domina la teoría de administración de la experiencia y el uso de sistemas expertos como herramienta competitiva?		Sí
2.4	Promotor, Coordinador del proyecto.	¿Domina la teoría del ciclo administrativo de desarrollo de los sistemas expertos y tiene la preparación administrativa necesaria para poder desarrollarlo de manera real?		Sí
2.5	Promotor, Coordinador del proyecto.	¿Conoce los factores y condiciones que favorecen la implantación de los sistemas expertos (factores críticos de éxito)?		Sí
2.6	Técnico, Ingeniero del conocimiento, Coordinador del proyecto.	¿Domina los conceptos del ciclo técnico de desarrollo de sistemas expertos y tiene la preparación técnica necesaria para desarrollarlo de manera real?		Sí

2.7	Técnico, Ingeniero del conocimiento, Coordinador del proyecto.	¿Domina la teoría de las reglas, tipos de razonamiento y mecanismos de inferencia?		<b>Sí</b>
2.8	Técnico, Ingeniero del conocimiento, Coordinador del proyecto.	¿Domina la teoría y técnicas de representación formal de los diferentes tipos de conocimiento?		<b>Sí</b>
2.9	Técnico, Ingeniero del conocimiento, Coordinador del proyecto.	¿Domina la teoría de manejo y cálculo de incertidumbre?		<b>Sí</b>



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 6.1.3 Tarea 3: Identificación de áreas de aplicación.

**Requisito:** Que el personal involucrado en el proceso de implantación de sistemas expertos tenga dominio teórico de los sistemas expertos en las áreas de su competencia.

**Objetivo:** Analizar los diversos procesos de negocio de la organización y su dependencia con respecto al conocimiento, con la finalidad de identificar alguna actividad como área de aplicación para los sistemas expertos.

Las principales fases de esta tarea son:

- Identificación de procesos de negocio.
- Fragmentación de procesos de negocios en

subprocesos.

- Identificación de decisiones que garantizan el éxito en un subproceso.

- Determinación de la relación entre las decisiones y el conocimiento formulable.

a) Identificación de procesos de negocio.

Primeramente se deben identificar los procesos de negocio, es decir, aquellas actividades que le dan razón de ser a la organización, y sin las cuales ésta no existiría. Generalmente son las actividades que se refieren cuando se define la misión de la organización; tienen más que ver con los fines a obtener que con los procedimientos que se utilizará para alcanzar dichos fines.

b) Fragmentación de procesos de negocio en subprocesos.

Los procesos de negocio pueden ser muy generales, tales como "producir" o "comercializar"; se recomienda, una vez que se identifican los procesos de negocio, subdividirlos en subprocesos o actividades más manejables; los criterios para la subdivisión pueden ser muy variados: momento de ejecución, personal involucrado, producto obtenido, lineamientos organizacionales, entre otros. El objetivo es encontrar una actividad que de manera conceptual tenga entradas y salidas claramente determinadas y que mediante el uso de conocimiento obtengan un fin

concreto; las dimensiones del subproceso son muy diversos y el alcance de la actividad a analizar afecta directamente a la complejidad de la formulación del conocimiento.

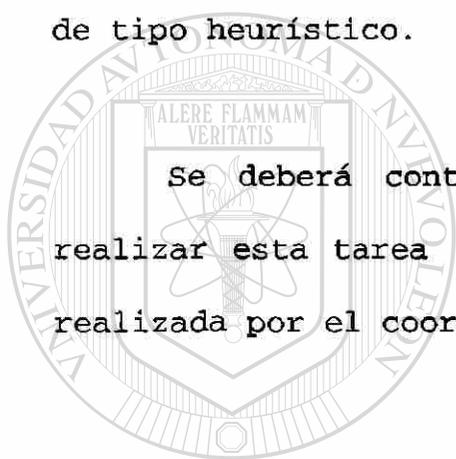
- c) Identificación de decisiones que garantizan el éxito en un subproceso.

Se deberán determinar aquellas decisiones que determinan el éxito o fracaso en la ejecución de los subprocesos de negocio; es importante identificar dichas decisiones, ya que generalmente repercuten en la calidad del producto final o servicio que la organización desarrolla. Tomemos en cuenta que los sistemas expertos utilizan los datos de entrada para someterlos a un conocimiento y realizar decisiones que de otra forma los expertos tendrían que hacer; si los sistemas expertos no simularan el proceso de toma de decisiones que hace un experto, serían sistemas de información convencionales; las decisiones que en este punto se refieren deben ser identificadas, ya que son candidatas a ser tomadas por los sistemas expertos en un momento dado.

d) Determinación de la relación entre decisiones y conocimiento formulable.

Se debe determinar si las decisiones son tomadas en base al conocimiento, y éste se puede ser formulado de tal manera que la computadora pueda aprovecharlo. Como principal característica está que el conocimiento debe ser de tipo heurístico.

Se deberá contestar a las siguientes preguntas al realizar esta tarea (tabla 9). La recopilación debe ser realizada por el coordinador del proyecto.



UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Tabla 9.

