

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.

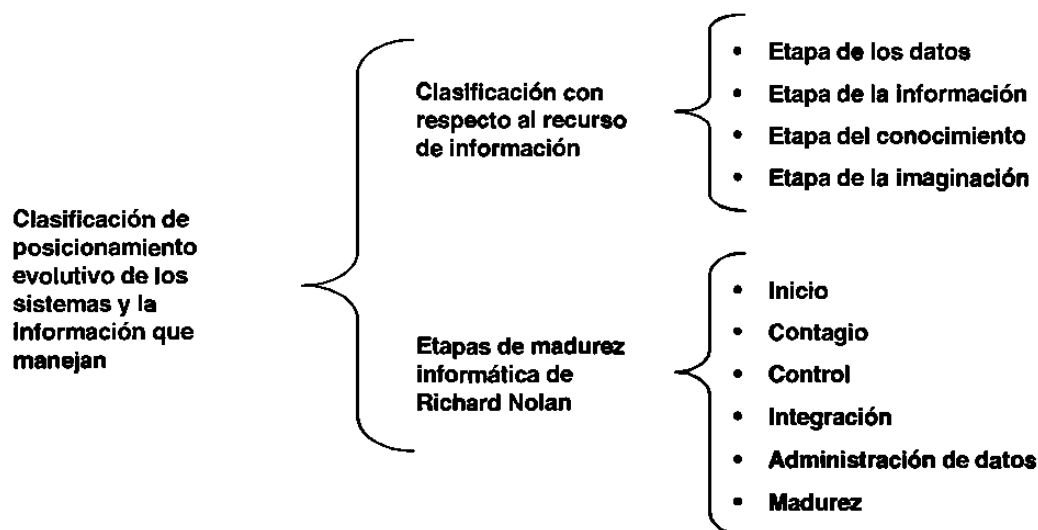


Figura 1: Clasificación de posicionamiento evolutivo de los sistemas y la información que manejan.

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 cuál 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 pié, son relacionadas en la figura 2.

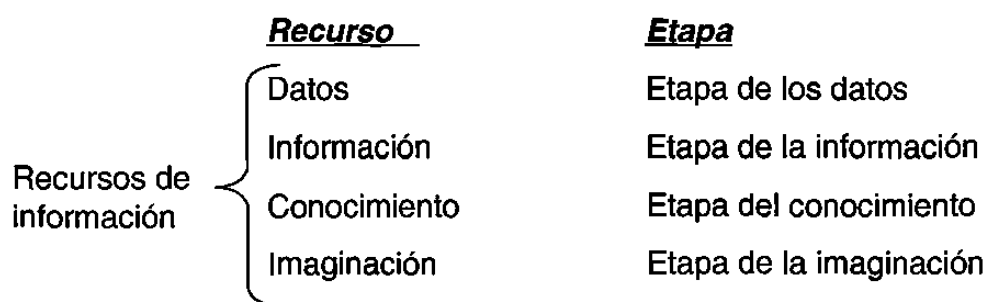


Figura 2: Recursos de información.

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.

