

Sistemas Expertos En Ambientes de cambios



Universidad Empresarial Siglo 21.
Seminario Final de Ingeniería en Sistemas.

Alumno: Juan Manuel Salera.
Legajo: SIS00069.
Tutora: Lic. Adriana Pérez.
Carrera: Ingeniería en Sistemas.

RESUMEN

El desarrollo tecnológico y de comunicaciones de los últimos tiempos están marcando una fuerte tendencia a nivel empresarial, ya que todos estos avances están tocando los puntos más importantes a nivel de producción y calidad de los productos y servicios que las mismas prestan, lo que hace que las organizaciones puedan diferenciarse claramente de la competencia.

De a poco, las Pymes en Argentina están experimentando todo este cambio. Para llevarlo a cabo, se necesita contar no sólo con el dinero, sino también con una muy buena planificación para que dicha inversión no incurra únicamente en un gasto para la administración, sino que la inversión tiene que ser beneficiosa, aportar la capacitación necesaria y apuntar a una mejora estratégica para la Empresa.

La mayoría de las Pymes en Argentina desconocen los Sistemas Expertos como también todos los beneficios que estos conllevan. Es por tal motivo que la investigación tiene el fin primordial de proporcionar toda la información necesaria para que las personas desentendidas del tema, sean o no los dueños de una empresa, puedan comprender por qué los Sistemas Expertos no son sólo una opción más, y que puedan entender cuál es el atractivo de estos, que les de seguridad a la hora de implementarlos dentro de su Pyme y que este cambio conlleve a un salto hacia la mejora continua y la flexibilidad organizacional que se necesita para subsistir en estos tiempos.

ABSTRACT

Technological development and communication of the last times are making a strong tendency to enterprise level, as all these developments are playing the most important in terms of production and quality of products and services they provide, which makes organizations to differentiate themselves from the competition.

Gradually, SMEs in Argentina are experiencing all this change. To accomplish this, it is necessary have not only money but also a very good planning for such investment is not only an expense incurred for the administration, but the investment has to be beneficial, providing the necessary training and point to improving the company's strategic.

Most of SMEs in Argentina unknown Experts Systems as well as all the benefits they bring. It is for this reason that research have the primary purpose of providing all necessary information to the uninformed of the issue, whether or not the owners of a company can understand why Experts Systems are not just an option, and can understand what the attraction of these, give them security when implementing them within their SME and that this change may lead to a leap towards continuous improvement and organizational flexibility needed to survive in these times.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVOS	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
LIMITE Y ALCANCE	10
PLANTEO DEL PROBLEMA	11
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	12
MARCO METODOLÓGICO	13
MARCO TEÓRICO	14
ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.....	16
MECANISMO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMA EXPERTOS	25
<i>Representación del Conocimiento</i>	27
LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	32
REDES NEURONALES ARTIFICIALES.....	35
<i>Arquitectura de las Redes Neuronales</i>	39
<i>Características de las Redes Neuronales</i>	42
LAS REDES BAYESIANAS	44
CAPITULO 1	47
ANTECEDENTES Y CONCEPTOS	47
CAPITULO 2	54
CONOCIENDO A LOS SISTEMAS EXPERTOS	54
<i>Las inferencias en los Sistemas Expertos</i>	54
<i>Categorías de los Sistemas Expertos según su función</i>	58
<i>Las características principales del Sistema Experto</i>	59
<i>Tipos de Sistemas Expertos</i>	61
<i>Aplicaciones de los Sistemas Expertos</i>	63
CAPITULO 3	67
EL EXPERTO HUMANO	67
CONSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE.....	69
<i>Proceso de Desarrollo del Sistema Expertos</i>	70
SISTEMA EXPERTOS VERSUS SISTEMA CLÁSICO	76
CAPITULO 4	78
IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS EXPERTOS EN PYMES	78

RAZONES PARA USAR SISTEMAS EXPERTOS EN PYMES	84
SISTEMAS EXPERTOS; PRESENTE Y FUTURO EN PYMES.....	86
MEJORA CONTINUA DE PROCESOS EN PYMES CON SISTEMAS EXPERTOS	88
OTROS EJEMPLOS DE APLICACIONES EN EMPRESAS	96
CONCLUSIÓN	97
GLOSARIO	101
BIBLIOGRAFÍA	102

INTRODUCCIÓN

Es apasionante ver como la tecnología se va reinventando cada día, abriendo un abanico de posibilidades para las empresas y contribuyendo a mejoras económicas en los ambientes de negocios.

Un ejemplo de empresas que aprovechan las nuevas tecnologías es Apple, que no deja de pensar un segundo en cómo mejorar sus productos y siempre sorprende en sus lanzamientos, como en el caso de su nuevo IPHONE 4S, con una aplicación Experta con el nombre de SIRI sobre el sistema operativo Ios5. Esta aplicación permitirá reconocer la voz del usuario y ejecutar acciones dependiendo del comando que se le pide, por ejemplo, si le preguntamos ¿lloverá hoy?, la aplicación realizará una búsqueda para poder ubicar donde nos encontramos geográficamente y, mediante una base de datos de varias páginas de clima, le brindará al usuario la respuesta más adecuada en cuestión de segundos.

En tanto, Google es otro de los gigantes que está implementando Sistemas Expertos para perfeccionar cada vez más su motor de búsqueda, con el uso de la inteligencia artificial para hacer de sus resultados una respuesta más certera e intentar ser cada vez más parecido al pensamiento de un humano en la búsqueda semántica.

Es por eso que estas empresas son el claro ejemplo de innovación tecnológica y éxito en su mercado. Marcando una notable diferencia frente a sus competidores con el uso de las nuevas tecnologías, van innovándose rápidamente de acuerdo a las necesidades de sus clientes.

Así, estas experiencias reconocidas, despertaron mi interés y curiosidad sobre los Sistemas Expertos, ya que empresarios de las Pymes y muchas personas como yo, escucharon hablar de este tipo de Sistemas pero desconocen totalmente de dónde surge, de qué se trata, cómo funciona y cuál es el beneficio que podría aportarle si lo aplicara en su Pyme.

Mi intención es poder responder, mediante la información que se aporta en esta investigación, a todas las inquietudes sobre los Sistemas Expertos al público en general, ya sean dueños o no de una Empresa. Así, las personas podrán comprender los beneficios y el valor agregado que le generaría incorporar esta tecnología, de manera de lograr mejorar la calidad de los procesos productivos y estrategias empresariales de manera continua sobre los ambientes de cambio, que constantemente sufren las Pymes.

OBJETIVOS

Objetivo General

Investigar los actores y los procesos principales que se involucran en la creación de los Sistemas Expertos, para comprender su funcionamiento en los ambientes de cambios específicamente en las Pymes, demostrando el desempeño de los mismos y así entender cómo es su implementación, la que conlleva una mejora continua de la organización.

Objetivos Específicos

- Definir el concepto de Sistema Experto.
- Hacer un seguimiento de los sucesos o hitos más importantes de la historia que influyeron en la aparición del Sistema Experto.
- Comprender el funcionamiento a nivel procedimental de los ingenieros en conocimientos para la creación de los Sistemas Expertos.
- Descubrir de qué manera se pudo unir el conocimiento humano con el software para crear un Sistema Experto de auto aprendizaje.

- A través de todos los conocimientos recabados se brindará una conclusión, para encontrar un motivo por el cual a las empresas les convendría optar por el uso de Sistemas Expertos en sus Pymes.

LIMITE Y ALCANCE

Esta investigación comprenderá aspectos fundamentales de los Sistemas Expertos, comenzando con los hitos que marcaron un antes y un después y continuando con una descripción sobre cada uno de los componentes que son usados para la creación e implementación de estos.

Luego, se describirán los aspectos teóricos y técnicos, como así también las ventajas y oportunidades de crecimiento en los mercados, a partir del uso de Sistemas Expertos dentro de los ambientes de cambios que sufren las Pymes.

PLANTEO DEL PROBLEMA

¿De qué manera se desarrolla el software de Sistema Expertos? ¿Cómo se puede garantizar que sus decisiones son las mejores y con el menor margen de error posible en los ambientes de cambio que sufren las Pymes?

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿Cuáles fueron los hitos históricos que dieron lugar a la creación de los Sistemas Expertos?
- ¿Cómo es la lógica de funcionamiento de los Sistemas Expertos?
- ¿Qué es lo que trata de resolver un Sistema Experto que no pueda ser resuelto por un ser humano o por un Sistema Convencional?
- ¿Implementa verdaderamente software seguro como para delegar las decisiones más complejas en situaciones límites de una Pyme?
- ¿En qué aspectos mejoraría mi Pyme si decidiera aplicar un Sistema Experto?

MARCO METODOLÓGICO

La investigación que se lleva a cabo contó con un carácter exploratorio-descriptivo. El estudio que realizamos sobre Sistemas Expertos está basado en la recopilación de la información adecuada para responder a las preguntas planteadas anteriormente.

En tanto, el material fue recopilado de distintas fuentes tales como libros, revistas, páginas Web. La intención fue poder visualizar con mayor claridad el campo que ocupa esta tecnología y así poder llegar a una conclusión sólida e interesante.

Cabe aclarar que se trata de un estudio exploratorio, puesto que los Sistemas Expertos están en pleno crecimiento en este momento. Sus avances son desconocidos aún por una gran parte de la población, sin embargo su aplicación en empresas en países del primer mundo está dando de qué hablar.

MARCO TEÓRICO

Para poder abordar la investigación, comenzamos con conceptos básicos de los Sistemas Expertos y con definiciones que hicieron posible su creación, tales como: Inteligencia Artificial, Redes Neuronales, Redes Bayesianas, etcétera; para luego profundizar sobre los componentes que obtienen que los Sistemas Expertos cobren vida y que intervienen en su funcionamiento como: reglas, simulación, emulación, patrones, heurística, entre otros. Todos ellos nos servirán de apoyo para comprender esta fascinante tecnología y cómo se desenvuelve en los ambientes de cambios que conviven a diario en las Pymes.

En principio, según el Diccionario de Informática e internet: Computer and Internet Technology Definitions in Spanish, la Inteligencia Artificial se define como:

“Aplicación de inteligencia humana a las computadoras. También se las conoce como IA (Technology, 2004, pág. 10).”

El profesor Edwards Feigenbaum, de la Universidad de Standford, pionero en la tecnología de los Sistemas Expertos, definió al Sistema Experto de la siguiente manera: “Un programa de computación inteligente que usa el conocimiento y los procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir significativa experiencia humana para la solución”(1982). De esta definición, podemos decir que un Sistema Experto es un sistema de cómputo que emula la habilidad de tomar decisiones de un especialista humano.

Antes de continuar, es necesario distinguir la emulación de la simulación. El término emular significa que el Sistema Experto tiene el objetivo de actuar en todos los aspectos como un especialista humano. Una emulación es mucho más fuerte que una simulación, es actuar como el otro, ponerse en ese lugar. Por su parte, la simulación es cuando se representa una cosa fingiendo lo que no es.

Como síntesis de este conjunto de definiciones, podemos afirmar que los Sistemas Expertos son una rama de la Inteligencia Artificial, donde la manera de solucionar los problemas se lleva a cabo a través de un programa de computadora con un conocimiento de un área específica, imitando la manera que tienen los seres humanos para resolver los problemas. Imita a los humanos en el sentido de que utiliza la información que adquiere para poder dar sus conclusiones sobre un tema en particular.

Estructura de los Sistemas Expertos

Los Sistemas Expertos están conformados por los siguientes componentes, que serán detallados a continuación para comprender su funcionamiento:

1. La Componente Humana.
2. Base de conocimientos (BC).
3. Subsistema de Adquisición de Conocimiento.
4. Control de la Coherencia.
5. El Motor de Inferencia.
6. El Subsistema de Adquisición de Información.
7. El Subsistema de Ejecución de Órdenes.
8. El Subsistema de Explicación.
9. Interfaz de Usuario.
10. Memoria activa.
11. Medio para la adquisición de conocimiento.

1. La Componente Humana:

La colaboración de los expertos humanos especialistas en el tema de estudio es muy útil pues proveen sus conocimientos y son competentes en el área del problema a solucionar. La experiencia que estos poseen se obtiene tras largos años de aprendizaje académico, llevados a la práctica.

Por otra parte, un Ingeniero en conocimiento será el encargado de trasladar todo ese caudal de conocimiento de los expertos humanos a un lenguaje que el Sistema Experto pueda entender. Quizás éste sea el elemento más importante en el desarrollo de un Sistema Experto, ya que, si los cimientos del conocimiento del programa son de buena calidad, sus respuestas también lo serán.