**TAREA 3: ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE DECISIONES Y CONOCIMIENTO FORMULABLE.**

Proceso	Subproceso	Decisión que determina el éxito o fracaso del subproceso.	¿La decisión basa su resultado en la aplicación de conocimiento heurístico?	¿El conocimiento en el que se basa el resultado de la decisión es formulable?
		Mínimo Satisfactorio →	Sí	Sí

**6.1.4 Tarea 4: Aplicación del ciclo administrativo de desarrollo de sistemas expertos.**

**Requisito:** Tener identificadas plenamente las áreas (subprocesos de negocios) en donde se puede aplicar el

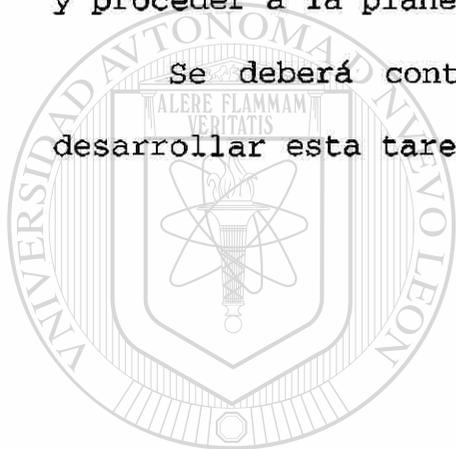
ciclo administrativo de desarrollo de sistemas expertos.

**Objetivo:** Presentar y proporcionar información concreta de los proyectos de sistemas expertos, a efecto de tomar la decisión de integrarlos o no como herramientas competitivas, en base a su viabilidad logística y económica.

Se requiere realizar la venta de la idea, convenciendo a una audiencia adecuada de que los sistemas expertos proporcionan ventajas con respecto a la forma en que operamos actualmente; se identificarán las aplicaciones

potenciales dentro de los subprocesos de negocios en los que tengamos más evidencia para sostener que son campos propicios para operar con sistemas expertos. Se deberá evaluar la viabilidad de cada una de las aplicaciones potenciales, logística y económicamente, de tal forma que el desarrollo del sistema sea posible y con alto grado de probabilidades de éxito; se deberá seleccionar un proyecto y proceder a la planeación de su desarrollo.

Se deberá contestar a las siguientes preguntas al desarrollar esta tarea (tabla 10).



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Tabla 10.

## TAREA 4: APLICACIÓN DEL CICLO ADMINISTRATIVO DE DESARROLLO DE SISTEMAS

## EXPERTOS.

#	Responsable de contestar	Cuestionamiento	Respuesta	Mínimo satisfactorio
4.1	Promotor, Coordinador del proyecto.	¿Se realizó la presentación ejecutiva de venta de idea de sistemas expertos y la audiencia de alto nivel entendió qué son los sistemas expertos y qué no son, y consideran seriamente dicha tecnología como herramienta competitiva?		Sí
4.2	Promotor, Coordinador del proyecto.	¿Dentro de la presentación se expusieron áreas de oportunidad de la organización en donde los sistemas expertos pueden ser de utilidad?		Sí
4.3	Promotor, Coordinador del proyecto.	¿El personal de alto nivel propuso actividades concretas que garantizan seguimiento a lo tratado en la reunión, estableciéndose compromisos al respecto?		Sí
4.4	Promotor, Coordinador del proyecto, Patrocinador, Técnico.	¿Se identifican aplicaciones potenciales, tomando en cuenta las consideraciones relativas a la organización, experto, usuarios y tarea a automatizar?		Sí
4.5	Promotor, Coordinador del proyecto, Patrocinador, Técnico.	¿Se realizó el análisis de viabilidad y la evaluación económica de manera profunda y completa, de tal forma que se tengan elementos confiables para seleccionar un proyecto para su realización?		Sí
4.6	Promotor, Coordinador del proyecto, Patrocinador, Técnico.	¿Se seleccionó un proyecto de entre las aplicaciones potenciales, y la selección es reconocida por la organización?		Sí
4.7	Promotor, Coordinador del proyecto, Patrocinador, Técnico.	¿Se planeó el proyecto como todo proyecto de inversión en la organización (asignación de recursos humanos y económicos, tiempos, tareas, etc.)?		Sí

6.1.5 Tarea 5: Aplicación del ciclo técnico de desarrollo de sistemas expertos.

Requisito: Tener seleccionado un proyecto de sistemas expertos para su desarrollo, así como los recursos y la planeación para realizarlo.

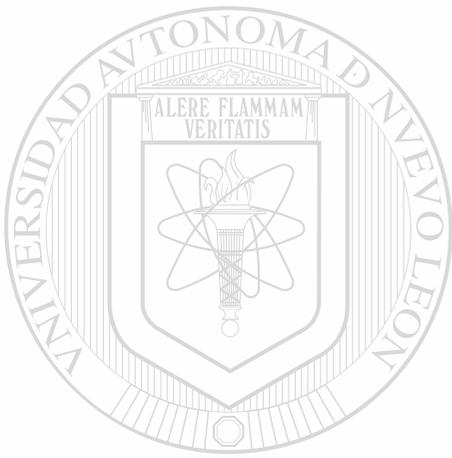
Objetivo: Desarrollar el sistema experto de acuerdo a las expectativas de la organización, cumpliendo con las metodologías y formalismos que permitan su mantenimiento.

En este punto se analiza más a fondo el problema que se pretende solucionar con el sistema experto, se define más específicamente el costo y los beneficios del sistema experto; se debe realizar el análisis de tareas, determinar su secuencia y el conocimiento que manejan; se debe desarrollar un prototipo que permita analizar las entradas

, salidas y procesos del sistema experto, en forma de casos reales que validen la eficiencia del motor de inferencia; se debe pulir el desarrollo hasta que el resultado obtenido con respecto a las interfaces y de inferencia sean los esperados. Se deberán realizar pruebas de campo en ambientes reales, y una vez que se comprueba que funciona adecuadamente, se debe instalar el producto en las áreas en que aplique, incluyendo en el proceso la capacitación. Después de eso, se deben establecer los mecanismos para garantizar la actualidad del conocimiento manejado por los

sistemas experto, de tal forma que siempre sea lo más confiable posible.