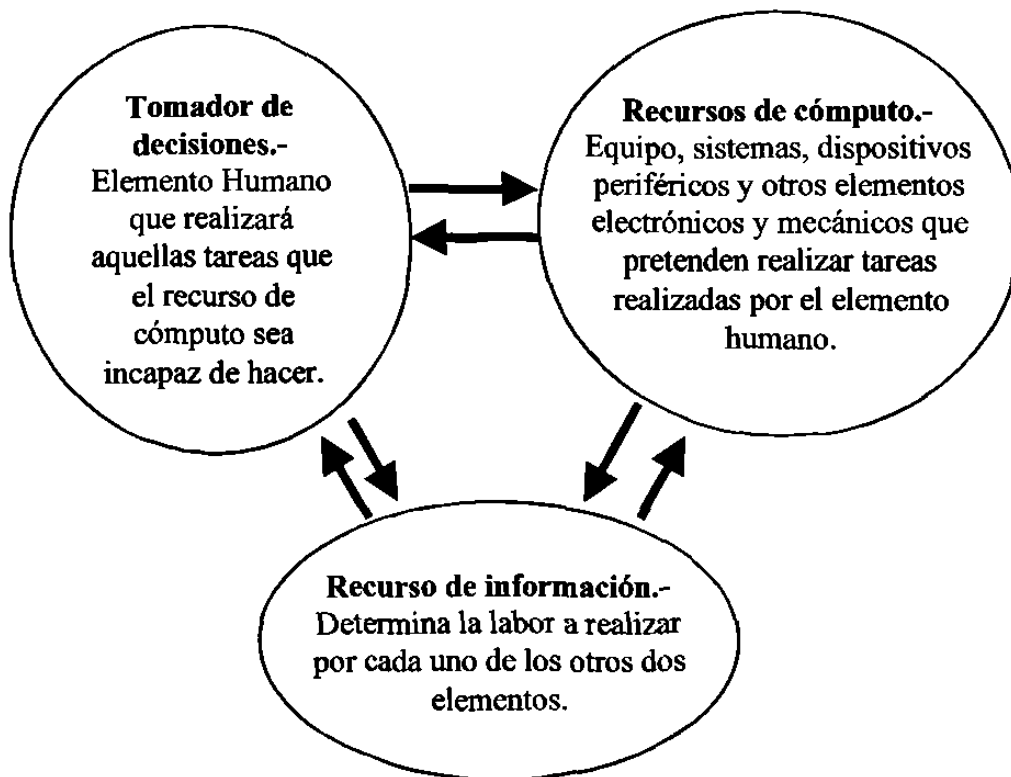


Figura 3: Interacción del recurso de información y los elementos activos.

b) Actividades a ser desarrolladas por un sistema experto.

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.

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

2.1.2 Etapas de madurez informática de Richard Nolan.

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.

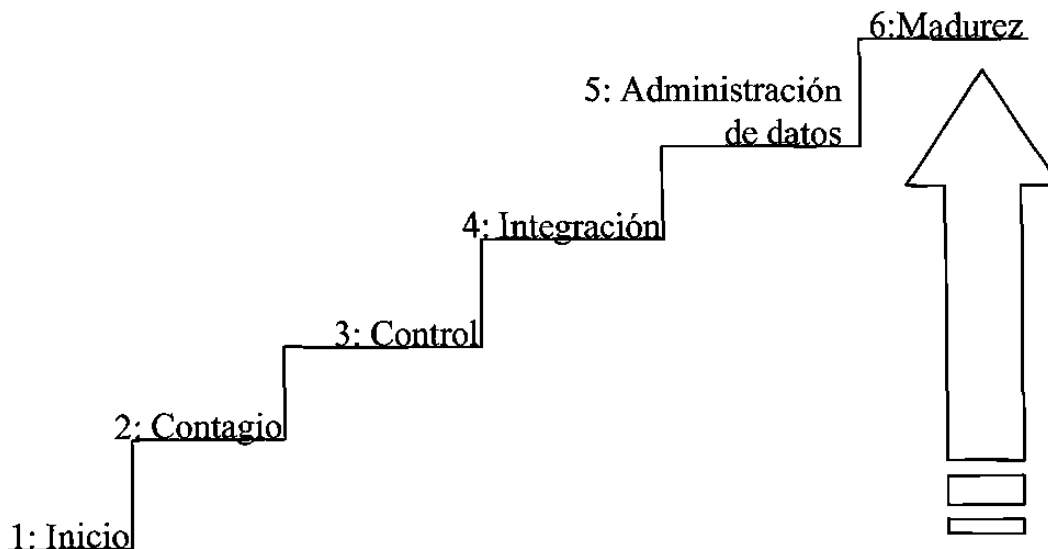


Figura 4: Etapas de madurez informática de Richard Nolan.

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.

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.

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.

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.

