Ingeniería de Sistemas y Computación. Facultad de Ingenierías. Universidad Tecnológica de Pereira. 1

Sistemas Expertos y lógica difusa

Computación Blanda

Expert Systems and fuzzy logic

Soft Computing

Autor: Julian Osorio Salazar

*Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia*

Correo-e: [julianos@utp.edu.co](mailto:%20julianos@utp.edu.co)

***Resumen*—** Los Sistemas Expertos son una rama de la Inteligencia Artificial cuyo propósito es simular el comportamiento de un experto humano. Para ello se establece una arquitectura cuyo corazón es un motor de inferencia soportado por una base de conocimiento, organizada en hechos, reglas y meta reglas. El motor de inferencia obedece a patrones de entrada iterando a lo largo de la base de conocimiento, encontrando hechos u objetos que resuelven en lógica de predicados de primer orden (o en el ámbito de la lógica difusa), un objetivo específico. El Sistema Experto requiere para lograr su propósito de la utilización de una agenda temporal en donde almacena el resultado de todas y cada una de las acciones de inferencia. Globalmente, el Sistema Experto requiere disponer de un módulo de aprendizaje a través del cual mejora su sistema de inferencia con base en la experiencia. El Motor de búsqueda de conocimiento opera en tres niveles posibles: directo, inverso e híbrido. Para el desarrollo de Sistemas Expertos se dispone de herramientas computacionales y lenguajes tanto imperativos como funcionales.

***Palabras clave—*** Sistemas Expertos, Lógica Difusa, Aprendizaje, Patrones, Inferencia, Motor de Inferencia, Agenda, Hechos, Reglas, Meta Reglas, Directo, Inverso, Híbrido, Entrada, Salida, Base de Conocimiento, Inteligencia Artificial, Agente Inteligente. Acción, Reacción, Incertidumbre, Verdadero, Falso, Red Neuronal.

***Abstract*—** The Expert Systems are a branch of Artificial Intelligence whose purpose is to simulate the behavior of a human expert. To do this, the architecture is established whose heart is an inference engine supported by a knowledge base, organized into facts, rules and meta rules. The inference engine obeys to input patterns iterating along the knowledge base, finding facts or objects that solve in logic of first order predicates (or in the field of fuzzy logic), a specific objective. The Expert System requires achieving its purpose of using a temporary agenda where it stores the result of each and every one of the inference actions. Globally, the Expert System requires having a learning module through which it improves its inference system based on experience. The Knowledge Search Engine operates in three possible levels: direct, inverse and hybrid. For the development of Expert Systems, computational tools and languages are available, both imperative and functional.

***Key Word* —** Expert Systems, Fuzzy Logic, Learning, Patterns, Inference, Inference Engine, Agenda, Facts, Rules, Goal Rules,

Direct, Inverse, Hybrid, Input, Output, Knowledge Base, Artificial Intelligence, Intelligent Agent. Action, Reaction, Uncertainty, True, False, Neural Network.

1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) es una línea de investigación, innovación y desarrollo tecnológico en el campo de la informática, cuyo objetivo es el entender la forma de pensar del ser humano, de modo que sea posible la construcción de máquinas y sistemas que puedan comportarse como lo haría un ser humano frente a la solución de un problema. Existen dos grandes tendencias en este campo: los modelos conexionistas y los modelos simbólicos. El primero, el conexionista, busca desarrollar procesos inteligentes copiando la estructura del cerebro, y para ello recurre a la combinación artificial de elementos físicos o virtuales, que generan un principio inteligente de manera emergente. El modelo simbólico busca generar inteligencia a partir del estudio de las leyes del pensamiento plasmadas en combinaciones forales de símbolos, buscando con ello que los conceptos base de la inteligencia se manifiesten de manera emergente como entidades que resuelven problemas de manera similar al ser humano.

Los Sistemas Expertos (SE) son una de las apuestas de desarrollo tecnológico en el campo simbólico. A través de su uso, la capacidad humana de enfrentar problemas a través de razonamientos que exploran bases de conocimiento, hechos conocidos y reglas estándar de comportamiento, los Sistemas Expertos Artificiales han llegado a no diferir mucho del equivalente humano en dominios concretos del conocimiento.

El presente documento explora los principales tópicos asociados a la tecnología de la Computación Blanda asociada a los Sistemas Expertos.