Se deberá contestar a las siguientes preguntas en el desarrollo de la tarea (tabla 11).



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 11.

## TAREA 5: APLICACIÓN DEL CICLO TECNICO DE DESARROLLO DE SISTEMAS

## EXPERTOS.

#	Responsable de contestar	Cuestionamiento	Respuesta	Mínimo satisfactorio
5.1	Coordinador del proyecto, Técnico, Ingeniero del conocimiento.	¿Se identificaron de manera detallada los problemas que pretende resolver el sistema experto, son comprendidos por todos los involucrados en el desarrollo?		Sí
5.2	Coordinador del proyecto, Técnico, Ingeniero del conocimiento.	¿Se entienden las tareas involucradas en el problema a resolver, la secuencia en que ocurren, y el conocimiento involucradas en ellas?		Sí
5.3	Coordinador del proyecto, Técnico, Ingeniero del conocimiento.	¿Se propusieron casos de estudio significativos y se probaron los avances en un prototipo?		Sí
5.4	Coordinador del proyecto, Técnico, Ingeniero del conocimiento.	¿Se desarrolló el sistema experto basado en el prototipo, comprobándose su efectividad con casos y usuarios reales y diversos?		Sí
5.5	Coordinador del proyecto, Técnico, Ingeniero del conocimiento.	¿Se instaló el sistema, se capacitó en su uso y se brindó asesoría y soporte oportuno para que el sistema se integre como herramienta de trabajo que nos haga más competitivos?		Sí
5.6	Coordinador del proyecto, Técnico, Ingeniero del conocimiento.	¿Se estableció un esquema de mantenimiento que garantiza que el sistema será confiable y que se mantendrá operando el tiempo planeado?		Sí

6.1.6 Tarea 6: Administración de la experiencia y de ambientes de trabajo con sistemas expertos.

Requisito: Tener seleccionado un proyecto para su desarrollo, así como los recursos y la planeación para realizarlo.

Objetivo: Establecer el ambiente organizacional adecuado para el éxito en la implantación de sistemas expertos y así como el uso y disposición de la experiencia, mediante el uso de técnicas administrativas.

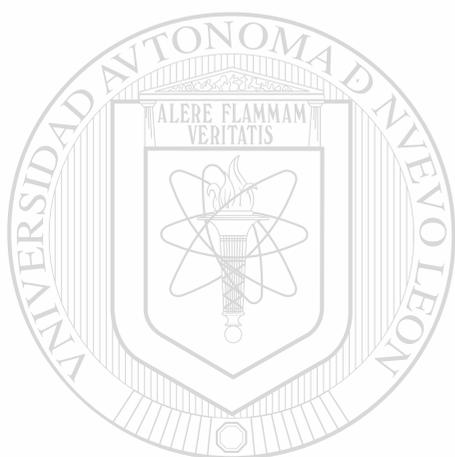
Es indispensable controlar los elementos que afectan al proceso de implantación de sistemas expertos que no forman parte de las fases de desarrollo administrativo y técnico de los sistemas expertos.

Se deben administrar los mecanismos de motivación y recompensa, de estructuras de salario, aspectos legales, responsabilidad social, resistencia al cambio, línea de costos, estrategias de desarrollo, programación de mantenimiento, selección de la aplicación y mecanismos de soporte.

Asimismo, se debe decidir por las medidas que sean necesarias para asegurar la consistencia de la aplicación del conocimiento, mejorar la disponibilidad al mismo, evitar la pérdida del conocimiento, documentar conceptos y

procesos, mismos que puedan ser empleados para capacitación.

Se deberá contestar a las siguientes preguntas en el desarrollo de la tarea (tabla 12).



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Tabla 12.

**TAREA 6: ADMINISTRACIÓN DE LA EXPERIENCIA Y DE AMBIENTES DE TRABAJO CON SISTEMAS EXPERTOS.**

#	Responsable de contestar	Cuestionamiento	Respuesta	Mínimo satisfactorio
6.1	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Se dejó claro que el sistema experto es una herramienta que no busca sustituir al personal?		Sí
6.2	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Se buscó qué satisfactores motivarán a los involucrados en el desarrollo de sistemas expertos para proporcionarles satisfacción y seguridad durante el proceso de desarrollo y con posterioridad a él?		Sí
6.3	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Se tienen diferenciados los niveles de salario en base a habilidades y responsabilidades, y estos se manejan de forma secreta?		Sí
6.4	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Se verificó que el sistema experto no viola disposiciones legales de ningún tipo, incluyendo derechos de autor sobre el conocimiento?		Sí
6.5	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿El uso de sistemas expertos no perjudica el contexto social (integración al grupo, sentido de lealtad, etc.) del personal?		Sí
6.6	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿El sistema experto contribuye marginalmente a las utilidades de la organización?		Sí
6.7	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿El sistema experto se justifica financieramente?		Sí