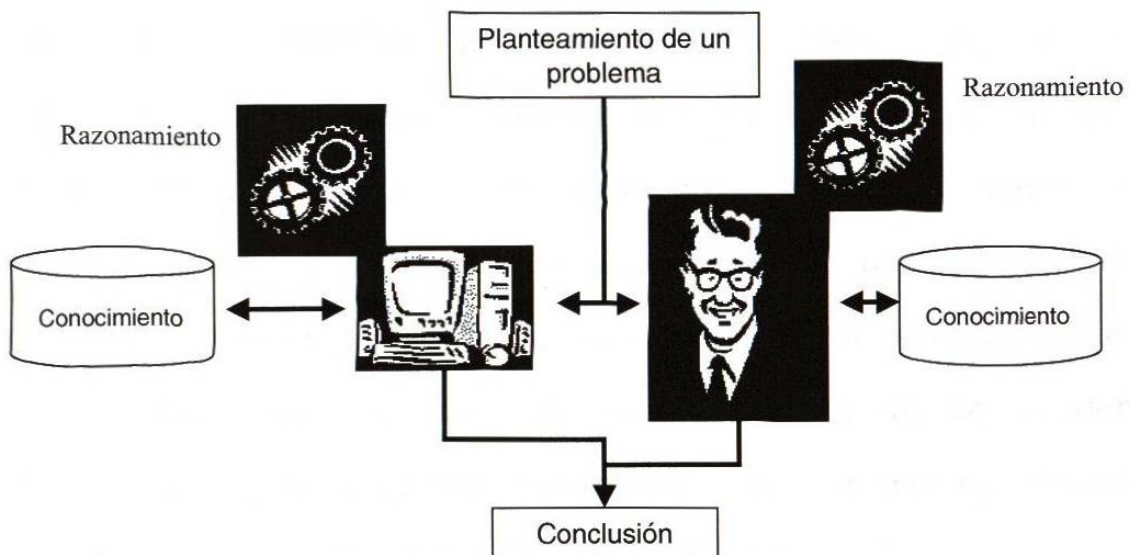


Figura 5: Sistemas Expertos, programa que hace lo que los expertos hacen.

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.

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.

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.

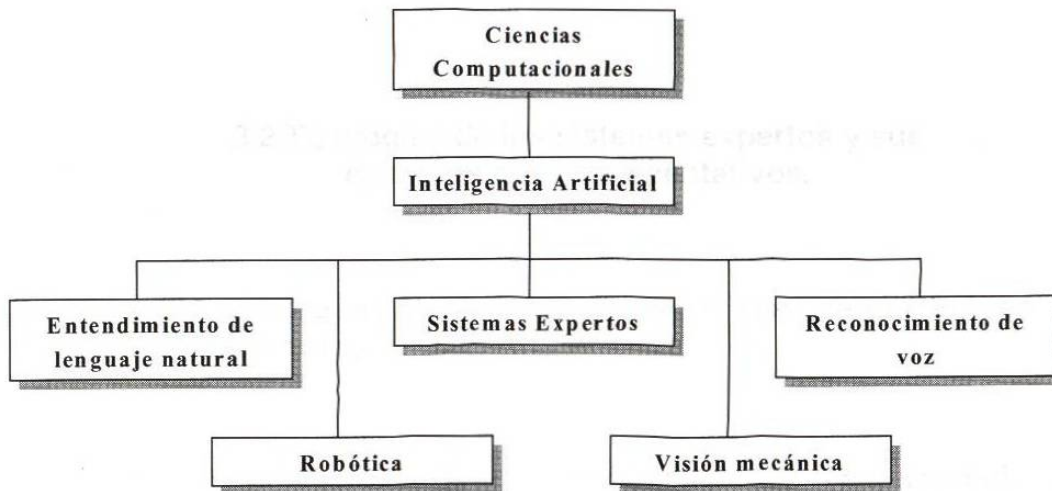


Figura 6: Sistemas Expertos, una sub rama de la inteligencia artificial.

e) **Sistemas Expertos:** Sistemas Basados en el Conocimiento.

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:

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"> ➤ Ambos contienen información que permite la solución de problemas particulares. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Los sistemas expertos pueden proponer sugerencias concretas que invitan a la acción. ➤ 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. ➤ 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. ➤ En los libros o manuales quien concluye es el lector; con un sistema experto quien concluye es el mismo sistema experto.
Experto humano	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ambos cuestionan a las personas por datos que pudieran ser relevantes en una solución. ➤ Ambos recomiendan acciones basados en las respuestas de las personas y en su conocimiento. ➤ Ambos proporcionan sugerencias personalizadas a cada caso. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 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. ➤ Los sistemas expertos pueden ser duplicados y distribuidos tanto como se desee, ya que no tienen limitantes de tiempo y espacio. ➤ Los sistemas expertos pueden atender a las personas incluso a altas horas de la madrugada. siempre están disponibles. ➤ Los sistemas expertos no se jubilan, no abandonan ni mueren.
Algoritmos numéricos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ambos alcanzan de manera sistemática la solución a un problema. ➤ Ambos proporcionan reportes escritos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Los sistemas expertos no obligan a la obtención de la solución de un problema en apego estricto a un molde matemático. ➤ Los sistemas expertos pueden aplicarse a un rango más amplio de problemas, incluyendo aquellos que hacen consideraciones de tipo cualitativo. ➤ Los sistemas expertos pueden producir soluciones incorrectas a los problemas. Los algoritmos matemáticos producen resultados con precisión matemática.