2. Base de conocimientos (BC):

La información que esté dentro de una Base de Conocimiento va a estar dada por un tema específico para el que fue diseñado el sistema. Dicha información debe tener la funcionalidad de diferenciar entre datos y conocimiento.

Los especialistas son los que se ocupan de suministrar toda la información necesaria a los ingenieros del conocimiento que tendrá que presentarse de manera estructurada. Para esto es necesario que los expertos humanos repiensen, reorganicen, y puedan reestructurar la base de conocimiento, de manera de obtener como resultado un especialista que se convierta en un mejor conocedor de sus conocimientos, en el dominio en que se ha especializado.

Para diferenciar datos de conocimiento diremos que:

- Los datos del sistema están referidos y relacionados a la aplicación que se esté usando. Los mismos son de carácter transitorio y son destruidos después de usarlos; tienen la particularidad de almacenarse en la memoria de trabajo, como todos y cada uno de los procedimientos de los distintos sistemas y subsistemas.

- Para una base de conocimiento, diremos que los conocimientos allí contenidos están referidos explícitamente a las afirmaciones de validez general, tales como distribuciones de probabilidad y reglas. La probabilidad se presenta cuando las soluciones se conducen en presencia de una incertidumbre en los datos, como por ejemplo, la predicción acerca de la lluvia y cuándo lloverá; ésta es una predicción, pues sólo puede ser manejada con una aproximación. En cambio, las reglas están asociadas a sentencias del tipo: “Si Condicional”; por ejemplo: “*Si sucede tal cosa entonces ejecute una orden, sino sucede entonces realice otra orden*”.

3. Subsistema de Adquisición de Conocimiento:

El conocimiento puede ingresar al Sistema Experto por un ingeniero en conocimiento o por el experto. También se puede dar que la información sea proveniente de un sensor o de alguna base de datos, por dicho motivo el funcionamiento va a ser el del control de flujo de toda la información.

Este mecanismo estará predestinado a controlar si todo flujo nuevo de conocimiento que surge del experto humano hacia la base de datos, es redundante.

Además, se encarga de decidir qué nuevo conocimiento se precisa, o si los conocimientos recibidos son verdaderamente nuevos. Es decir, si debe volcarse en la base de datos y, en caso de ser necesario, incorporar estos a la misma.

En el caso que los conocimientos iniciales del sistema estén muy limitados y todavía no esté en condiciones de sacar conclusiones, el motor de inferencia utiliza este mecanismo para poder obtener el conocimiento necesario y poder concluir el proceso de inferencia hasta dar una respuesta.

Hay otros casos donde el usuario puede brindar información para ayudar a las respuestas. Por este motivo es que siempre existen las interfaces con el usuario y la comprobación para determinar que la información ingresada sea competente, antes de encaminarla hacia la memoria activa.

4. Control de la Coherencia:

Este control es de utilidad para los expertos humanos pues contribuye a dar información de confianza, controlando la consistencia de la base de datos y así procurar que las unidades de conocimiento inconsistentes entren en la misma.

También debe comprobar e informar a los expertos en caso de que ocurriera alguna inconsistencia. Asimismo, comunicará sobre las restricciones que la información debe cumplir para ser correcta con la existente en la base de conocimiento en caso de que sea necesario ingresar información de los expertos humanos. Si los controles de coherencia no existiesen, el conocimiento sería prácticamente contradictorio, dando lugar a un proceder erróneo del Sistema Experto.

5. El Motor de Inferencia:

Es conocido también como el corazón de los Sistemas Expertos, pues es el encargado de combinar los hechos y las preguntas, utilizando para esto la Base de Conocimiento. El fin es obtener los razonamientos, ejecutando las inferencias (deducciones) en el momento del proceso de resolución. Por más que el motor de inferencia trabaje de manera procedimental, la forma con la que se utilice el conocimiento no va a estar prevista por quien programe el sistema.

En tanto, si el conocimiento que tiene inicialmente todavía es muy escaso y no puede brindar conclusiones precisas, se tendrá que acudir al subsistema de Adquisición de Información, que a continuación se explicará.

Asimismo, las dos Categorías con las que el Mecanismo de Inferencia trabaja son:

- **Determinismo:** un ejemplo claro es cuando el experto médico dice con certeza que si un ser humano presenta un temperatura de 37,5 grados, quiere decir entonces que el paciente presenta un síntoma de fiebre.
- **Probabilístico:** Son predicciones, es decir que no en todos los casos son verdaderas, y siempre se elige la probabilidad de mayor valor. Por ejemplo, si tuviésemos que decir cuántos alumnos abandonan los estudios antes de terminarlos, se pueden dar aproximaciones, ciertas o no.

6. El Subsistema de Adquisición de Información:

Cuando el conocimiento inicial es muy escaso y todavía no se pueden sacar conclusiones, el motor de inferencia va a tener que usar el subsistema de adquisición de información para lograr así conseguir conocimientos, continuar con el proceso de inferencia y lograr una solución.

Hay otros casos donde el usuario tiene la opción de poder suministrar la información requerida para éste y otros objetivos.

Por esto, nace la necesidad de una interfaz de usuario y de una comprobación de la consistencia de la información suministrada por el usuario antes de introducirla en la memoria de trabajo.

7. El Subsistema de Ejecución de Órdenes:

Es el que le permite al Sistema Experto poder iniciar acciones fundadas en las conclusiones que fueron sacadas por el motor de inferencia. Por ejemplo, un Sistema Experto realizado para poder analizar el tráfico de una gran ciudad, puede tomar decisiones sobre retrasar o parar en ciertos lugares con el control de semáforos; con el objetivo de optimizar el tráfico de la ciudad en un lugar en particular y así evitar un accidente. La explicación de las razones por las que se inician estas acciones son brindadas al usuario mediante el Subsistema de Explicación.

8. El Subsistema de Explicación:

Explica todos los procesos que fueron seguidos por el motor de inferencia y cada una de las conclusiones sacadas. Asimismo, señala cada una de las acciones que fueron realizadas por el Sistema Experto.

Este subsistema se convierte de gran ayuda para el informático pues permite, entre otras cosas, mejorar la gestión del motor de inferencia. Lo mismo sucede con el experto, pues proporciona colaboración en la creación y verificación de la coherencia de la base de conocimiento. El subsistema cuenta, también, con otro aspecto interesante y es que explica al usuario cómo llegó a deducir tal hecho y por qué plantea tal cuestión.

9. Interfaz de Usuario:

Es el canal de comunicación existente entre el Sistema Experto y el usuario, por ello debe incorporar mecanismos eficientes para poder mostrar y obtener información de forma fácil y amigable.

También es el vínculo para obtener la información necesaria del usuario. Consecuentemente, una implementación inadecuada en lo referido a la interfaz de usuario que no facilite este proceso, perdería por completo la calidad de Sistema Experto.

Otro aspecto importante es que los usuarios gracias a estas interfaces pueden evaluar a los Sistemas Expertos.

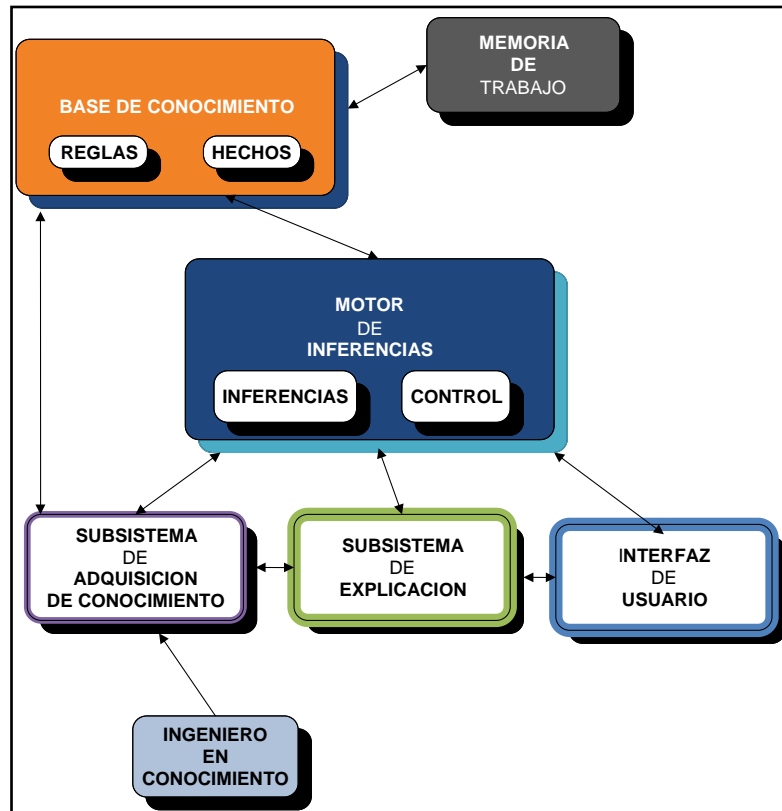
10. Memoria activa:

Es la base de datos globales que tienen los hechos que fueron usados por las reglas. Para dejar más en claro este concepto, podemos decir que esta base de datos contiene los hechos que contemplan el estado actual del objeto que se esté tratando. Así, el caso más simple para entender su funcionamiento es el ejemplo del semáforo, “ya sea luz verde” o una “luz roja”, cualquiera de estos dos eventos pueden estar en la memoria activa al mismo tiempo o sólo uno a la vez. En caso de que el semáforo estuviese trabajando con normalidad, sólo uno de los hechos estará en la memoria, en cambio si hubiese una falla de funcionamiento los dos hechos estarían en la memoria activa.

11. Medio para la adquisición de conocimiento:

Se trata de la vía automática para que el usuario pueda introducir los conocimientos en el sistema, sin tener al ingeniero del conocimiento para que codifique éste en forma explícita.

Por otra parte, en la siguiente figura se muestra la arquitectura de un Sistema Experto, con el fin de poder visualizar la ubicación del motor de inferencia que está entre el usuario y la base de conocimiento. Este último tendrá por tarea fundamental dos propósitos. En primer lugar, examinar los hechos y las reglas y, si fuese posible, agregar más hechos. En segundo lugar, decidir el orden en que se tienen que hacer las inferencias. En este procedimiento, el motor de inferencias va a ser el encargado de controlar todas las consultas que los usuarios le hagan al sistema. (Ver Figura 1).

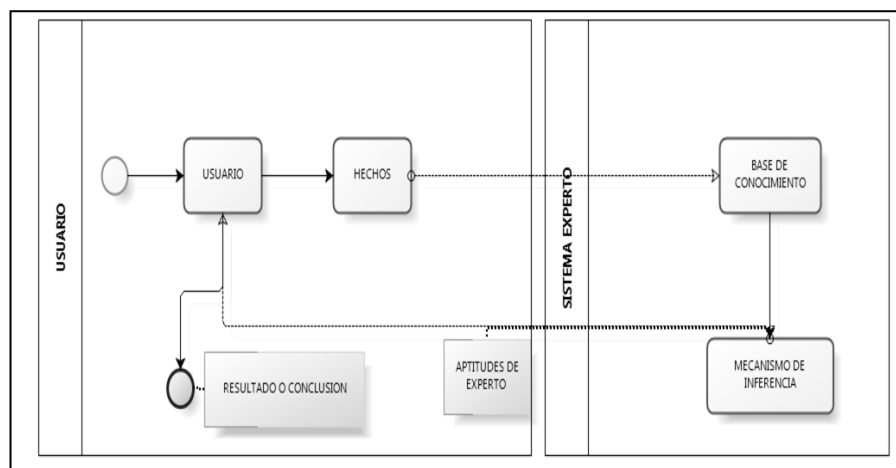


(Figura 1): Gráfico de inferencias

Mecanismo de funcionamiento de los Sistema Expertos

Todo el conocimiento que se puede introducir en el Sistema Experto va a ser acumulado no sólo a manera de experiencias o consultas, sino de diversas maneras. Se ingresan fuentes de todo tipo, ya sea de personas capacitadas, diarios, libros y revistas.

Se presenta de manera gráfica el funcionamiento de los Sistemas Expertos en el siguiente gráfico. (Ver Figura. 2).



(Figura 2): Gráfico Funcionamiento Sistema Experto.

Para dejar más en claro el procedimiento de funcionamiento del Sistema Experto lo detallaremos a continuación.