6.8	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Mediante capacitación y exposición de motivos se trabajó para eliminar la resistencia al cambio?		<b>Sí</b>
6.9	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Se seleccionó la opción más adecuada de desarrollo del sistema experto, en base a los recursos disponibles de la organización y su contexto?		<b>Sí</b>
6.10	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Se estableció un programa de mantenimiento continuo del conocimiento contenido en el sistema experto?		<b>Sí</b>
6.11	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿La selección del proyecto de sistemas expertos se realizó considerando los aspectos técnicos, administrativos y organizacionales en su conjunto?		<b>Sí</b>
6.12	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Se establecieron mecanismos de soporte de alta disponibilidad que garantice atención a dudas e inquietudes con respecto a los sistemas expertos?		<b>Sí</b>
6.13	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Se seleccionaron proveedores confiables y con prestigio, de tal forma que puedan garantizar continuidad en el soporte, así como disponibilidad?		<b>Sí</b>
6.14	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Se documentaron los conceptos y procesos de tal forma que son aprovechados de manera consistente por la organización?		
6.15	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Se definieron los mecanismos para poner a disposición el conocimiento en forma y oportunidad, de manera selectiva, al personal de la organización?		<b>Sí</b>

6.1.7 Tarea 7: Certificación de los sistemas expertos como herramienta competitiva.

Requisito: Tener desarrollado el sistema experto y haber definido las medidas administrativas para mejorar los esquemas de trabajo con sistemas expertos y manejo de la experiencia.

Objetivo: Comprobar, mediante diferentes posturas teóricas, la utilidad de los sistemas expertos como herramientas para la competitividad.

Analizando los diferentes elementos involucrados en el uso de los sistemas expertos, así como los beneficios esperados de los mismos, se puede evaluar desde diferentes apreciaciones la forma en que los sistemas expertos se constituyen como motores de cambio que hacen más

---

competitiva una organización.

Se puede evaluar el papel que desempeñan los sistemas expertos como herramientas para la competitividad desde diferentes enfoques: Cadena de valor, marco de análisis de fuerzas competitivas de Michael Porter, cuestionamientos para la identificación de oportunidades de ventaja competitiva de McFarlan, modelo causal de ventaja competitiva de Bakos & Tracy y distribución del conocimiento.

Se deberá contestar a las siguientes preguntas en el desarrollo de esta tarea (tabla 13).

Tabla 13.

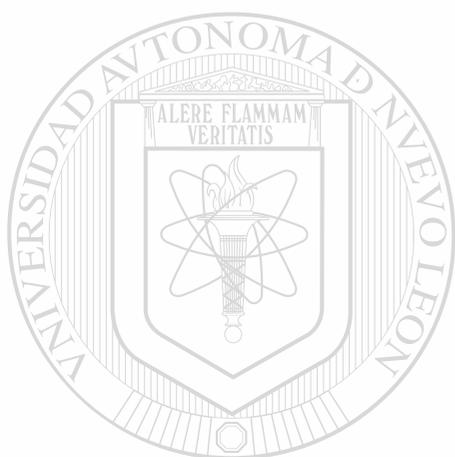
**TAREA 7: CERTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS EXPERTOS COMO HERRAMIENTAS**

**COMPETITIVAS.**

#	Responsable de contestar	Cuestionamiento	Respuesta	Mínimo satisfactorio
7.1	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿El sistema experto contribuye con la toma de decisiones que contribuyen a los objetivos de la organización, dentro de la cadena de valor?		Sí
7.2	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿El sistema experto constituye un elemento importante que incrementa las fuerzas competitivas de la organización, según el enfoque propuesto por Michael Porter?		Sí
7.3	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Los sistemas expertos constituyen áreas de oportunidad de ventaja competitiva según el enfoque propuesto por McFarlan?		Sí
7.4	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Los sistemas expertos distribuyen el conocimiento de tal forma que contribuyen a la ventaja competitiva según el enfoque propuesto por Bakos & Tracy?		Sí
7.5	Coordinador del proyecto, Administración de la organización.	¿Los sistemas expertos distribuyen el conocimiento de tal forma que contribuyen a la ventaja competitiva?		Sí

## 6.2 Los sistemas expertos como herramienta competitiva.

Se presenta a continuación la gráfica que ilustra cómo los sistemas expertos pueden constituirse como herramientas para la competitividad (figura 37). Agrupa las tareas descritas en este capítulo.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