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 igualdad entre símbolo y valor, por ejemplo, si decimos que...

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 igualdad 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.

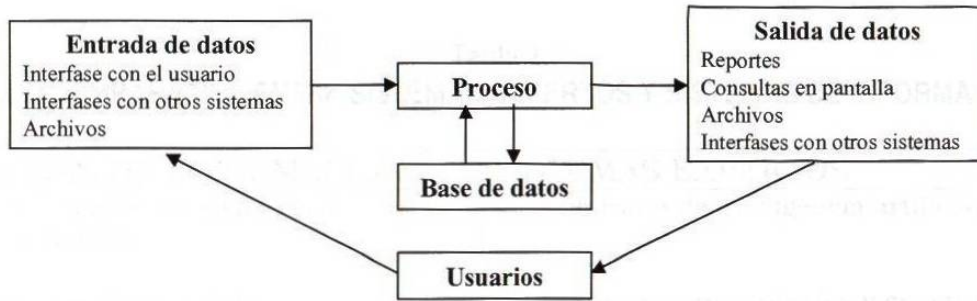


Figura 7: Arquitectura de los sistemas de información convencionales.

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).

Tabla 2.

TABLA COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS EXPERTOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN	SISTEMAS EXPERTOS
- Sub rama de los sistemas de información.	- Sub rama de inteligencia artificial.
- Procesan datos y generan información.	- Procesan conocimientos y generan conclusiones.
- Apoyan la automatización de transacciones.	- Apoyan la automatización de la generación de conclusiones.
- Son indispensables para los negocios.	- Proporcionan ventaja competitiva pero no son indispensables para los negocios.
- Participan en su desarrollo programadores analistas y el usuario. Especialistas en informática.	- Participan en su desarrollo expertos e ingenieros del conocimiento. Especialistas en cibernética.
- Accesan archivos convencionales y bases de datos.	- Accesan archivos convencionales y bases de datos y de conocimiento.
- Especialistas disponibles en el mercado, casas de software, consultores, etc.	- Especialistas escasos en el mercado.
- Uso generalizado y masivo.	- Uso limitado y oculto en las empresas.
- Costos, beneficios, tecnología y problemas probados durante más de tres décadas en los negocios.	- Costos, beneficios, tecnología y problemas poco probados en los negocios. Constituyen un riesgo.
- Tradicional. Areas de oportunidad conocidas	- Novedoso. Puede constituir áreas de oportunidad relevantes.

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.