Como se puede observar el usuario accede y establece la comunicación con el Sistema Experto a través de la interface de usuario, ya sea mediante un menú desplegable o cualquier otro mecanismo de petición de la información. En los casos

más simples la información que el usuario tiene que suministrar son respuestas por sí o no, a las preguntas del sistema. Esta información suministrada por el usuario se la conoce con el nombre de conocimiento concreto.

Como ya dijimos, el usuario es el encargado de introducir el conocimiento concreto y esperará recibir del sistema consejos o experiencias como respuesta; pero para llegar a esto va a ser necesario que éste impacte primero en la base de conocimiento. Este va ser el lugar donde se encuentra depositada toda información relacionada con uno o más expertos humanos, que aportaron al conocimiento del Sistema Experto, esta información también tiene un nombre particular denominado conocimiento abstracto. Todo este cúmulo de conocimiento tiene que tener la particularidad de estar estructurada, organizada, según las normas de estilo que se hayan establecidas, la cual presenta los hechos y las relaciones del dominio que se esté tratando.

Una vez que la información ha pasado por la base de conocimiento que en su interior contiene reglas; comenzará a trabajar el mecanismo de inferencia. Este se puede aplicar a distintas bases de conocimiento independientemente del dominio que se quiera tratar, ya sea para un sistema de diagnóstico médico o para la avería de un auto, lo único que se cambia es la base de conocimiento. Este componente va a ser el que nos brindará el resultado o conclusión que estamos esperando.

Tampoco debe olvidarse de la base de hechos que cumple un rol importante cuando empieza el trabajo del mecanismo de inferencia, ya que tendrá el trabajo de ir

guardando el camino de razonamiento que se fue siguiendo para obtener dichos resultados. Y es un punto al cual el usuario le da un alto grado de valor, cuando quiere saber por qué motivo dio dicha respuesta el sistema.

Es importante destacar que cuanto más conocimiento tengamos sobre el dominio del problema, más eficiente en sus respuestas va a ser el sistema. El dominio del problema será el área específica que estamos tratando, ya sea medicina, ciencias, ingeniería, etc.

Representación del Conocimiento

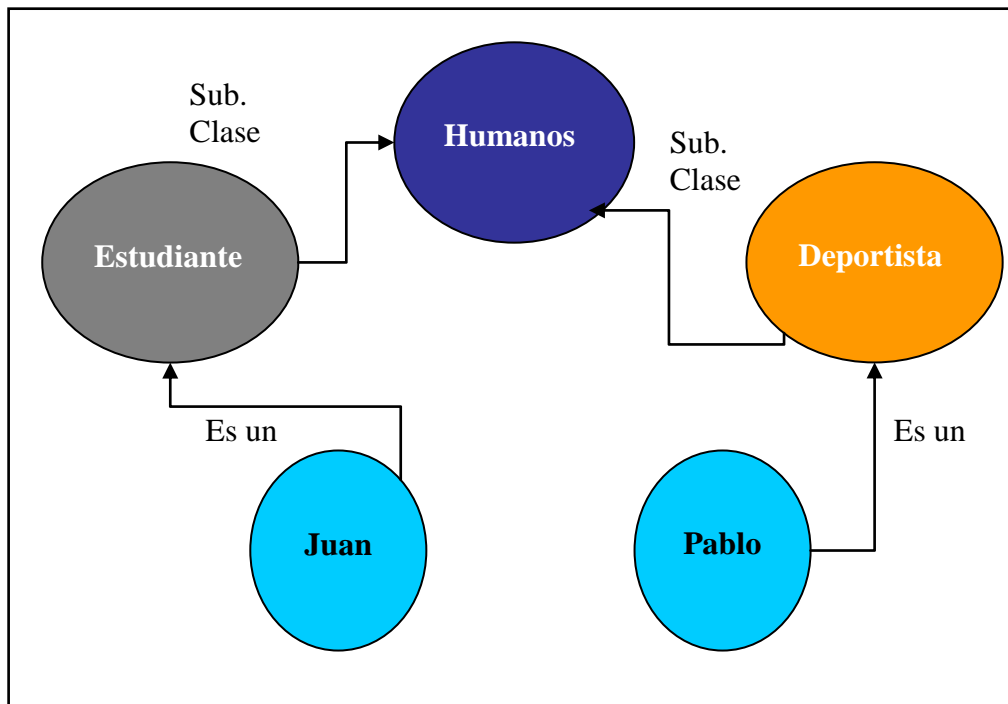
Según el libro “Introducción a la Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos, Redes Neuronales Artificiales y Computación Evolutiva” (2001) de los autores Raúl Pino Diez, Alberto Gómez Gómez, Nicolás de Abajo Martínez, la representación del conocimiento y razonamiento se define como:

“El estudio de los simbolismos para representar conocimiento y de los distintos modos de razonamiento, considerado como el mecanismo de generar conocimiento a partir del conocimiento almacenado, es la base de buena parte de los sistemas funcionales que están teniendo una progresiva importancia en el ámbito de las aplicaciones prácticas, ya sea en forma de reglas lógicas, características de los Sistemas Expertos o mecanismos de representación del conocimiento implícito no simbólico, que tienen a las redes neuronales como principal método (Raúl Pino Diez, 2001, pág. 5)”.

En tanto, los métodos que son más usados a la hora de representar conocimiento son: Reglas, Redes Semánticas y Marcos de referencia:

- Reglas: Están asociadas a sentencias del tipo “Si Condicional” -si sucede tal cosa, entonces, ejecute una orden, “Si No sucede entonces” realice otra Orden-.
- Redes Semánticas: Es un grafo dirigido, en el cual los nodos corresponden a clases, como en los lenguajes orientado a objetos y sus atributos. Son usadas mayormente para representar los mapas conceptuales y mentales donde los elementos semánticos son representados como objetos o nodos.

Para comprender mejor el concepto de Redes Semánticas podemos observar, en el siguiente ejemplo, los dos objetos: Juan y Pablo. Intuitivamente, podemos inferir que Juan y Pablo son Humanos dado que estudiante y deportista son una subclase de Humano (*Ver figura 3*).



(Figura 3): Ejemplo Redes Semánticas.

- Marcos de Referencia

Estos permiten representar los conocimientos de las personas, pero son difíciles de expresar en formas de reglas.

Estos marcos son estructuras compuestas por atributos o también conocidos como ("slots"). Se encargan de describir algún objeto en particular y de contener los valores iniciales, reglas o procedimientos para cambiar los valores de estos atributos. Otra ventaja de los slots es que pueden mantener herencia con otros marcos y, de esta forma, heredar sus atributos de la manera en que estén expuestos en las redes semánticas (Ver figura 4).

Ejemplo:

PERSONA

Slots	Valores
Nombre	Juan
Edad	35
Color de ojos	marrón

(Figura 4): Ejemplo de Marco de Referencia.

Según el libro “Introducción a la Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos, Redes Neuronales Artificiales y Computación Evolutiva” de Raúl Pino Diez, Alberto Gómez, Gómez, Nicolás de Abajo Martínez (2001) el Aprendizaje Automático es definido como: “La capacidad de aprendizaje es un aspecto crucial del comportamiento inteligente de los seres humanos, que les permite acumular experiencia y adaptarse a entornos cambiantes frente a los que deben utilizarse nuevas estrategias (Raúl Pino Diez, 2001, pág. 9)”.

Otros métodos de aprendizaje de carácter inductivo (es decir, capaces de inferir propiedades de un nuevo caso a partir de los casos analizados en la experiencia previa) utilizan representaciones estructurales y relacionales del conocimiento obtenido por la experiencia y por lo aprendido. Es el caso de los sistemas expertos capaces de generar nuevas reglas de producción por aprendizaje empírico.

En resumen, los mecanismos de inferencia y de control que están dentro del motor inferencias del Sistema Experto son los que gobiernan el uso que el sistema hace de los hechos y reglas que están dentro de la base conocimiento.

Por tal motivo, como el orden de las reglas es importante y, además, el orden de las cláusulas de las premisas de las reglas determina cuál será el orden en que se va examinar dicha cláusula, la inferencia y el control se encuentran dispersas por todo el Sistema Experto. Sin embargo, las distintas estrategias, como las de encadenamiento y búsquedas, están determinadas por el motor de inferencias.

De todas maneras, las estrategias de inferencia que se utilizan cuando se desarrollan los Sistemas Expertos no son muy complejas, ya que, en la mayoría de los casos, los expertos humanos no recurren a estrategias complicadas. Más bien prefieren combinar estrategias simples con conocimiento específico y con los heurísticos adecuados para reducir de manera rápida el problema.

La Inteligencia Artificial

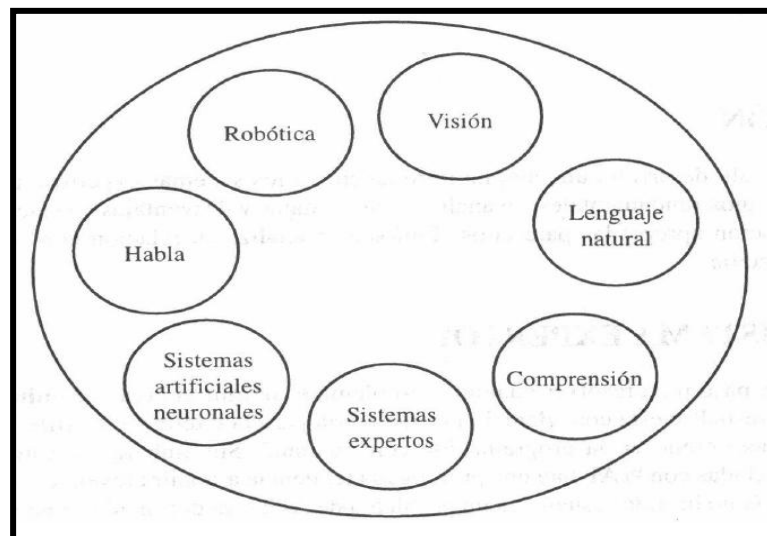
Uno de los aspectos más importantes de los conceptos trabajados en esta investigación es el de Inteligencia Artificial, al que le daremos un alto valor debido a su contenido conceptual. Cabe aclarar que no es fácil encontrarnos con una definición precisa de Inteligencia Artificial, debido a que la mayoría de los autores la describen de diversas maneras, es por eso que tomaré las definiciones que considero mejor adaptadas a la realidad que estamos viviendo.

Así, según la “Enciclopedia de la Inteligencia Artificial”: “La IA es un campo de la ciencia y la ingeniería que se ocupa de la comprensión, desde el punto de vista informático, de lo que denomina comúnmente comportamiento inteligente. También se ocupa de la creación de artefactos que exhiben este comportamiento (Enciclopedia de la Inteligencia Artificial)”.

En cambio, otros autores la describieron como:

Según el libro “Análisis y Diseño de Sistemas”, escrito por los autores Kenneth E. Kendall y Julie E. Kendall (“La inteligencia artificial se puede considerar como el campo general para los Sistemas Expertos. La motivación principal de AI ha sido desarrollar maquinas que tengan un comportamiento inteligente. Dos de las líneas de investigación de la AI son la comprensión del lenguaje natural y el análisis de la capacidad para razonar un problema hasta su conclusión lógica. Los sistemas

expertos utilizan técnicas de razonamiento de la IA para solucionar los problemas que les plantea los usuario de negocio y de otras áreas (Kendall, 2005, pág. 4)”.
En el siguiente gráfico se puede visualizar todos los campos que involucra la I.A (Ver Figura 5).



(Figura 5): Campos de la Inteligencia Artificial (Giarratano).

Como podemos ver a través de estas distintas definiciones, los Sistemas Expertos son una rama de la Inteligencia Artificial, que hace uso de todo el conocimiento especializado para poder resolver problemas como lo haría un experto humano.

Con el paso del tiempo, se han ido desarrollando sistemas cada vez más perfectos, que son aptos para reproducir las capacidades humanas. Los sensores y mecanismos de intercambio de información, la robótica relacionada a las máquinas móviles, entre otros, vienen sirviendo de ayuda a la IA para hacer posible su interacción con el entorno. Y, básicamente, todo lo que está referido a las habilidades cognitivas e intelectuales han sido brindadas por el estudio del cerebro humano, para

comprender cómo se interpretan las señales de información, ya sea resolver problemas de diversos tipos que nos presenta la vida cotidiana; o determinar cómo se acumula la experiencia y conocimiento; hasta reconocer cómo aprender y cómo se generan nuevos conocimientos con el razonamiento. Todos estos antecedentes hicieron posible que hoy hablemos de una IA aplicada a los Sistemas Expertos.