### Producto obtenido.

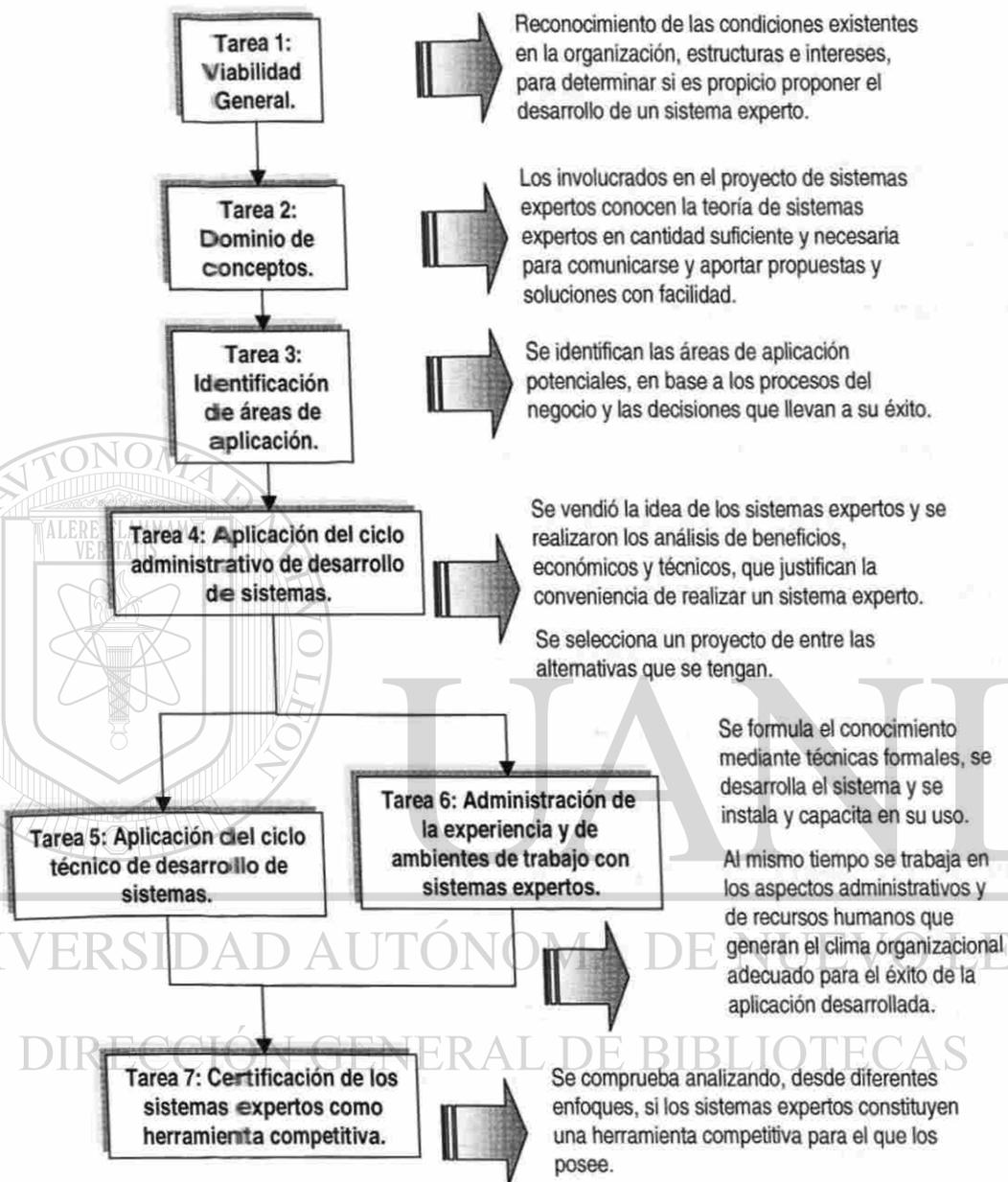


Figura 37: Los sistemas expertos como herramienta competitiva.

### 6.3 Conclusión final. Ventajas/Desventajas. Futuro de los sistemas expertos.

De manera concluyente, podemos afirmar que los sistemas expertos contribuyen como herramienta competitiva para las organizaciones, en la medida que toman decisiones en lugar de los expertos, acumulan conocimiento y permiten su divulgación de forma uniforme y sistemática.

También podemos concluir que el proceso de implantación de sistemas expertos no es una tarea fácil, en la medida de que la cultura de información y conocimientos que debe existir en las organizaciones que pretenden implantarlos debe ser de altamente evolucionado, tanto en el ámbito tecnológico como administrativo.

Sin embargo, para aquellas organizaciones que tienen la infraestructura necesaria, así como necesidades de gestión de conocimientos, deben considerar seriamente la implantación de los sistemas expertos, en virtud de que los beneficios que proporcionan van mucho más allá de identificar y mantener el conocimiento de forma clasificada y disponible, relativa a los procesos y elementos involucrados en la toma de decisiones que mueven a la compañía; los beneficios adicionales son similares a los que se obtendrían de disponer de una cantidad ilimitada de personal altamente capacitado en una rama específica del

conocimiento, siempre disponible para sugerir y decidir lo más conveniente para la organización, sobre aspectos que repercuten directamente a la eficiencia del desarrollo de actividades, así como en la consistencia de características percibidas como calidad de productos y servicios, que a fin de cuentas representan ventaja competitiva.

El futuro de los sistemas expertos va de la mano con valoración del conocimiento como recurso en las compañías; en aquellas compañías en las que el conocimiento es fundamental, los sistemas expertos encontrarán su posición como herramientas. Serán una consecuencia obligada de la búsqueda de mejores formas para obtener información, y la utilización que a ésta le sea dada. En la búsqueda de la certeza y la eficiencia del uso de la información, los

---

sistemas expertos son el siguiente paso; hay que darlo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## BIBLIOGRAFÍA

Daniel Cohen. Sistemas de información para la toma de decisiones. Editorial McGraw Hill, 1996.

Paul Harmon, Rex Maus, William Morrissey. Expert systems, tools and applications. Editorial Jhon Wiley & Sons, 1988.

Paul Harmon, Curtis Hall. Intelligent software systems development: An IS manager's guide. Editorial Jhon Wiley & Sons, 1993.

Michael Porter. Competitive advantage, creating and sustaining superior performance. Editorial The Free Press, 1994.

Robert K. Wysoki & James Young. Information systems, management principles in action. Editorial Jhon Wiley & Sons, 1989.

Enciclopedia SALVAT DICCIONARIO. Barcelona, España.

Edward Brent, Professor of Sociology, Computer Engineering & Computer Science, University of Missouri. Expert systems and decision making. Internet White Paper, 1996.