2 Ingeniería de Sistemas y Computación. Facultad de Ingenierías. Universidad Tecnológica de Pereira.

1. DESARROLLO DEL TEMA

Los sistemas expertos se basan en un modelo computacional que busca simular la capacidad de un experto humano. Algunas definiciones aclaratorias se exponen a continuación:

“Sistema experto (ES, siglas del término Expert System) es un sistema de información basado en el conocimiento que usa su conocimiento de un área de aplicación compleja y específica a fin de actuar como un consultor experto para los usuarios finales. Los sistemas expertos proporcionan respuestas sobre un área problemática muy específica al hacer inferencias semejantes a las humanas sobre los conocimientos obtenidos en una base de conocimientos especializados.” [1]

“Los Sistemas Expertos (SE) pueden ser considerados como un subconjunto de la IA (Rossini, 2000). El nombre Sistema Experto deriva del término “sistema experto basado en conocimiento”. Un Sistema Experto es un sistema que emplea conocimiento humano capturado en una computadora para resolver problemas que normalmente requieran de expertos humanos. Los sistemas bien diseñados imitan el proceso de razonamiento que los expertos utilizan para resolver problemas específicos. Dichos sistemas pueden ser utilizados por no-expertos para mejorar sus habilidades en la resolución de problemas. Los SE también pueden ser utilizados como asistentes por expertos. Además, estos sistemas pueden funcionar mejor que cualquier humano experto individualmente tomando decisiones en una específica y acotada área de pericia, denominado como dominio (Turban, 1995).” [2]

EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Sus inicios datan a mediados de los años sesenta. Durante esta década los investigadores Alan Newell y Herbert Simón desarrollaron un programa llamado GPS (General Problem Solver) que solo podía solucionar problemas de criptoaritmetica, mas no podía resolver problemas de razonamiento humano. Fue así como nacieron los Sistema Expertos. A partir de 1965, un equipo dirigido por Edward Feigenbaum, comenzó a desarrollar Sistemas Expertos utilizando bases de conocimiento definidas minuciosamente. Dos años más tarde se construye DENDRAL, el cual es considerado como el primer Sistema Experto. La función de dicho Sistema Experto era identificar estructuras químicas moleculares a partir de su análisis espectografico.

En la década de los setenta se desarrolló MYCIN para consulta y diagnóstico de infecciones de la sangre. Este sistema introdujo nuevas características: utilización de conocimiento impreciso para razonar y posibilidad de explicar el proceso de razonamiento. Lo más importante es que funcionaba de manera correcta, dando conclusiones análogas a las que un ser humano daría tras largos años de experiencia. Así surgió EMYCIN (MYCIN Esencial) con el que se

construyó SACON, utilizado para estructuras de ingeniería, PUFF para estudiar la función pulmonar y GUIDON para elegir tratamientos terapéuticos.

En esa época se desarrollaron también: HERSAY, que intentaba identificar la palabra hablada y PROSPECTOR, utilizado para hallar yacimientos de minerales. En la década de los ochenta se ponen de moda los Sistemas Expertos, numerosas empresas de alta tecnología investigan en esta área de la inteligencia artificial, desarrollando Sistemas Expertos para su comercialización. Se llega a la conclusión de que el éxito de un Sistema Experto depende casi exclusivamente de la calidad de su base de conocimiento. El inconveniente es que codificar la pericia de un experto humano puede resultar difícil, largo y laborioso.

ARQUITECTURA

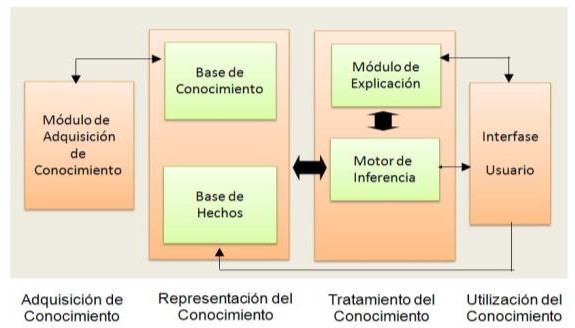


Imagen 1.

Los Sistemas Expertos se componen de 7 Elementos como son:

1. Base de conocimientos.
2. Base de hechos
3. Motor de inferencia.
4. Subsistema de explicación.
5. Interfaz de usuario.
6. Módulo de adquisición de conocimiento
7. Módulo de comunicaciones

El sistema experto se construye en conjunto con el experto y el ingeniero del conocimiento.