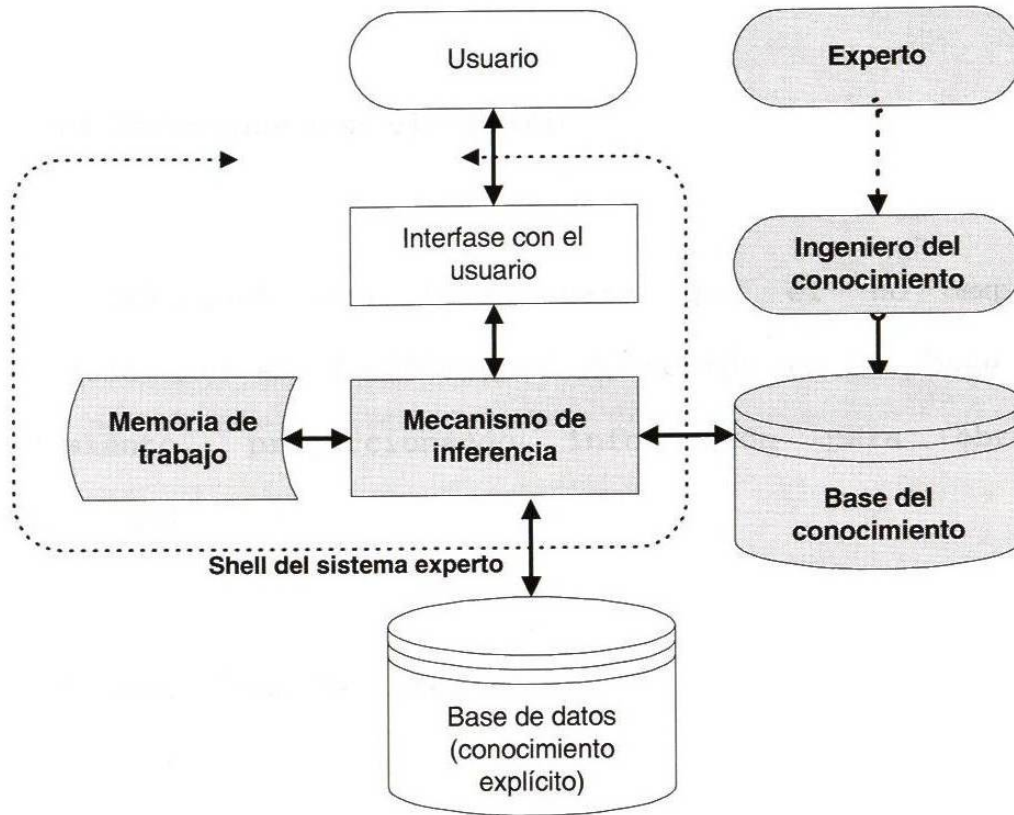


Figura 8: Arquitectura de un sistema experto (componentes).

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.

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.

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):

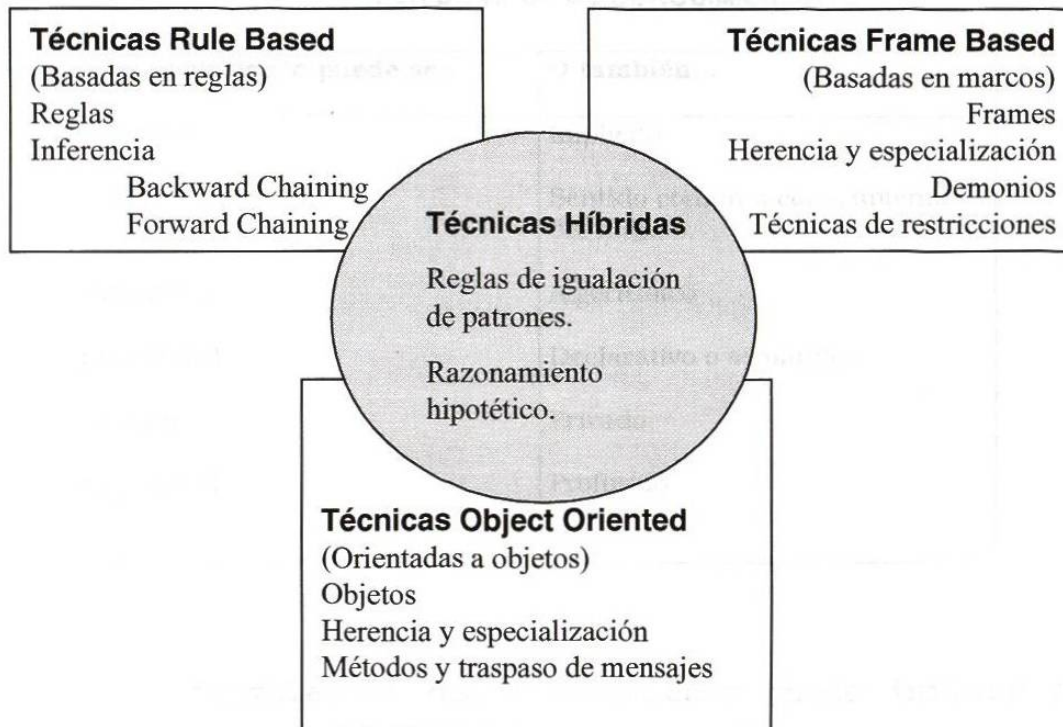


Figura 9: Tipos de formulación de conocimiento.

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.

El conocimiento puede ser...	O también...
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.

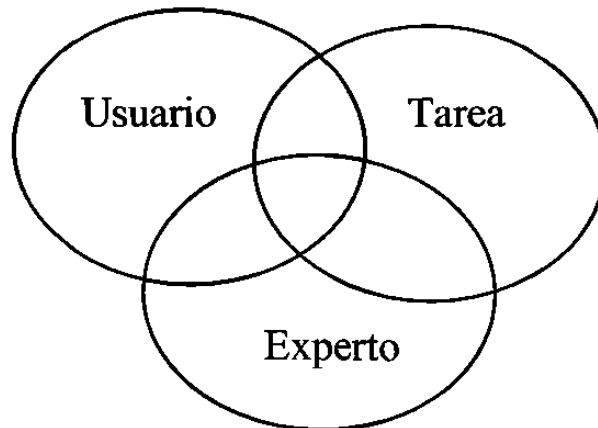


Figura 10: Roles involucrados en un sistema expertos.

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 discrecionales.

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.

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".

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 valido 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.

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.