Michael Brydon, University of California. Expert systems skill guide. Internet White Paper, 1996.

Manuel Mora Tabares, ITESM. Apuntes de sistemas expertos y su aplicación en los negocios. 1993.

## GLOSARIO

**Abducción.** Silogismo en que la premisa mayor es la verdadera y la menor es la probable, de modo que la conclusión es sólo probable.

**Adquisición del conocimiento.** Es el proceso en el cual el conocimiento de un experto es agregado a una base de conocimiento.

**Algoritmo.** Nombre dado a cualquier procedimiento de cálculo y a los símbolos matemáticos.

**Análisis.** Distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos.

**Artificial.** Hecho por mano o arte del hombre. No natural.

---

**Concluir.** Acabar o finalizar una cosa. Determinar y resolver sobre lo que se ha tratado. Inferir una verdad de otras que se admiten, demuestran o presuponen. Convencer a uno con la razón, de modo que no tenga que responder ni replicar.

**Conclusión.** Resolución que se ha tomado sobre una materia, después de haberla ventilado.

**Conocimiento.** Acción de averiguar por el ejercicio de las facultades intelectuales la naturaleza, cualidades y relaciones de las cosas. Presumir o conjeturar lo que puede suceder. Es el recurso de información que se constituye cuando la información es enriquecida con alternativas de acción o guías de actuación específicas y asociadas a la misma. Puede definirse también como la Información y la decisión óptima derivada de la interpretación de la misma, en base a lo establecido en una rama específica del conocimiento. El conocimiento sugiere una

alternativa conocida en base a un escenario conocido y propone su ejecución.

**Datos.** Es el recurso de información que no representa ningún significado para el tomador de decisiones, o bien, que es demasiado subjetivo que no proporciona elementos para generar, motivar o facilitar acciones concretas. Los datos no sugieren ni proporcionan elementos para la formulación de alternativas.

**Deducción.** Acción de sacar consecuencias de un principio, proposición o supuesto.

**Experiencia.** Conjunto de conocimientos, de índole práctica, adquiridos a causa de presenciar, conocer o sentir alguien una cosa en él mismo y en sí mismo. Práctica que se adquiere por haber hecho de manera repetida una cosa.

**Explícito.** Que expresa clara y determinadamente una cosa.

**Formular.** Reducir a una expresión clara y precisa un pensamiento, deseo, mandato, etc.

**Heurística.** Arte de inventar o descubrir hechos valiéndose de hipótesis o principios que, aun no siendo verdaderos, estimulan la investigación.

**Hipótesis.** Enunciado o proposición que antecede a otros constituyendo su fundamento.

**Imaginación.-** es el recurso de información que se constituye cuando el conocimiento existente se somete a diferentes situaciones y escenarios a los que le son conocidos, y se plantea como algo nuevo en un plano hipotético, no probado y limitado de tal forma que sea comprobable su factibilidad para una aplicación práctica. La imaginación sugiere una alternativa desconocida en base a someter al conocimiento a un escenario no planteado pero posible.

**Implícito.** Refiere a lo que se entiende incluido en otra cosa sin expresarlo.

**Inducción.** Argumentación que, partiendo de proposiciones particulares, infiere una afirmación de extensión universal. Se han establecido dos tipos de

inducción: la inducción completa, que es aquella en que, después de atribuir una propiedad a todos los individuos de una clase y de afirmar que estos constituyen la totalidad de ellos, se pasa a atribuirla a la clase; el otro tipo es la inducción incompleta, también llamada científica, es aquella en que de la enumeración de un número de casos se infiere la universalidad de la conclusión.

**Inferir.** Sacar consecuencia, deducir una cosa de otra. Llevar consigo, ocasionar, conducir a un resultado.

**Información.** Es el recurso de información que se constituye cuando los datos toman significado, siendo de utilidad para el tomador de decisiones. Es el conjunto de datos que en cierta cantidad y forma (cualidades) aumentan el conocimiento o reducen la incertidumbre con respecto a algo. Las cualidades de la información deben ser percibidas por el tomador de decisiones que actúa como cliente de la información. La información proporciona elementos para la formulación de alternativas que llevan a una decisión.

**Inteligencia.** Facultad de conocer y comprender. Facultad intelectual definida, ya como la capacidad de adaptación a situaciones nuevas empleando los recursos del pensamiento, ya, en el hombre, como la capacidad de manejar relaciones o símbolos abstractos.

**Interpretar.** Explicar o declarar el sentido de una cosa, especialmente el de los textos faltos de claridad. ®

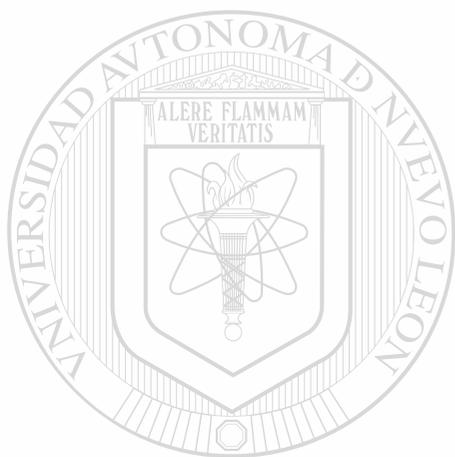
**Proceso.** Conjunto de fases sucesivas de un fenómeno natural o una operación artificial.