Redes Neuronales Artificiales

En 1980 fue la década donde apareció una nueva concepción de desarrollo en la programación de paradigmas: ANS como sus siglas lo indican (*Artificial Neural System*), fue desarrollado con el fin de trabajar de la misma manera que el cerebro humano. Este fenómeno, también conocido por el nombre de conexionismo, tiene como función modelar las soluciones de los problemas entrenando las neuronas que son simuladas y que están conectadas en una red de trabajo. Los estudios de redes neuronales siguen en curso hasta el día de hoy, ya que presentan un enorme potencial en lo que respecta a Sistemas Expertos, que requieren grandes cantidades de entradas mediante sensores así como respuestas en tiempo real.

Una particularidad que tienen los humanos y los animales es que tienen la capacidad para poder modificar sus comportamientos, este don es conocido con el nombre de aprendizaje. Este proceso se llama sinapsis y es un mecanismo celular que tiene por objetivo cambiar la facilidad o dificultad con las que se transmiten las señales entre las neuronas.

Según el libro *Bioinformática: Simulación, vida artificial e inteligencia artificial*, escrito por Rafael Lahoz-Beltrá: “Siempre que a la red neuronal artificial le sea presentado un cierto input o entrada, la salida, respuesta o output será siempre idéntica para dicha entrada. Además en algunos casos, realizando experimentos de simulación puede observarse que la red neuronal artificial proporciona soluciones no estables, ya que para dos o más inputs o entradas distintas proporciona las mismas salidas. Desde un punto de vista histórico, este conjunto de circunstancias y limitaciones imposibilitan cualquier posible aplicación de redes neuronales artificiales, lo que condujo a los investigadores pioneros en redes neuronales a la

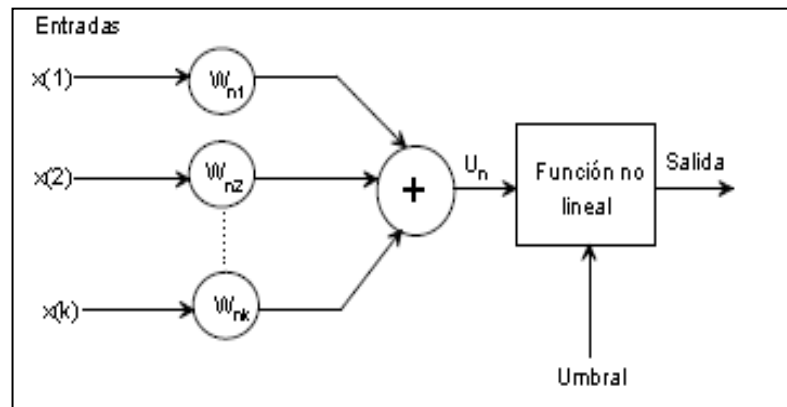
búsqueda de algoritmos con los que fuera posible modificar, aplicando algún modelo de aprendizaje, las respuestas o output de la red neuronal a las señales de entrada o input (Lahoz-Beltrá, 2004, pág. 413)”.

Las redes neuronales no son programadas de manera convencional y hay varios algoritmos usados para el aprendizaje como, por ejemplo, Backpropagation, *Real time Recurent Learning*, Adaline, Alopex, Rprop, Delta Bar-Delta etcétera, que optimizan las conexiones entre neuronas según el error que se está cometiendo en la red, entendiendo el error como la diferencia que hay entre la salida ofrecida por la red y la salida deseada.

Antes de comenzar a detallar algunos de los algoritmos antes nombrados, es importante saber que un modelo artificial neuronal está compuesto por cuatro elementos básicos. El primero es un conjunto de conexiones, llamados pesos o sinapsis, que van a determinar el comportamiento de la neurona. Estas conexiones pueden ser excitadoras si presenta un signo positivo, e inhibidoras en el caso de tener un signo negativo.

Otro componente es el sumador, el cual se encarga de sumar todas las entradas multiplicadas por las respectivas sinapsis o pesos. También requiere una función no lineal, que se ocupa de limitar la amplitud de la salida de la neurona y, por último, un umbral exterior que va a determinar el umbral por encima del cual la neurona se activa.

Esquemáticamente, una neurona artificial quedaría representada así (Ver *Figura 6*).



(Figura 6): Esquema Neurona Artificial (Antonio J.Serrano).

Cabe remarcar que cada uno de los algoritmos que se utilizan para el aprendizaje, tienen características distintas que los hacen óptimos para determinadas circunstancias, es decir: según el problema que se tenga que resolver y el tipo de plataforma que esté disponible para que el aprendizaje logre eficacia, robustez, independencia respecto a condiciones iniciales, alta capacidad de generalización, costo computacional bajo y sencillez en los razonamientos.

A continuación, describiremos el funcionamiento de dos de los algoritmos más usados antes mencionados para entender cuáles son sus diferencias.

Uno de ellos es el algoritmo *Backpropagation*, que, según el libro “Redes Neuronales” de los autores (Antonio J.Serrano), “es un algoritmo de descenso por gradiente que retropropaga las señales desde la capa de salida hasta la capa de entrada, optimizando los valores de los pesos sinápticos mediante un proceso iterativo que se basa en la minimización de la función de coste (Antonio J.Serrano, 2010, pág. 59)”.

Por ello, puede dividirse el algoritmo en dos fases:

- 1- Propagación hacia adelante: Se propagan señales desde la capa de entrada hasta la de salida, determinándose la salida de la red y el error cometido al comparar ésta con el valor de la salida deseada, que se le facilita a la red durante la etapa de aprendizaje.

- 2- Propagación hacia atrás: En función de los errores cometidos en la capa de salida, el algoritmo se encarga de optimizar los valores de los pesos sinápticos que determinan las conexiones entre las neuronas mediante la retro propagación del error desde la capa de salida a la de entrada a través de las sucesivas capas ocultas.

Explicado de una manera menos técnica, esto quiere decir que es un algoritmo que está basado en el método gradiente descendente, lo cual significa que utiliza funciones multivariantes para obtener una aproximación lineal de la función error.

De esta forma, el aprendizaje se logrará con un conjunto predefinido de patrones de entrada y salida, empleando un ciclo de propagación y adaptación con dos fases bien diferenciadas antes mencionadas. No obstante, este tipo de algoritmo es conveniente usarlo cuando la complejidad de la red es tal que un algoritmo que fuera más estructurado podría ocasionar retardos al ser aplicado. Por esto, es que trabajan de forma off-line, modificando el valor de sus estados internos, en tiempos relativos al contexto en que están siendo utilizados.

Por otra parte, existen otras opciones en lo que se refiere a algoritmos de aprendizajes, como es el caso del antes mencionado *Real time Recurent Learning* desarrollado por William y Zisper.

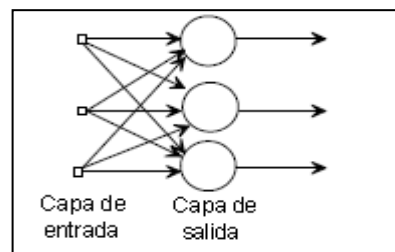
Este último se trata de un algoritmo con una complejidad de cálculo para un número de unidades procesadoras directamente conectadas a la red, lo cual es bastante elevado. Además, implica un gran número de cálculos a mayor número de elementos, pero tiene una alta probabilidad de convergencia.

La demanda en términos computacionales del algoritmo *Real time Recurent Learning* es mayor comparada con *Backpropagation*. Sin embargo, esta característica negativa es compensada por el hecho de que, usualmente, las redes neuronales basadas en *Real time Recurent Learning* requieren de una cantidad de neuronas significativamente menor que sus contrapartes. La ventaja más grande de éste es que puede predecir en la red el siguiente evento basados en información previa. A diferencia del algoritmo antes mencionado, en este caso es posible, pues trabajan en modo on-line gracias a que el algoritmo actualiza pesos utilizando sus estados previos y pueda actualizar sus valores en tiempo real.

Arquitectura de las Redes Neuronales

Cabe destacar que, al definir la arquitectura de una red neuronal simple, no es suficiente con entender el comportamiento de las neuronas, sino que, además, hay que saber cómo éstas se interconectan entre ellas. Las mismas están distribuidas también en dos capas, cada una tiene un número variable y un comportamiento muy similar, de esta manera, forman varias capas de una red neuronal.

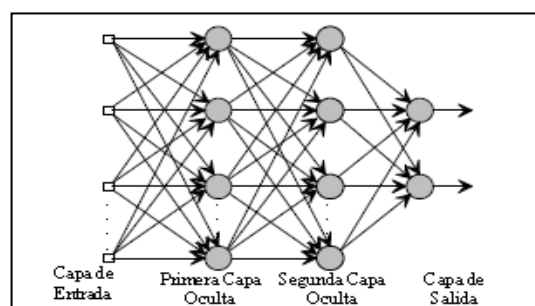
Las redes neuronales pueden clasificarse según el número de sus capas y según el tipo de conexión y grado de conexión. Según sus capas pueden ser: monocapas o multicapas. Las monocapa tiene la capa 1 (*input buffer*), conocida como capa de entrada, el número y tipo de neuronas que posee está determinado por los datos del problema y una capa 2 (*output buffer*), o también conocida como capa de salida que es la encargada de mantener la respuesta que va dar la red (*Ver Figura 7*).



(Figura 7): Esquema de red monocapa.

Fuente: (Antonio J.Serrano, 2010)

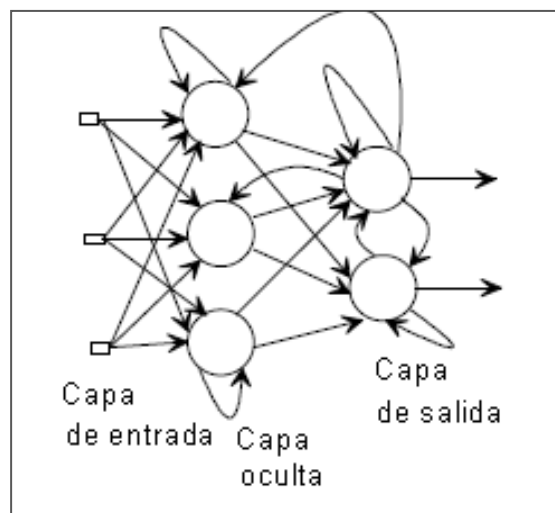
En tanto, la multicapas es una extensión de la anterior, ya que existen un conjunto de capas intermedias entre las de entrada y salida conocidas también con el nombre de capas ocultas. En esta tipología de red, la red puede estar total o parcialmente conectada (*Ver Figura 8*).



(Ver Figura 8): Esquema de red neuronal multicapa.

Fuente: (Antonio J.Serrano, 2010).

Por otra parte, según el tipo de conexión que existe en la red pueden ser clasificadas en redes no recurrentes o recurrentes. Las no recurrentes tienen la particularidad de que la propagación de las señales se producen sólo en un sentido, sin la posibilidad de la realimentación; es por ello que estas estructuras no tienen memorias. En cambio, las redes recurrentes tienen lazos de realimentación. Estos lazos pueden ser entre neuronas de las mismas capas, de distintas capas o también entre una misma neurona (Ver Figura 9).



(Ver Figura 9): Esquema de red neuronal recurrente.
Fuente: (Antonio J.Serrano, 2010)

Las redes, por su parte, pueden diferenciarse por el grado de conexión que existe entre ellas. Así, se encuentran redes totalmente conectadas y redes parcialmente conectadas. Las que están totalmente conectadas se destacan porque todas las neuronas de una capa se encuentran conectadas con las de la capa que le sigue en el caso de ser una red no recurrente. En el caso de las redes recurrentes serán conectadas con la capa anterior. En cambio, en las redes que son parcialmente conectadas, no existe tal conexión total entre neuronas de diferentes capas.

Características de las Redes Neuronales

Como vimos anteriormente, las arquitecturas de las redes neuronales son muy distintas a las de las computadoras convencionales. Partimos de la diferencia central de que una computadora puede correlacionar la información de manera discontinua con las celdas de memoria. Por ejemplo, si quisiéramos almacenar el legajo de una persona, esto se podría hacer a través del código ASCII en un grupo contiguo de celdas de la memoria. Así, al examinar lo que hay dentro de este grupo de celdas, puede reconstruirse directamente el número de legajo de la persona. Este tipo de reconstrucción es posible gracias a la relación de uno a uno entre cada caracter del legajo y la celda que contiene el código ASCII de ese caracter.