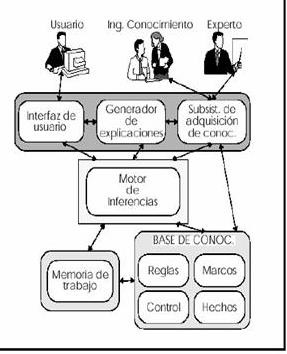


Imagen 2.

Ingeniería de Sistemas y Computación. Facultad de Ingenierías. Universidad Tecnológica de Pereira. 3

**Base de conocimiento:** Es la parte del sistema experto que contiene el conocimiento sobre el dominio. Hay que obtener el conocimiento del experto y codificarlo en la base de conocimientos. Una forma clásica de representar el conocimiento en un sistema experto son lar reglas. Una regla es una estructura condicional que relaciona lógicamente la información contenida en la parte del antecedente con otra información contenida en la parte del consecuente.

**Base de hechos:** Contiene los hechos sobre un problema que se han descubierto durante una consulta. Durante una consulta con el sistema experto, el usuario introduce la información del problema actual en la base de hechos. El sistema empareja esta información con el conocimiento disponible en la base de conocimientos para deducir nuevos hechos.

**Motor de inferencia**: El sistema experto modela el proceso de razonamiento humano con un módulo conocido como el motor de inferencia. Dicho motor de inferencia trabaja con la información contenida en la base de conocimientos y la base de hechos para deducir nuevos hechos. Contrasta los hechos particulares de la base de hechos con el conocimiento contenido en la base de conocimientos para obtener conclusiones acerca del problema.

**Subsistema de explicación**: Básicamente lo que trata es de explicar al usuario tanto las reglas usadas como el conocimiento aplicado en la resolución de un determinado problema. Usando el módulo del subsistema de explicación, un sistema experto puede proporcionar una explicación al usuario de por qué está haciendo una pregunta y cómo ha llegado a una conclusión.

**Interfaz de usuario:** La interacción entre un sistema experto y un usuario se realiza en lenguaje natural. También es altamente interactiva y sigue el patrón de la conversación entre seres humanos. Para conducir este proceso de manera aceptable para el usuario es especialmente importante el diseño del interfaz de usuario. Un requerimiento básico del interfaz es la habilidad de hacer preguntas. Para obtener información fiable del usuario hay que poner especial cuidado en el diseño de las cuestiones. Esto puede requerir diseñar el interfaz usando menús o gráficos.

**Módulo de adquisición de conocimiento:** Le sirve al experto para que pueda construir la base de conocimiento de una forma sencilla, así como disponer de una herramienta de ayuda para actualizar de la base de conocimiento cuando sea necesario. El módulo de adquisición del conocimiento, forman el esqueleto o sistema esencial, y que, separadas de las bases de conocimiento y de hechos, constituyen una herramienta software para el desarrollo de los sistemas basados en el conocimiento.

**Módulo de comunicaciones:** Puesto que los sistemas basados en el conocimiento no viven aislados sino que interactúan con otros sistemas es decir no solo son capaces de interactuar con

el experto sino con estos sistemas, para poder recoger información o consultar bases de datos.

TIPOS DE LENGUAJES UTILIZADOS

**PROLOG:** Es un lenguaje de programación lógica de propósito general asociado con la inteligencia artificial y lingüística computacional (Balbin, 1985).

Es un lenguaje declarativo basado en reglas. Su nombre deriva del anagrama PROgramación LÓGica.

La sintaxis del lenguaje consiste en lo siguiente:

-Declarar hechos sobre objetos y sus relaciones

-Hacer preguntas sobre objetos y sus relaciones

-Definir reglas sobre objetos y sus relaciones

**CLIPS:** A mediados de los años ochenta, la NASA requería el apoyo de Sistemas Expertos para el desarrollo de proyectos. Por lo tanto, una serie de prototipos surgen pero sus resultados no fueron lo suficientemente buenos para cumplir con los requerimientos internos. En consecuencia, se desarrolló un prototipo de un Sistema Experto, denominado CLIPS (C Language Integrated Production System) cuya principal característica era su capacidad para funcionar con otros sistemas existentes. Posteriores mejoras y ampliaciones han convertido CLIPS en un punto de referencia para el desarrollo de otros Sistemas Expertos (CLIPS, 1994).