**Razonamiento.** Serie de conceptos encaminados a demostrar una cosa o a persuadir a oyentes o lectores. Proceso en virtud del cual partiendo de unas premisas se llega, por razón de la estructura formal de las mismas, a un nuevo enunciado, llamado conclusión.

**Recursos de información.** Son los registros permanentes, almacenables, recuperables y procesables, que en cantidad y forma ayudan al tomador de decisiones a desarrollar una tarea.

**Símbolo.** Imagen, figura o divisa con que materialmente o de palabra se representa un concepto.

**Simular.** Representando una cosa, fingiendo o imitando lo que no es.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## ÍNDICE ALFABÉTICO

### A

- Abducción, 133
- Acumulación de conocimientos, 42
- Administración de la experiencia, 185
- Administración del cambio, 188
- Adquisición del conocimiento, 63, 114
- Algoritmos numéricos, 18
- Aspectos legales, 174

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### B

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- Backward chaining, 147
- Base de conocimiento, 17, 29, 190
- Base de datos, 17, 56
- Bases de conocimiento, 56, 61

**C**

Cadena de valor, 198, 229

Capital intelectual, 191

Cliente, 91

CLIPS, 62

CNF (Certainty Factor), 160

CNFe, 162

CNFu, 162

Codificación del conocimiento, 115

Condiciones antecedentes, 126

Conocimiento, 16, 25, 81

Conocimiento estratégico, 157

Conocimiento evaluativo, 160

Conocimiento explícito, 45, 53

Conocimiento implícito, 45, 53

Conocimiento procedural, 159

Conocimiento taxonómico, 158

Consecuencia, 126, 153

Coordinador de proyecto, 92

Costo de desarrollo, 109

**D**

Datos, 14

Deducción, 132

**E**

Efecto Picasso, 137

Elementos activos, 12

Escala de factores de certeza, 166

Especialidad, 194

Estrategias de desarrollo, 178

Estructuras de salario, 174

Etapas de madurez informática, 19

Evaluación económica, 106

---

Experto, 32, 54, 82, 102, 155

EXSYS, 62

**F**

Factores de certeza, 113, 160

Forward chaining, 143

**H**

Hardware, 85

Hechos, 126, 143, 185

Heurística, 18, 77

## I

Imaginación, 18

Incertidumbre, 192

Inducción, 134

Inferencia, 16, 126, 130

Información, 15, 25, 45

Ingeniería del conocimiento, 111, 115

Ingeniero del conocimiento, 55, 111

Inteligencia artificial, 16, 30, 36

Interfase con el usuario, 53, 59

Interfase de adquisición de conocimiento, 57

Investigación y desarrollo, 193

## L

Línea de costos, 176

LISP, 115

Lógica difusa, 18, 113

**M**

Mantenimiento, 180

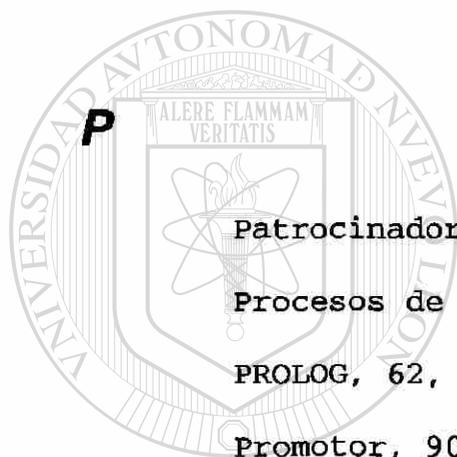
Mecanismo de inferencia, 37, 53, 74

Memoria de trabajo, 53, 127, 152

Métodos de inferencia, 143

Modelación del conocimiento, 114

Motivación, 173



Patrocinador, 91

Procesos de negocio, 216

PROLOG, 62, 115

Promotor, 90

Prototipo, 121

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**R** DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Razonamiento, 14

Razonamiento simbólico, 51, 75, 135

Reconocimiento de voz, 16

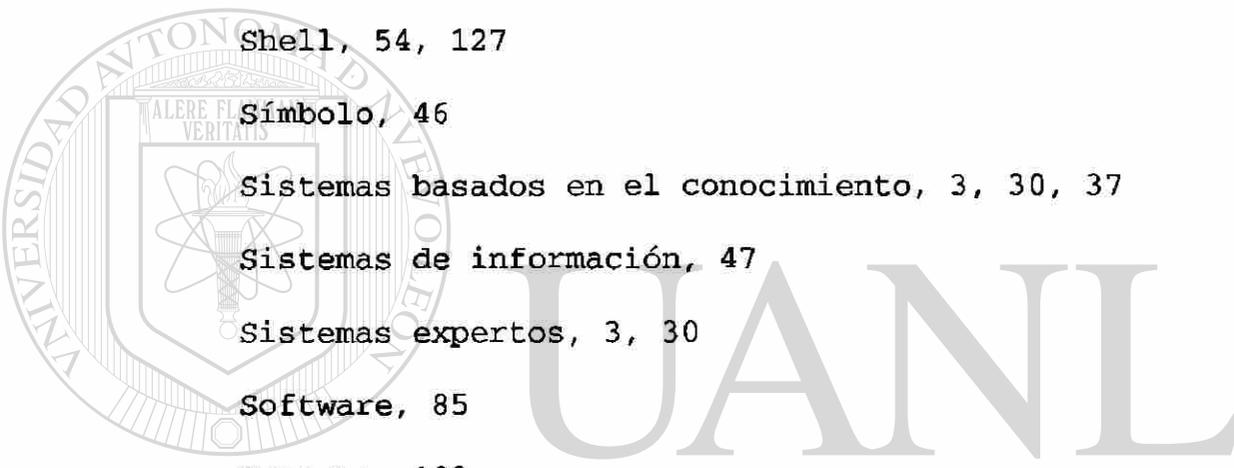
Reconocimiento óptico, 16

Recursos de información, 11

Redes neuronales, 18, 113

Reglas, 126, 138, 153, 185  
Reglas definitivas, 132  
Resistencia al cambio, 178, 188  
Responsabilidad social, 175  
Robótica, 17