En cambio, los sistemas neuronales artificiales están modelados a partir de las teorías del cerebro, donde la información está ligada a pesos. No obstante, cabe aclarar que esta información no presenta una relación directa entre pesos y un dato específico de la información que está guardada. La red va ajustando automáticamente los pesos que conectan las neuronas. Los pesos y los valores de umbral determinan la propagación de los datos por medio de la red y, por tanto, su respuesta correcta a los datos de entrenamiento. El entrenamiento es fundamental para que una red brinde respuestas correctas. Dicho entrenamiento conlleva horas o días, dependiendo de la cantidad de patrones que la red deba aprenderse, sin olvidarnos del hardware y software que se esté utilizando. Una vez que la red esté entrenada, las respuestas se brindarán de manera rápida.

Desde otro lado, podemos mencionar que las redes neuronales son una buena opción cuando la cantidad de datos empíricos es grande y no hay algoritmos que

puedan proporcionar velocidad y precisión para sus respuestas. Las ventajas que tienen en comparación con el almacenamiento en computadoras convencionales son interesantes de destacar. Una de las diferencias más notoria es que el almacenamiento en las redes neuronales es tolerante a fallas. Al estar la información almacenada de manera distribuida, pueden eliminarse partes de la red y causar sólo una degradación en la calidad de los datos almacenados.

Otro punto a favor es que los datos se almacenan de manera asociativa. La memoria asociativa es aquella en la que los datos parciales bastan para poder recordar la información completa que ya está almacenada. Este es un punto a favor en comparación con la memoria convencional, pues, en esta última, los datos se recuerdan especificando una dirección.

Las Redes Bayesianas

En los primeros Sistemas Expertos que se crearon, la probabilidad fue utilizada como un mecanismo para abordar los problemas con incertidumbre, pero la calidad de estos modelos exigía una gran cantidad de parámetros, que en aquel entonces eran prohibitivos para la capacidad que los ordenadores podían operar. En este marco, la aparición de las redes bayesianas fue clave, la probabilidad incurrió un espectacular cambio lo que hace que en estos momentos se esté reemplazando de modo satisfactorio al resto de las medidas de incertidumbre. El desarrollo de las redes bayesianas sigue creciendo y actualmente existen muchos métodos de propagación de incertidumbre, en el que cada uno mantiene sus características en un tipo concreto de redes.

Las redes bayesianas son una clara alternativa de los árboles de decisión, están basadas en los fundamentos de las teorías de la probabilidad, permitiendo combinar el juicio del experto con las fuentes de datos que hay a disposición. De esta manera, pueden realizar las inferencias entre cualquier conjunto de variables.

Actualmente, existen variados ejemplos en los que se muestran los buenos resultados con el uso de las redes bayesianas, como es el caso de sistemas de diagnóstico médico.

Para comprender de qué se tratan estas redes, diremos que las mismas se componen de dos partes importantes. Por un lado, una estructura o parte cualitativa representada por un grafo acíclico, donde cada nodo va a representar una variable

aleatoria; y, por otro lado, los arcos que van a representar dependencias probabilísticas entre las variables.

- **Funcionamiento del Aprendizaje de Redes Bayesianas**

Si la base de conocimiento del sistema experto va a estar dentro de una Red Bayesiana, ésta va tener que cambiar conforme aumenten los datos. En las primeras instancias, la red estará constituida por la opinión de los Expertos; pero a medida que se va añadiendo más conocimiento, se va modificando tanto su estructura como sus parámetros en el proceso de aprendizaje.

- **Los Clasificadores de Redes Bayesianas**

Los clasificadores son funciones que permiten asignar un valor de un atributo discreto, conocido con el nombre de clase, a instancias de un conjunto de atributos que pueden ser continuos o discretos. Un claro ejemplo sería un Sistema Experto que nos ayude a tomar una decisión dentro del Departamento de Finanzas, aconsejándonos sobre si nos conviene otorgar un préstamo a un cliente específico según la probabilidad de impago que tenga, y esta probabilidad será evaluada según los atributos que posee el cliente.

Llevado al terreno de lo que nos interesa de las Empresas, el recurso de la información es una de las fuentes más valiosas para la toma de decisiones. Para que las Empresas puedan gestionar de manera más adecuada, es necesario poder procesar todos los datos posibles para interpretarlos y, así, extraer todo el conocimiento necesario para hacer una adecuada toma de decisiones. Actualmente, con los clásicos

Sistemas Expertos basado en reglas, se está innovado por otros modelos más intuitivos y gráficos probabilístico como es el caso de las Redes Bayesianas, las cuales son capaces de representar el grado de incertidumbre de las relaciones de dependencia entre las variables.

De todas maneras, el experto también va a poder decidir, para su construcción, el nivel de certidumbre que prefiera, para que el sistema asigne al conocimiento aportado directamente por el mismo.

CAPITULO 1

Antecedentes y Conceptos

Para cumplir con el objetivo de esta investigación, partimos de realizar un recorrido en el pasado para poder encontrar aquellos hitos que hicieron que hoy estemos hablando de los Sistemas Expertos.

Desde hace muchos años, el hombre viene experimentando y soñando que las computadoras piensen de la misma manera que los seres humanos. Los avances han sido impresionantes hasta el día de hoy, pero, sin lugar a dudas, todavía no se ha dado con los resultados esperados puesto que se sigue investigando y progresando en lo que a inteligencia artificial y tecnología refiere.

A principio de 1950, Alan Turing, matemático y pionero de la computación, fue uno de los primeros en estudiar el cerebro humano como una forma de implementación en lo que refiere a computadoras. Gracias a la invención de la máquina de Turing, el científico creó un modelo formal de computadora, demostrando que había problemas que una máquina no podía resolver. Sin embargo, con este aparato, era posible realizar cualquier tipo de cómputo por medio de un computador digital. Él fue, sin dudas, el impulsor de varios desarrollos tecnológicos que se realizaron años más tarde.

Posteriormente, en el año 1955, y de la mano de Newell y Simon, apareció la teoría de la lógica. Dicha teoría fue un gran aporte ya que permitió desarrollar un software que exploraba la solución de un problema, éste constaba de ramas y nudos, el cual seleccionaba las ramas que más eran propensas a solucionar el problema.

Un año más tarde, John McCarthy va exponer por primera vez el uso del término Inteligencia Artificial para comenzar a encaminar el estudio del tema.

Con el comienzo de las investigaciones sobre Inteligencia Artificial, se lanza la primera versión del Solucionador General De Problemas – también conocido por sus siglas GPS-. Éste tenía como función, básicamente, poder solucionar problemas que eran de sentido común.

De esta manera, el GPS tuvo una gran trascendencia, ya que podía describir los procesos en términos de sentencias. En este tipo de programación siempre se debe decir lo que tiene que suceder según el estado que tenga, pero no es necesario saber de antemano cuándo va a tener cierto estado. Este tipo de sentencias fueron usadas también con el lenguaje COMMIT, desarrollado por Yngve, y con algunos lenguajes que le sucedieron, como es el caso de SNOBOL.

Sin dudas, este fue un hito de suma importancia en lo que refiere a la Inteligencia Artificial, porque se pudo mostrar cómo hacer para escribir de manera textual un programa y resolver un problema en particular.

Posteriormente, la década del 60 fue la más importante. Marcó un antes y un después, y fue destinada a la búsqueda de resoluciones generales a los problemas. En estos años, aparece un hito central: la creación de los lenguajes de programación de la mano de LISP y PROLOG su competencia.

Una de las cualidades que más se destacan de LISP sobre otros lenguajes es que presenta la ventaja de poder ser muy flexible, esto significa que se puede escribir un programa para poder representar cualquier comportamiento del ordenador. Sin dejar de lado la extensibilidad que tiene, cualquier programador puede agregarle características si así lo deseara y hacer que forme parte de su LISP personal.

Así también, LISP tiene una estructura de lista y ofrece también sus propias funciones básicas, con la posibilidad de poder crear funciones recursivas, con una gestión dinámica de la memoria. Esto significa que el sistema podrá administrar el espacio en memoria para las listas que están en constantes cambios, sin que el usuario tenga que tomarse el trabajo de hacerlo por sí mismo. Ello se logra a partir de liberar espacios que ya no son utilizados, reutilizándolos poniéndolos en plena disposición para cuando se deba usar puesto que las mismas van cambiando de manera dinámica e ilimitada.

Asimismo, cuenta también con la posibilidad de ser un intérprete de comandos, con módulos que le sirven para poder desarrollar y controlar el progreso en programas. Las personas que se dedican a programar en este lenguaje de Inteligencia Artificial, lo ven como un entorno de programación con herramientas más que interesantes incluidas en el mismo.

Por otro lado, se halla PROLOG, que nació en Europa para dar soporte al lenguaje natural con una lógica matemática, junto con algunas características declarativas de la lógica computacional, y con aspectos procedurales de la programación. Los programadores que utilizan esta programación escriben un conjunto de reglas y hechos con todas sus relaciones, es por ello que, con este tipo de programación, no se usan las técnicas de diagramas de flujos.

En tanto, las sentencias convencionales (*goto, if then else*) y los ciclos (*for* y *while*) no son utilizados. Sí posee otras formas de expresión que hace que sea una herramienta excelente de desarrollo para poder representar conocimiento. Los predicados que expresan las relaciones entre identidades, los métodos para definir predicados con reglas de aserción y hechos. También es posible hacer preguntas para iniciar cálculos y procedimientos de búsquedas hacia atrás para poder evaluar metas.

Además, PROLOG presenta otra destacable cualidad y es que cuenta con estructura de datos para poder simular los registros al estilo de los utilizados en Pascal -otro reconocido lenguaje de programación- y un reconocedor de patrones, que tiene el trabajo de construir y analizar las estructuras de los datos.

Siguiendo con los años 60, se destaca otro acontecimiento central en este decenio: el desarrollo de Sistema Experto llamado DENDRAL –que, en griego, significa “árbol”-. Este Sistema basa su funcionamiento en un árbol de posibilidades, y fue desarrollado para el uso en el ámbito de la química con el fin de poder hacer

análisis espectroscópicos de una molécula desconocida. DENDRAL permitió predecir estructuras moleculares que podían explicar dicho análisis.

En este mismo contexto, es destacable la aparición de MYCIN (Stanford). Su importancia recae en el hecho que fue el más parecido al comportamiento de un experto humano. Consistía en una herramienta de consulta médica, destinada al diagnóstico y al tratamiento de algún tipo de enfermedad infecciosa, como, por ejemplo, la meningitis. El mismo no sólo podía recomendar el tipo de tratamiento, sino que también era capaz de identificar la clase de medicamentos y sus dosis, a partir de la historia clínica del paciente, con sus síntomas y resultados de análisis del laboratorio.

Otra ventaja que hace que sea el primero de una generación de los ordenadores, es que también expone las explicaciones del razonamiento que éste presenta en el entorno. Los sistemas posteriores se basaron en él y en sus técnicas desarrolladas. Asimismo, se usaron en la creación de herramientas de construcción para posteriores sistemas expertos.

A comienzos de los 70, aparece otro desarrollo importante denominado TRERESIAS. La función de este Sistema Experto era la de servir de intérprete entre el ya mencionado MYCIN y los especialistas que lo manejaban, a la hora de volcar conocimiento a la base de datos. El especialista debía usar MYCIN y, cuando éste cometiera algún error en un diagnóstico producido por alguna falta de información en el árbol de teorías, TERESIAS sería el encargado de corregir dicho fallo, eliminando esa regla o caso contrario ampliándola para corregirla.

Además, durante la década del 70, Digital Equipment Corporation (DEC) escribió un pequeño software de sistemas expertos XCON, para poder demostrar las posibilidades de un enfoque basado en técnicas cognitivas.

Según el libro “Aplicaciones de la inteligencia artificial en la actividad empresarial, la Ciencia y la Industria”, escrito por Wendy B. Rauch-Hindin (1990): “XCON está firmemente establecido en (DEC). Desde su aceptación, el grupo IA de Digital ha añadido e integrado XCON otros sistemas expertos. Casi todos ellos fueron diseñados por/o en cooperación con la Carnegie-Mello. Otros se están desarrollando en colaboración con otras instituciones académicas y algunas ampliaciones de todos estos sistemas expertos han sido producto de la importación y transferencia de tecnología de AI por DEC. Esta red de sistemas expertos integrados constituye lo que DEC llama una red cognitiva integrada para ventas, ingeniería, fabricación y asistencia técnica in situ (Rauch-Hindin, 1990, pág. 67)”.