**LISP:** El nombre LISP es la abreviatura de List-Processing, ya que el LISP fue desarrollado para el procesamiento de listas. La lista es la estructura más importante de LISP. El lenguaje LISP fue diseñado ya a finales de los años 50 por McCarthy. A lo largo de los últimos años se han desarrollado muchos dialectos, por ejemplo MACLISP, COMMONLISP, INTERLISP, ZETALISP, donde el COMMONLISP se está imponiendo cada vez más como estándar.

En LISP se dan los siguientes conceptos característicos:

* **Listas y Átomos:** La estructura más importante es la lista. Los átomos pueden subordinarse a cualidades.
* **La Función**: Cada función LISP y cada programa LISP tiene estructura de lista. Los programas no pueden distinguirse sintácticamente de los datos. LISP ofrece sus propias funciones básicas.
* **Forma de Trabajo**: LISP es un lenguaje funcional. Ofrece la posibilidad de realizar definiciones recursivas de funciones. La unión de procedimientos se realiza de forma dinámica, es decir en plena ejecución, y no como en otros lenguajes de programación. El sistema realiza automáticamente una gestión dinámica de memoria.

TIPOS DE HERRAMIENTAS UTILIZADAS

**JESS:** El motor de reglas JESS es un proyecto que tuvo su origen en CLIPS pero que fue escrito enteramente en Java. Se desarrolló durante la década de los noventa en los Sandia

1. Las notas de pie de página deberán estar en la página donde se citan. Letra Times New Roman de 8 puntos

4 Ingeniería de Sistemas y Computación. Facultad de Ingenierías. Universidad Tecnológica de Pereira.

National Laboratories y comparte con CLIPS varios conceptos de diseño y similitudes con respecto a la sintaxis. Asimismo implementa la especificación de referencia JSR94 (JSR94, 1994).

**Drools:** Al igual que en el caso de los CLIPS y JESS, Drools es la implementación y ampliación del algoritmo Rete diseñado por el Dr. Charles L. Forgy en la Universidad Carnegie Mellon. Básicamente, su algoritmo consiste en una red de nodos interconectados con diferentes características que evalúan las entradas mediante la propagación de los resultados del siguiente nodo cuando hay coincidencias. DROOLS ofrece herramientas de integración con Java, la capacidad de escalabilidad y una división clara entre los datos y la lógica de dominio (Browne, 2009).

**Jena:** Jena es un framework desarrollado en tecnología Java que incluye un motor de inferencia basado en normas, una API ontológica y un motor de búsqueda

(Jena, 2013).

**JEOps**: JEOPS añade encadenamiento hacia adelante, las normas de producción de primer orden con el fin de facilitar el desarrollo de Sistemas Expertos mediante programación declarativa (Jeops, 2013).

**OpenCyc**: OpenCyc es la versión de código abierto de la tecnología CyC más completa base de conocimientos generales del mundo y motor de razonamiento de sentido común (Cycorp, 2013).

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

* Están disponibles ininterrumpidamente de día y noche, ofreciendo siempre su máximo desempeño.
* Los conocimientos de un sistema experto pueden ser copiados y almacenados fácilmente, siendo muy difícil la pérdida de éstos.
* Pueden duplicarse ilimitadamente, i.e. tener tantos de ellos como se requieran.
* Otra ventaja de los sistemas expertos sobre los humanos es que el experto computarizado siempre
* está a pleno rendimiento. Cuando un humano se cansa, la exactitud de sus consejos puede decaer. Sin embargo, el experto computarizado siempre proporcionará las mejores opiniones posibles dentro de las limitaciones de sus conocimientos.
* Pueden trabajar en entornos hostiles y peligrosos.
* Siempre se ajustan a las normas establecidas y son consistentes en su desempeño, i.e. no desarrollan apreciaciones subjetivas, tendenciosas, irracionales o emocionales. No padece de olvido, fatiga, dolor o comete errores de cálculo.
* Una última ventaja de un sistema experto está en que después de que un experto computarizado exista, usted puede crear un nuevo experto simplemente copiando el programa de una máquina a otra. Un humano necesita mucho tiempo para convertirse en un especialista en ciertos campos, lo que hace difícil que puedan aparecer nuevos especialistas humanos.
* No requiere un sueldo, promociones, seguros médicos, incapacidades.
* Siempre están dispuestos a dar explicaciones, asistir enseñar a la gente, así como a aprender.
* Pueden tener una vida de servicio ilimitada. DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS EXPERTOS
* El conocimiento es difícil de extraer de los expertos humanos.
* La aproximación de cada experto a la situación evaluada puede ser diferente.
* Tienen una noción muy limitada acerca del contexto del problema, i.e. no pueden percibir todas las cosas que un experto humano puede apreciar de un situación.
* Pueden existir decisiones que sólo son de competencia para un ser humano y no una máquina.
* No saben cómo subsanar sus limitaciones, e.g. no son capaces de trabajar en equipo o investigar algo nuevo.
* Son muy costosos de desarrollar y mantener.
* Creatividad: los humanos pueden responder creativamente a situaciones inusuales, los sistemas expertos no pueden.
* Experiencia Sensorial: los humanos tienen un amplio rango de disponibilidad de experiencia sensorial. Y los sistemas expertos actualmente dependen de una entrada simbólica.
* Degradación: los sistemas expertos no son bueno para reconocer cuando no existen respuestas o cuando los problemas están fuera de su área.