## S



Shell, 54, 127  
Símbolo, 46  
Sistemas basados en el conocimiento, 3, 30, 37  
Sistemas de información, 47  
Sistemas expertos, 3, 30  
Software, 85  
Soporte, 182

---

Subproceso de negocio, 219

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## T

Técnico, 92  
Tipos de conocimiento, 155  
Tipos de razonamiento, 131

**U**

Usuario, 55, 103, 152

**V**

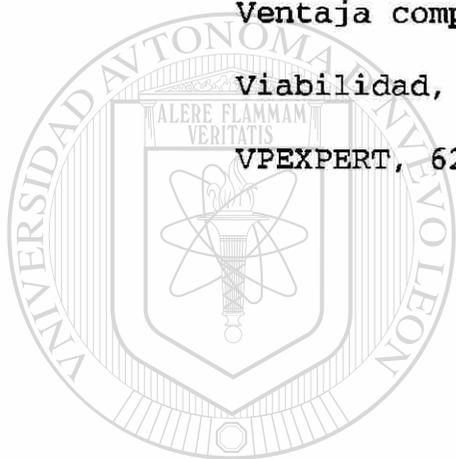
Variables, 139

Variables objetivo, 139

Ventaja competitiva, 196

Viabilidad, 103, 209

VPEXPERT, 62



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## RESUMEN

**José Felipe Ramírez**

**Fecha de Graduación: Abril, 1997**

**Universidad Autónoma de Nuevo León**

**Facultad de Contaduría Pública y Administración**

**Título del Estudio: MARCO TEÓRICO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS  
Y SU UTILIZACIÓN COMO HERRAMIENTAS DE  
NEGOCIO.**

**Número de páginas: 246**

**Candidato para el grado de Maestría  
en Informática Administrativa**

**Area de Estudio: Administración.**

**Propósito y Método del Estudio:** El objetivo del presente estudio es documentar los fundamentos de los sistemas expertos y proponer las condiciones que deben observarse en las organizaciones donde pueden constituirse como herramientas para la productividad, incremento de la calidad, o como elemento para obtener ventaja competitiva; así mismo, se proponen los elementos de administración y tecnología suficientes y necesarios para poder desarrollar sistemas expertos de una manera exitosa. El método que se siguió fue el análisis del soporte documental existente, a efecto de crear una referencia técnica y metodológica aplicable a nuestra idiosincrasia.

**Contribuciones y Conclusiones:** Se recopiló en un solo volumen teoría de sistemas expertos y la metodología administrativa y técnica para su implantación exitosa, se incluyeron una gran cantidad de definiciones nuevas creadas por el autor, así como propuestas administrativas de control y secuencia para la ejecución de tareas que permiten a un profesional no conocedor involucrarse de manera efectiva en un proceso de implantación de sistemas expertos. También se ilustró el procedimiento y las consideraciones con respecto a la organización y sus intereses, que derivan en el uso de los sistemas expertos como herramientas de negocios que tienen participación en la consecución de las metas del mismo. El presente trabajo marca directrices precisas para evaluar y decidir el inicio de un proyecto de sistemas expertos, para desarrollar y administrar el ambiente de trabajo con los mismos, y la forma de cómo mantenerlos actualizados para que sean útiles de manera constante, proporcionando ventaja competitiva a través del manejo y administración del conocimiento y la experiencia, así como su divulgación.

**FIRMA DEL ASESOR: \_\_\_\_\_**

## **RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO**

José Felipe Ramírez Ramírez

Candidato para el Grado de

Maestro en Informática Administrativa

Tesis: **MARCO TEÓRICO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS Y SU UTILIZACIÓN COMO HERRAMIENTAS DE NEGOCIO.**

Campo de Estudio: Administración.

Biografía:

Datos Personales: Nacido en Monterrey, Nuevo León, el 4 de Mayo de 1969, hijo de Gilberto Ramírez Alvarado y Juana Ramírez Guerra.

Educación: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León, grado obtenido Licenciado en Informática Administrativa en 1996.

---

Experiencia Profesional: Experiencia en sistematización de procesos de negocios, manufactura y administración, en empresas de la iniciativa privada y el sector público, desempeñando actualmente la función de Administrador de Informática Regional del área Jurídica del Servicio de Administración Tributaria; en 1997 impartió la materia de sistemas expertos para los negocios en la división de postgrado de la Facultad de Contaduría Pública y Administración de la U.A.N.L., asimismo, la materia Lenguajes de Programación Avanzada, a nivel Licenciatura; impartió cursos de base de datos y análisis de sistemas de información a empresas y particulares, y ha expuesto conferencias de métodos de desarrollo, tendencias en tecnología, y derechos de autor aplicados a la creación y reglamentación de software, en Facultades y Preparatorias de la U.A.N.L., en la Universidad del Noreste, en el Instituto Tecnológico de Monterrey y en la Facultad de Administración de la U.A.T.