Posteriormente, en los inicios de los 80, se produce la revolución de los Sistemas Expertos, tal como sucedió con DELTA, de General Electric Company, un sistema destinado a la reparación de las locomotoras eléctricas y diesel.

La década de 1980, se convirtió en una época central debido a la aparición de distintas empresas dedicadas a los Sistemas Expertos: Machines Inc, Teknowledge, Symbolics, Lisp, Carnegie Group, etcétera. Los productos en los que estaban enfocadas la mayoría de estas Empresas eran las máquinas LISP -ordenadores que

servían para ejecutar programas en LISP, con una rapidez igual que un ordenador central- y las herramientas para poder desarrollar los Sistemas Expertos.

Asimismo, a mediados de esta década se introduce un nuevo desarrollo de software de una gran potencia llamado CLIPS, proveniente de la NASA. El mismo fue escrito a través del lenguaje de programación en C; la intención es que pudiera presentar rapidez de procesamiento y movilidad, por lo que usaba un poderoso acoplador de patrones conocido con el nombre de algoritmo de RETE. La ventaja central de este software era su uso gratuito para todo contratista gubernamental. Así también, las universidades podían tener acceso al mismo a la mitad de su precio. CLIPS se instala en cualquier compilador C, con la condición de que soporte lenguaje C de Kernigan y Richie. Además, se ha instalado también en PC Hewlett Packard, Sun, IBM y muchos otros fabricantes de ordenadores.

Seguidamente, en los años 90 llegaron enormes avances informáticos, los cuales provocaron el aumento en el desarrollo en el área de la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos. Esta situación, afirmó aún más a estos sistemas como una herramienta para las Empresas.

Como resumen de esta breve reseña cabe aclarar que el desarrollo de LISP como el de PROLOG condicionó toda la evolución de los Sistemas Expertos. Ya que los primero Sistemas creados en los años 60, como dijimos anteriormente, eran sólo capaces de poder resolver problemas de situaciones particulares. Pero, a partir de los 70 en adelante, se pudo comenzar a resolver nuevos problemas con situaciones inciertas, basadas en medidas difusas, para luego utilizar redes probabilísticas.

CAPITULO 2

Conociendo a los Sistemas Expertos

La existencia de un Sistema Experto nace con la necesidad de resolver algún tipo de problema y de decidir si se quiere programar la experiencia de un profesional en el área; sin olvidar aspectos importantes como, por ejemplo, que ese profesional esté disponible y quiera colaborar para llevar a cabo el sistema.

Esta increíble tecnología no sólo contribuirá a minimizar los problemas de productividad de las empresas, sino que también contribuirá a las actividades que se llevan a cabo para que se reestructuren en organizaciones más eficientes y eficaces, puesto que ayudará básicamente a las personas a poder resolver los problemas con mayor rapidez y eficacia de lo que lo hacían actualmente.

En tanto, la capacitación a los empleados es otro punto revolucionario en las empresas cuando son introducidos Sistemas Expertos. Todas las habilidades que antes eran difíciles de enseñar y transmitir, ahora resultarán fáciles cuando los empleados utilicen los programas inteligentes que los ayuden a desempeñarse mejor en sus puestos de trabajo.

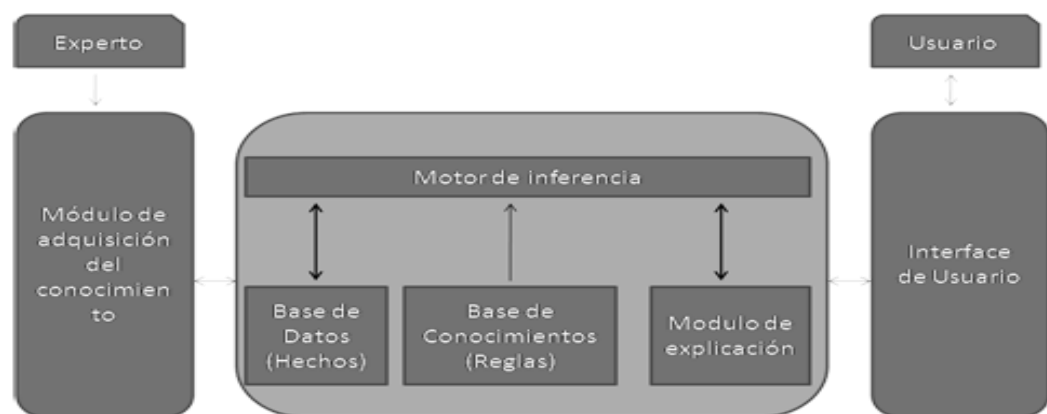
Las inferencias en los Sistemas Expertos

Una pregunta que le puede surgir a cualquier persona que no entienda acerca del tema, es cómo realiza el Sistema Experto las inferencias y cómo controla el proceso de razonamiento.

En lo que se refiere a estrategias de inferencia y manera de razonar, se puede decir que estas dos son las que gobiernan al Sistema Experto en relación a uso de los hechos, entrada de información del usuario y todas las reglas que posee en su base de conocimiento.

En primer lugar, la parte del control tiene que resolver problemas fundamentales. En todo sistema tienen que existir indicaciones sobre dónde comenzar, puesto que las reglas y los hechos están situados en una base estática de conocimientos. Así, el motor de inferencia debe poder resolver cualquier conflicto cuando hay líneas de razonamientos alternativas, y se encargará de decidir cuáles ejecutar primero.

Para comprender la representación de componentes de un Sistema Experto, tomamos como ejemplo al que nos ofrece Samper. Aquí se especifica que no hay estructuras comunes en los Sistemas Expertos, pero que sí tienen componentes comunes a todos como: el motor de inferencia, la base de conocimientos, interfaz con el usuario, la base de datos, módulos de adquisición de conocimiento y conocimiento de explicación (Ver figura 10).



(Figura 10): Estructura de un Sistema Experto ideal para Samper.

Por otro lado, un aspecto a destacar es que el funcionamiento de la base de conocimiento actúa independientemente del mecanismo de inferencia, es decir que sirve para resolver los problemas. Así, cuando los conocimientos estén obsoletos o cuando se ingresen más conocimientos, será mucho más simple añadir más reglas y eliminar las que ya no sirvan; o, caso contrario, corregir los errores en las existentes, sin tener que reprogramar todo el sistema.

En tanto, la base de conocimiento siempre va a actuar como la base de datos que contiene la información y las reglas específicas sobre un dominio determinado. Dicho de manera más técnica, ésta se conforma por objetos y atributos. Un objeto va ser lo que llamamos comúnmente conclusión, definida por los atributos que se relacionan al mismo. Así visto, el atributo es la característica que define el objeto implementado.

La base de conocimiento tendrá que tener en su interior una lista de todos los objetos con sus propias reglas y atributos. Las reglas se aplicarán a atributos determinados, y el mismo dirá si el objeto posee o no determinado atributo, es por eso que cada uno de los objetos mantendrá una lista de los mismos.

Por otra parte, para poder comprender el trabajo del motor de inferencia, éste va ser guiado por tres métodos.

El primer método que vamos a mencionar es el llamado encadenamiento hacia adelante. En éste, el motor de inferencia va usando la información que es suministrada por el usuario para poder desplazarse sobre la red de los operadores OR y AND, de tal manera que encuentre un punto fijo que es el objeto. En caso de que no se encontrara

el objeto que está definido por dichos requisitos, el Sistema Experto tendrá que tener la habilidad de seguir indagando al usuario para que se pueda crear el camino hasta el objeto. La única manera que esto pueda ocurrir es que se alcance el objeto y que se puedan cumplir las reglas asociadas al mismo. Para entenderlo de manera más visual, es como si fuese un árbol que va desde sus hojas hasta llegar a la raíz.

Por otro lado, el encadenamiento hacia atrás es otro método que puede implementarse y que comienza con una hipótesis u objeto que se va afirmando o negando. Es también conocido con el nombre “conducido por objetos”, porque va verificando si el objeto cumple con el atributo y se decide a partir de la ruta de preguntas, así, si no cumple el atributo, cambia el destino del objeto.

Otro método es el llamado regla de producción, que es más eficaz que el método hacia atrás. Su modo de trabajo consiste en solicitar aquella información que pueda eliminar la mayor cantidad de incertidumbre. Es también uno de los métodos más complicados para llevar a cabo, debido al tamaño de la base de conocimiento, puesto que cuenta con una alta cantidad de combinaciones, lo que lleva a saturarse. De esta manera, no determina ni precisa claramente cuál es la información que se eliminará. Es importante aclarar que este tipo de metodología, aparte del objeto y el atributo, precisa un valor cuantificador, lo que conlleva otra labor difícil en el esquema de construcción de la base de conocimientos.

Categorías de los Sistemas Expertos según su función

La mayoría de los Sistemas Expertos aplicados en la actualidad se dedican a hacer tareas repetitivas, en las que la importancia reside en el conocimiento de los expertos humanos. Podemos mencionar gran cantidad de tareas que pueden realizar éstos. Para ello recurrimos al gráfico de tablas de categorías según el Libro informática aplicada a la gestión de empresa, escrito por José Joaquín López-Hermoso (*Figura 11*).

CATEGORIA	TIPO DE PROBLEMA	USO
Interpretación	Deducir situaciones a partir de datos observados.	Reconocimiento del habla.
Predicción	Inferir posibles consecuencias a partir de una situación.	Predicción meteorológica.
Diagnóstico	Deducir fallos a partir de sus efectos.	Diagnóstico médico.
Diseño	Configurar objetos bajo ciertas especificaciones.	Diseño de automóviles.
Planificación	Desarrollar planes.	Programación de inversiones.
Supervisión	Controlar situaciones con planes vulnerables.	Control de centrales nucleares.
Depuración	Prescribir remedios para funcionamientos erróneos.	Desarrollo de software.
Reparación	Efectuar lo necesario para hacer una corrección de una conducta.	Reparar sistemas informáticos.
Instrucción	Diagnostico, depuración y corrección de una conducta.	Corrección (enseñanza).
Control	Mantener un sistema en condiciones previamente trazadas.	Estrategia militar.
Enseñanza	Recoger el conocimiento y mostrarlo.	Aprendizaje de experiencia.

Figura 11: Tabla de Categorías

Fuente: (Lopez-Hermoso)

Las características principales del Sistema Experto

Los Sistemas Expertos se especializan en campos limitados de aplicación como, por ejemplo, áreas contabilidad, química, enfermedades infecciosas, etcétera. Es por ello que estos sistemas brindan una integración del conocimiento. Esto significa que las experiencias que el sistema tenga serán guardadas en un sólo lugar, para que puedan ser usadas por expertos o no expertos. Además, esto permite el intercambio de datos y juicios de los expertos para poder añadir nuevas reglas acerca del problema.

Otra fortaleza de los Sistemas Expertos es la competencia en su campo. Así como los expertos están calificados para dar respuestas de manera rápida y confiable sobre su especialidad, el Sistema Experto debe resolver los mismos problemas con una eficiencia comparable o mejor a la del especialista humano.

El libro “Ingeniería de Sistemas Expertos”, de los autores Ramón García Martínez y Paola Verónica Britos, nos brinda un mejor acercamiento a la perspectiva de los campos de competencia de los Sistemas Expertos: “Los Sistemas Expertos se están aplicando en varios tipos de problemas del mundo real; las tareas que realizan pueden clasificarse como interpretación, predicción, diagnóstico, diseño, planificación, monitorización, depuración, reparación, instrucción y control (Britos, 2004, pág. 68)”.

Por otra parte, otra característica central de estos Sistemas es el tiempo de respuesta. Éste debe ser, por lo general, igual o menor al de un especialista a la hora

de llegar a una solución de alta calidad. Además, si los Sistemas Expertos tomaran más tiempo que los especialistas humanos, no serían para nada útiles.

Consecutivamente, en lo que refiere a respuestas, el Sistema siempre tendrá que tener la capacidad de explicar todos los pasos que lo llevaron a dicho razonamiento mientras se ejecute. Se debe apuntar a que sea comprensible al usuario y no terminen siendo sólo respuestas milagrosas, como las respuestas de un médico si se le preguntara por dicho diagnóstico a un paciente.