EJEMPLOS DE PROBLEMAS RESUELTOS CON SISTEMAS EXPERTOS

* Se podría crear un sistema Experto que pueda dar un diagnóstico previo a pacientes que lleguen con motivo de Urgencias al hospital y así poder ayudar al flujo de personas que esperan por horas el ser atendidas, el sistema brindaría unas primeras y muy generales opciones de medicina para los pacientes para que puedan esperar ser atendidos por un profesional, pero teniendo algo de ventaja al haber recibido ayuda con algunos medicamentos base.
* En la parte de contabilidad o economía serian de utilidad para acabar un poco con la corrupción permitiendo hacer mejores cálculos en cuanto a los materiales y presupuestos para proyectos que se lleven a cabo por el gobierno, permitiendo así un menor margen de error.
* Un sistema experto que pueda prevenir medianamente correcto con un margen aceptable, la posibilidad de algún sismo en los lugares más propensos del país.
* Un sistema experto que este pendiente y pueda alertar de alguna posible inundación que sea instalado en las

Ingeniería de Sistemas y Computación. Facultad de Ingenierías. Universidad Tecnológica de Pereira. 5

zonas de los ríos que son más propensos a desbordarse evitando así tragedias por las temporadas de lluvias fuertes.

PROLOG en el proceso de construcción de Sistemas Expertos, en oposición a lenguajes imperativos como JAVA?

R/.

1. CONCLUSIONES

* Los sistemas expertos son poderosas herramientas de gran ayuda para el ser humano, dando una mano a los profesionales, en su campo, para poder tomar decisiones más acertadas, y además tener una perspectiva más objetiva del tema o problema tratado en el momento.
* Aunque los sistemas expertos están en un nivel muy avanzado en cuanto a su desarrollo y tecnología, aún no son capaces de aplicar el sentido común para solucionar algunos problemas de tipo general, con una visión más humana, además de con esto poder manejar situaciones ambiguas y con información incompleta.
* Los sistemas expertos Como todo sistema, poseen fortalezas y debilidades, peroen términos generales, por su flexibilidad, confiabilidad y escalabilidad se los puede considerar como una tecnología de probada efectividad y lo suficientemente madura para confiar decisiones de considerable criticidad

PREGUNTAS LIGADAS A SISTEMAS EXPERTOS

En esta sección se plantean algunas cuestiones cuyas respuestas arrojan luz adicional sobre la naturaleza de los Sistemas Expertos y sus campos específicos de aplicación.

Preguntas:

1. ¿Cuál es el impacto del proyecto CyC (OpenCyC) en el futuro de la Inteligencia Artificial?

R/. Es un avance muy importante para la inteligencia artificial, sobre todo en la idea de poder crear una inteligencia artificial real y que sea capaz de deducir, con el desarrollo de C y C cada vez se ve más cerca esta posibilidad, siendo de mucha utilidad que sea implementada en varios dispositivos de uso del día a día para poder avanzar y probar la efectividad de esta tecnología.