Una de las razones fundamentales por las que se necesitan las explicaciones, es porque el Sistema Experto está tomando decisiones de manera correcta. Esto es de suma importancia, ya que hay casos donde suele suceder que se introduce conocimiento con errores o que hay algún tipo de discrepancia entre el ingeniero en conocimiento y el especialista. Una fuente de errores muy común suelen ser las interacciones que son imprevistas y sobre las que es necesario hacer pruebas para detectarlas. Nunca el curso de las ejecuciones sigue una secuencia lógica, de manera que se complica leer el código linealmente y ver cómo éste fue operando. Para ser más claro, el orden en que se van introduciendo las reglas al sistema, no es necesariamente el mismo en que éstas se irán ejecutando.

Cabe aclarar que, el sistema, al poseer una gran cantidad de conocimiento, es necesario que cuente con un mecanismo útil para modificar, añadir y eliminar conocimiento. El mecanismo que da una explicación más simple es el basado en reglas, debido a que es capaz de visualizar una lista de los hechos que hicieron que la última regla se ejecutara.

Los mecanismos más complejos son los que tienen la virtud de poder enumerar las razones a favor y en contra de alguna hipótesis en particular. Se le llama hipótesis a una proposición que debe probarse. En la mayoría de los problemas, se cuentan con un gran número de hipótesis iniciales que deben corroborarse. Por ejemplo, en medicina se utiliza un abanico de hipótesis puesto que un paciente podría tener más de una enfermedad a la vez.

La enumeración de hipótesis suele ser un buen mecanismo para explicar la muestra observada. Por ejemplo, se supone que una persona tiene fiebre, si cuenta con evidencias de síntomas de temperatura mayor a los 38° centígrados. Si este síntoma, y otros relacionados a la fiebre se observan, se añade credibilidad a la hipótesis.

Tipos de Sistemas Expertos

- **Sistemas Expertos basados en reglas:**

Son la base de conocimiento que contiene las variables y el conjunto de reglas que definen el problema. El motor de inferencia obtiene las conclusiones aplicando la lógica clásica a estas reglas.

¿Qué se entiende por regla?

Entendemos una proposición lógica que relaciona dos o más objetos que incluyen dos partes: la premisa y la conclusión. Cada una de estas partes son las que forman la expresión lógica, con una o más afirmaciones objeto-valor, conectadas siempre por los operadores lógicos y, o, ó no.

Una regla se escribe normalmente como:

“Si premisa tal cosa----→ entonces conclusión”.

Ejemplo: “Si la luz es de color verde--→entonces adelántese”.

Algunos ejemplos clásicos aplicados a la realidad:

- Sistemas de control de tráfico.
 - Sistemas de seguridad.
 - Transacciones bancarias.
- Sistemas Expertos basados en Probabilidades:

Son los que están destinados a problemas cuyas soluciones se conducen en presencia de incertidumbre en los datos o en el conocimiento. En éstos, es posible utilizar técnicas numéricas, o, igualmente, las incertidumbres pueden ser manejadas con una aproximación de la forma de rastro.

El razonamiento, en la presencia de incertidumbre, sucede en ejemplos típicos de diagnóstico y análisis de datos que van acompañadas de una estimación de certidumbre, en donde se tiene:

1. Procedimiento numérico.
2. Revisión de la credibilidad.

1. Procedimiento numérico.

Son creados para poder operar evidencias que pueden ser combinadas. Los sistemas que utilizan este tipo de aproximación manejan factores de certidumbre, ya

que están estrechamente relacionados con probabilidades para demostrar la intensidad de la evidencia. La teoría de conjuntos difusos ha sido otra herramienta poderosa para esta clase de problemas.

Un ejemplo que utiliza el procedimiento numérico es el Sistema Experto para diagnóstico MYCIN, una herramienta de consulta médica destinada al diagnóstico y al tratamiento de algún tipo de enfermedades infecciosas.

2. Revisión de la credibilidad.

Cuando la información es totalmente equivocada o errónea el sistema presenta contradicciones, malas líneas de razonamiento y, consecuentemente, pésimas conclusiones, por lo cual necesita de todo un proceso para retractarse.

Para poder hacer de este proceso algo más sencillo, es casi obligatorio mantener un registro en la base de datos de la confiabilidad de sus conclusiones y la justificación de éstas. De esta manera, se hace lo posible por utilizar las redundancias en los datos experimentales, con el fin de sostener respuestas exitosas y aumentar, así, la efectividad del sistema.

Aplicaciones de los Sistemas Expertos

Los campos de aplicación actualmente para los Sistemas Expertos son innumerables, se pueden aplicar a cualquier campo de conocimiento. Muchos se han construidos para poder investigar, mientras que otros fueron creados con el objetivo de mejorar procesos y funciones en los negocios.

Según podemos ver en la información extraída del libro Giarratano “Sistemas expertos” (2001, pag 18), encontramos que las aplicaciones de los Sistemas Expertos más reconocidos son:

En el ámbito de la química:

- CRYVALIS: Utilizado para poder interpretar la estructura tridimensional de la proteína.
- DENDRAL: Utilizado para poder interpretar la estructura molecular.
- CLOGNER: Utilizado para poder diseñar nuevas moléculas biológicas.
- MOLGEN: Utilizado para experimentar con clonaciones de genes.
- SECS: Utilizado diseñar moléculas orgánicas complejas.
- SPEX: Utilizado para planear experimentos de biología molecular.

En el ámbito de la electrónica:

- ACE: Diagnosticar fallas en las redes telefónicas.
- IN-ATE: Diagnosticar fallas en el osciloscopio.
- NDS: Diagnosticar la red de comunicaciones nacional.
- EURISKO: Diseñar microelectrónica para tercera dimensión.
- PALLADIO: Diseñar y probar nuevos circuitos VLSI.
- REDESIGN: Rediseñar circuitos digitales.
- CADHELP: Instruir para diseño apoyado por computadora.
- SOPHIE: Instruir en diagnóstico de falla de circuitos.

En el ámbito de la medicina.

- PUFF: Diagnosticar enfermedades de los pulmones.
- VM: Supervisar pacientes de terapia intensiva.
- ABEL: Diagnosticar electrolitos/ácido-base.
- AI/COAG: Diagnosticar enfermedades de la sangre.
- AI/REHEUM: Diagnosticar enfermedades reumáticas.
- CADUCEUS: Diagnosticar enfermedades de medicina interna.
- ANNA: Supervisar terapia para dedos.
- BLUE BOX: Diagnosticar/Remediar depresión.
- MYCIN: Diagnosticar/Remediar infecciones bacterianas.
- ONCOCIN: Remediar/administrar pacientes de quimioterapia.
- ATTENDIG: Capacitar en administración anestésica.
- GUIDON: Capacitar en infecciones bacterianas.

En el ámbito de la ingeniería:

- REACTOR: Diagnosticar/remediar accidentes de reactor.
- DELTA: Diagnosticar/remediar locomotoras GE.
- STEAMER: Instruir en operación, planta de energía vapor.
- EN EL AMBITO DE LA GEOLOGIA (más conocidos).
- DIPMETER: Interpretar los registros del medidor de profundidad.
- MUD: Diagnosticar/remediar problemas de perforación.
- PROSPECTOR: Interpretar datos geológicos para buscar minerales.

En el ámbito de los sistemas computacionales:

- PTRANS: Dar pronóstico para la administración de computadoras (DEC).
- BDS: Diagnosticar partes deficientes en la red de comunicación.
- XCON: Configurar sistemas de computo (DEC).
- XSEL: Configurar órdenes de venta de las computadoras (DEC).
- XSITE: Configurar el sitio de clientes para las computadoras (DEC).
- YES/MVS: Supervisar/controlar el sistema operativo MVS de IBM.
- TIMM: Diagnosticar computadoras (DEC) (Giarratano).”

CAPITULO 3

El Experto Humano

El experto humano es la persona que tiene los conocimientos necesarios para dar un consejo de la manera más adecuada y posee, además, la capacidad de resolver problemas por ser un especialista en el tema estudiado.

Cabe recalcar que, mientras mejor sea la calidad del experto, mejor será el desempeño del Sistema Experto. Está condicionado por factores como el aprendizaje formal, que es el adquirido de manera académica, y el informal, que es el obtenido a través de la puesta en práctica del conocimiento.

¿Cuáles son los parámetros que se toman en cuenta a la hora de decidir quién es o no un experto? (Ver Figura 12).

	Experto	No Experto
Tiempo de Resolución	Pequeño	Grande
Eficacia Resolutiva	Alta	Baja
Organización	Alta	Baja
Estrategias y Tácticas	Sí	No
Búsqueda de Soluciones	Heurística	No Heurística
Cálculos Aproximados	Sí	No

(Figura 12): Tabla comparativa Experto y No Experto.

Primero que nada, un experto presentará aptitudes muy distintas a uno que no las tiene, la capacidad para resolver un problema es la más notable a la hora de su resolución. Los tiempos en los expertos suelen ser inferiores junto con la alta eficacia resolutoria, la manera que se va organizar y la aplicación de estrategias o tácticas que solo el experto sabe; buscando siempre las soluciones de manera heurística

Según el Diccionario de la Lengua Española- Vigésima segunda edición, se define a la Heurística como la “manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos, como por tanteo, reglas empíricas, etcétera”.

Para ser más claro y ampliar este concepto, se trata de una regla que nos permite, frente a un número de muchas soluciones parciales, elegir una que supuestamente tenga la mayor probabilidad de contribuir a la mejor solución final del problema con el objetivo de ahorrar tiempo de procesamiento. Las heurísticas no son siempre soluciones totales y, a veces, poseen un margen de error. Sin embargo, como seres humanos las utilizamos todo el tiempo para solucionar algún problema.

Los expertos humanos crean reglas que les ayudan a resolver problemas de manera más eficiente, éstas son de alguna manera heurísticas.

Construcción del software

Esta es una de las tareas más complejas para la creación del software. El mismo constará de la participación de distintas personas, para que el desarrollo del sistema sea lo más robusto posible, además de fácil de usar y mantener.

Las primeras decisiones tienen que ver con la elección de comenzar un sistema plenamente de cero o no. Otra opción es utilizar alguna Shell que esté a disposición (es un sistema experto sin base de conocimientos). En el caso de usar una Shell, se tendrá que optar por alguna que más se amolde al objetivo del sistema, ya que existe una variedad de Shell enfocadas a distintas soluciones.

No obstante, si se toma la decisión de comenzar un sistema desde cero, habrá que optar el tipo de metodologías que se usará, llevando una guía para el desarrollo del Sistema Experto. Se debe considerar de qué manera se implementará el motor de inferencia, el lenguaje de programación y la base de conocimientos. Estos son los ítems más importantes a tener en cuenta en la realización del sistema.

En lo que respecta al equipo para el desarrollo del software, primero se deberá conocer la gente necesaria para llevar a cabo el mismo. Después, los métodos que se tendrán que utilizar en el equipo y, finalmente, de qué manera se tienen que probar y construir los prototipos de software, para así poder terminar con el producto de software final.

El experto va tener la función principal de integrar todo su conocimiento especializado al sistema que se va a desarrollar. El ingeniero del conocimiento va a plantear todas las preguntas necesarias al experto, para, de esta manera, volcar las

respuestas de manera estructurada e implementarla en la base del conocimiento. El usuario, por su parte, también aportará en gran medida sus pretensiones estableciendo los escenarios en el que se va aplicar el sistema.

Posteriormente, cuando ya se ha determinado y definido el dominio, se comienza con la alimentación de los conocimientos del experto, validando arduamente que éste haya sido transmitido de la mejor manera posible. El ingeniero tiene la responsabilidad de que esa implementación sea correcta, pero no de la plena exactitud del sistema, pues ésta estará dada por el conocimiento ingresado a través del experto.

Cabe resaltar que no siempre el usuario, experto e ingeniero, tienen que estar presentes. Hay determinadas situaciones donde el experto puede hacer el rol del usuario y, de esta forma, se pueden disminuir los trabajos repetitivos.

Proceso de Desarrollo del Sistema Expertos

Los ingenieros en conocimiento son los encargados de adquirir el conocimiento de un experto humano y luego volcarlo en el Sistema Experto. Estas personas son especialistas en obtener toda la información que el experto le brinde, crean prototipos del Sistema Experto y van incorporando todo el conocimiento trabajando conjuntamente con el experto para mejorarlo. A diferencia de los Ingenieros en software tradicional que también necesitan entrevistar a expertos, los ingenieros en conocimiento tienen la particularidad de pasar un largo tiempo con los expertos ocupándose de los procesos mentales hasta poder terminar con el desarrollo.