1. ¿Cuál es la razón para que se prefieran (en algunas circunstancias) la utilización de lenguajes funcionales tipo
   * el control sobre la inferencia, en cualquier máquina de inferencia no se tiene mucho control sobre ella y muchas veces se siente esa necesidad, en Prolog los mecanismos de cortes, tijeras y repeat ... fail hacen fácil controlarla.
   * Las aplicaciones Prolog son compiladas, lo que hace que el código de sus bases de conocimiento esté oculto a curiosos que le pueden ocasionar daños y mal funcionamiento al sistema.
2. La heurística es una de las características más sobresalientes de la capacidad humana para resolver problemas de manera eficiente. ¿Podrá alguna vez emularse esta capacidad en un sistema experto? ¿Hasta qué punto podrá alcanzarse esta habilidad en un sistema artificial? ¿Qué tópicos deberían abordarse para alcanzar esta habilidad en un sistema artificial?

R/.

* + Aprendizaje:

Captación automática de conocimientos.

* + Razonamiento:

Sistemas basados en conocimientos. Bases de datos inteligentes.

Prueba de teoremas y juegos.

* + Percepción:

Comprensión de lenguaje natural.

Interpretación de escenas visuales (Visión por computadora).

* + Locomoción y Manipulación:

Realizar procesos mecánicos y tareas manuales (Robótica).

* + Creación

1. Enumere un grupo de problemas de la región cuya solución pudiera abordarse con la aplicación sistemática de Sistemas Expertos.
   * R/. Se podría crear un sistema Experto que pueda dar un diagnóstico previo a pacientes que lleguen con motivo de Urgencias al hospital y así poder ayudar al flujo de personas que esperan por horas el ser atendidas, el sistema brindaría unas primeras y muy generales opciones de medicina para los pacientes para que puedan esperar ser atendidos por un profesional, pero teniendo algo de ventaja al haber recibido ayuda con algunos medicamentos base.
   * En la parte de contabilidad o economía serian de utilidad para acabar un poco con la corrupción

1. Las notas de pie de página deberán estar en la página donde se citan. Letra Times New Roman de 8 puntos

6 Ingeniería de Sistemas y Computación. Facultad de Ingenierías. Universidad Tecnológica de Pereira.

permitiendo hacer mejores cálculos en cuanto a los materiales y presupuestos para proyectos que se lleven a cabo por el gobierno, permitiendo así un menor margen de error.

* Un sistema experto que pueda prevenir medianamente correcto con un margen aceptable, la posibilidad de algún sismo en los lugares más propensos del país.
* Un sistema experto que este pendiente y pueda alertar de alguna posible inundación que sea instalado en las zonas de los ríos que son más propensos a desbordarse evitando así tragedias por las temporadas de lluvias fuertes.

1. ¿Por qué razón el módulo de aprendizaje debe construirse mediante la utilización de una Red Neuronal? Justifique su respuesta.

REFERENCIAS

1. Sistemas Expertos. ECURED. (2018) Disponible en:<https://www.ecured.cu/Sistemas_expertos>
2. Sebastián Badaró, Leonardo Javier Ibañez y Martín Jorge Agüero. “Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones”. (2013) Disponible en: [https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT\_13\_24. pdf:](https://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/13/CyT_13_24.pdf)

[https://aex33.wordpress.com/2011/03/23/arquitectura-de-un-](https://aex33.wordpress.com/2011/03/23/arquitectura-de-un-sistema-experto/) [sistema-experto/](https://aex33.wordpress.com/2011/03/23/arquitectura-de-un-sistema-experto/)

[https://maricelamaldonado.wordpress.com/2011/03/23/arquite](https://maricelamaldonado.wordpress.com/2011/03/23/arquitectura-de-un-sistema-experto/) [ctura-de-un-sistema-experto/](https://maricelamaldonado.wordpress.com/2011/03/23/arquitectura-de-un-sistema-experto/)

[http://sistemasexpertos86.blogspot.com/2012/02/arquitectura-](http://sistemasexpertos86.blogspot.com/2012/02/arquitectura-basica-de-los-sistemas.html) [basica-de-los-sistemas.html](http://sistemasexpertos86.blogspot.com/2012/02/arquitectura-basica-de-los-sistemas.html)

[http://sistemasexpertosjohaagus.blogspot.com/2011/08/lengua](http://sistemasexpertosjohaagus.blogspot.com/2011/08/lenguajes-de-programacion-de-los.html) [jes-de-programacion-de-los.html](http://sistemasexpertosjohaagus.blogspot.com/2011/08/lenguajes-de-programacion-de-los.html)

https://[www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/doc](http://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/doc) umentos/Sistemas%20expertos%20y%20sus%20aplicaciones. pdf