Describiremos a continuación los ítems más importantes a la hora de desarrollar el Software experto.

Entrada del Sistema Experto

Funciones de la Dirección:

- Identificar problemas a resolver

Funciones del Experto:

- Describir la tarea
- Explicar el razonamiento
- Identifica lo que es un buen funcionamiento

Funciones del Usuario:

- Conoce algunos hechos y las relaciones.
- Brindar consejos.

Función de Ingeniero del Conocimiento:

- Conocer los puntos fuertes y débiles de las herramientas.
- Aprende, de directores, expertos y usuarios, la tarea.

Salida del Sistema Experto

- Elegir un buen dominio y una tarea.
- Analizar las necesidades de representación y estrategias de control.
- Construir un sistema prototipo.
- Expandir el prototipo.
- Adaptar el sistema al entorno.
- Mantener el sistema.

Antes de comenzar a construir una base de conocimientos el ingeniero de conocimientos va tener que adquirir y a la vez analizar algún conocimiento.

Cuando analizamos como ingenieros en conocimiento detalladamente el conocimiento de un experto, se descubren que constan de ingredientes que son sencillos, y no de las complejas ideas que nosotros podríamos imaginarnos.

Para dar un ejemplo claro, si fuera el experto un investigador privado diríamos que está dotado de una gran capacidad de observación. Presta atención a la ropa y al estado de la misma sobre la persona que está entrevistando. Luego comienza a conectar estas características con acontecimientos mediante relaciones sencillas.

Entonces la tarea del ingeniero de conocimiento para poder crear una base de conocimientos del investigador privado, tendrá que basarse en los elementos u objetos en los que el investigador se fija. Finalmente necesitará algún medio, como son las reglas, redes semánticas o marcos de referencias para poder enlazar los hechos entre sí.

Cuando el experto comience a describir cómo se realizan las tareas, el ingeniero en conocimiento ya estará pensando en varias de las herramientas para el desarrollo del Sistema Experto que ya conoce. El ingeniero en conocimiento caracterizará la experiencia en función de unas clases muy generales de representación del conocimiento y de estrategias inferenciales que se han utilizado en el desarrollo de Sistemas Expertos.

De esta manera, ya puede empezar a formular una opinión sobre qué herramienta utilizar para capturar dichas experiencias.

Una vez que ya se han seleccionando dichas herramientas, el ingeniero del conocimiento empezará con el desarrollo de la versión de prototipo tan rápido como haya podido comprender el primer caso de estudio.

El ingeniero del conocimiento junto con el experto observará las maneras en que razona el sistema y discutirán acerca del funcionamiento de las reglas observando los razonamientos del sistema. Es por tal motivo que la base de conocimientos va a ir siendo revisada a medida que se va refinando el conocimiento, los heurísticos y las estrategias inferenciales. De todas maneras el prototipo que se crea inicialmente no tiene por objetivo llegar a un punto final para el desarrollo, sino comprobar que las herramientas, la representación del conocimiento del experto y las estrategias para hacer las inferencias sean las correctas.

Cuando ya tenemos el prototipo óptimo y éste funciona correctamente más todo lo referido a un plan, un programa y un presupuesto, el experto humano y el ingeniero en conocimiento estarán en condiciones para valorar lo que implicará el desarrollo del Sistema Experto.

De todas maneras, esta secuencia no siempre es así. Como todo proyecto de software son estructuras flexibles, siempre estarán expuestos a nuevas ideas y éstas obligarán a volver hacia atrás.

Puede ocurrir también que durante el prototipado aparezcan grandes problemas que indiquen que se deba optar por otra herramienta.

El ingeniero en conocimiento y el experto pueden ampliar el alcance del sistema incorporando nuevas reglas que permitan tratar sub problemas adicionales o nuevas tareas del experto.

Una vez ya establecidas todas estas estructuras básicas del Sistema Experto, el ingeniero del conocimiento tendrá que ocuparse del desarrollo y la adaptación de la interfaz con la que el usuario se comunicará con el sistema. Se elegirán frases y explicaciones que le faciliten el seguimiento de la lógica del sistema. Esto significa que el usuario pueda preguntar de manera fácil y natural cualquier detalle.

Toda herramienta que se crea también debe proporcionar la interfaz de ingeniería en conocimiento, para que todo experto pueda ejecutar los casos y poder inspeccionar cómo fue que razonó el sistema y así poder analizar por qué fueron disparadas dichas reglas.

De este modo también se logrará, identificar que es necesario ingresar nuevos conocimiento para hacer un sistema más robusto y con conclusiones más precisas.

Cuando ya el ingeniero de conocimiento y el experto están conformes con el Sistema Experto, hay que comenzar a probarlo de acuerdo con el criterio que se convino una vez que fue terminado el prototipado. Una buena práctica es que concurren otros expertos a que prueben el sistema y le presenten nuevos casos.

Lo referido a la parte de integración del sistema la entenderemos como todo los procedimientos para hacer que este nuevo Sistema Experto, funcione junto con los sistema que ya existen en la organización, sin que haya que hacer grandes cambios dentro del entorno que opera. Los trabajos que se realizan en esta etapa son de

preparación de transferencia tecnológica, conectar el Sistema Experto a la base de datos e instalar instrumento o equipos para mejorar la velocidad. En caso que para que éste pueda funcionar haya que hacer grandes cambios, habrá que volver al prototipado y hacer esos cambios, estos inevitablemente requerirán más trabajo para el ingeniero en conocimiento.

Cuando estas condiciones estén dadas y el sistema experto listo para usarse, la tarea del ingeniero en conocimiento será la de conseguir los usuarios, expertos y el personal encargado de sistema, para que puedan comprender su funcionamiento y el mantenimiento del mismo.

Todos los entornos empresariales son distintitos a la hora de preparar al personal para aceptar y utilizar el Sistema Experto.

La dificultad de convencerlos para que acepte el sistema es igual a las dificultades que cualquier sistema nuevo tiene cuando ingresa a una organización. El éxito solo dependerá de tener una buena planificación y mucha comunicación a la hora de capacitar al personal.

Sistema Expertos Versus Sistema Clásico

Los Sistemas Expertos difieren básicamente de los clásicos ya que la base del conocimiento está separada del motor de inferencia. Esta característica es una ventaja tremenda, puesto que permite que todo el conocimiento agregado pueda ser añadido al sistema sin tener que volver a programarse todo el sistema.

Los Sistemas Expertos son mantenidos por los ingenieros en conocimientos y por los expertos; en cambio en los programas convencionales los mantenimientos están realizados por los programadores. La razón de esto es que los programas convencionales tienen una estructura algorítmica, mientras que en los Sistemas Expertos se basa todo sobre los heurísticos. Ver la siguiente tabla comparativa (*Figura 13*).

Sistema Experto	Sistemas Clásicos
Representa y utiliza conocimiento (simbólicos).	Representa y utiliza datos (numéricos).
Base de conocimiento separada del mecanismo de procesamiento.	El conocimiento y el procesamiento están combinados en el mismo programa.
Hay un módulo que se dedica a explicar el proceso del tratamiento del conocimiento.	No brinda explicaciones, los datos solo se usan o escriben.
El sistema puede operar con algunas de sus reglas.	El sistema funciona como un todo.
Los cambios en las reglas son fáciles.	Los cambios son tediosos.
Se puede operar con información incompleta.	Necesita información completa para poder operar.
La ejecución utiliza métodos heurísticos y lógica.	La ejecución es combinatoria paso a paso.
Los conocimientos pueden ser imprecisos.	Precisos.

Las resoluciones son en áreas determinadas	Son específicos.
La solución es satisfactoria.	La solución es óptima.

(Figura 13): Tabla comparativa Sistema Experto y Sistema Clásicos.

Está claro que con estas diferencias notorias, las industrias y las empresas van empezar a enfocarse en los Sistemas Expertos, ya que pueden aplicarse a los entornos actuales sin grandes perturbaciones y los beneficios son inmediatos.

CAPITULO 4

Implementación de Sistemas Expertos en Pymes

Lo primero que a cualquier persona desentendida del tema le gustaría saber antes de hacer una inversión de este tipo en su empresa, es conocer para qué se necesita este tipo de sistema, cuáles podrían ser sus mejoras en las ganancias, procesos productivos y en los negocios; como así también el costo de aplicarlo y en qué tiempo el personal tardaría en ser capacitado, entre otros interrogantes. A partir de estos puntos, haremos hincapié en dar un panorama completo, con el propósito de facilitar esta tarea a todo aquel que no posea conocimiento acerca del valor que representan los Sistemas Expertos en las Pymes.

Uno de los principales puntos a tener en cuenta para la implementación de estos sistemas en las Pymes, es encontrar problemas en los cuales la pérdida de uno de los expertos en algún área específica, generaría algún tipo de costo sumamente negativo en la misma. Cabe aclarar que, cuando hablamos de pérdida, no hablamos sólo de la pérdida humana, sino que hay otros rasgos importantes de pérdida por parte de la organización.

Muchas veces los expertos tienen muchos conocimientos consigo, pero no lo pueden transmitir a sus sucesores. En otros casos, se necesita del acceso a varios expertos sobre un mismo problema y es difícil conseguirlos.

Para poder enfocar bien una solución a un problema es necesario poder hacer encuestas en todos los sectores de las Pymes, agrupándolos para encontrar los

problemas que son más relevantes y que necesitan mucho tiempo para ser solucionados.

Con los Sistemas Expertos se podrán mejorar notablemente esos problemas, optimizando la calidad de sus procesos de negocios.

En tanto, cuando son detectados los problemas de las áreas, hay que ver si ameritan, según los intereses de la empresa, los costos que tendrán para el desarrollo del Sistema Experto y para no incurrir en soluciones obsoletas que no le sirvan a ésta. Lo primordial es que la solución conlleve puntos básicos para que sea viable, pudiendo evitar errores en las tareas que son rutinarias y muy complejas, ampliando de forma más ágil y veloz los conocimientos de los especialistas. De esta forma, se dan a conocer los fallos de manera rápida y obtener las tareas de planificación, que son más completas y rígidas.

Si bien cualquier empresa podría implementar un Sistema Experto, hay que plantear previamente distintas variables para que se pueda llevar a cabo de manera eficiente. Las variables dependientes son las que marcan el nivel de aceptación que va tener la implementación de un Sistema Experto, como así también todos los factores que pueden llegar a influir en el mismo.

Otro tipo de variables son las intervinientes, que son las que tienen que ver con la experiencia en el uso de los Sistemas Expertos y la preferencia por el uso de sistemas informáticos en general.

Se podrían encontrar varios interrogantes antes de comenzar a pensar en la implementación de un Sistema Experto, ya que éste conllevaría, en muchos casos, la resistencia al cambio por parte de los usuarios. Es por ello que hay que considerar puntos claves que van hacer que el sistema tenga una buena implementación.

Para esto, es necesario conocer si realmente el personal de desarrollo de los sistemas cuenta con todas las habilidades necesarias para poder llevarlo a cabo. Contemplar, asimismo, si el sistema se tendrá que usar sólo en los sectores de administración o también en el de tareas operativas.

Así, algunas de las cuestiones a tener presente son: cómo va ser el impacto interno o externo del mismo dentro de la organización, desde generar valor agregado a la empresa, hasta aspectos negativos como producir desempleo en la misma. Una implementación de Sistema Experto no podría obviar una infraestructura que la soporte y la disponibilidad de tiempo de los encargados de los procesos en la organización.

Para ver en qué puntos hace fuerte al desarrollo de procesos en una Pyme, comenzaremos por detallar las tareas más relevantes que realizan los Sistemas Expertos.

La interpretación es uno de los puntos fuertes, ya que busca encontrar el significado de los datos de entrada que son obtenidos, ya sea por los sensores o directamente ingresados por los usuarios. Hay muchos casos en que los datos parecen contradictorios e inexactos, para eso hay que tener un Sistema Experto listo para solucionar estos problemas, brindando la mejor solución.

Las dos formas de interpretaciones más conocidas son la de análisis y la de síntesis. La primera es la obtenida mediante la distinción de las partes que forman los datos, mientras que la segunda es la combinación de estos.

Así también el diagnóstico nos va a permitir identificar cuáles son las causas que hacen al problema, a partir de ciertos datos que nacen en consecuencia y pueden ser observables.

Por otra parte, los Sistemas Expertos construidos para hacer diagnósticos tienen muchas dificultades cuando deben realizar tareas, como los de manifestaciones nuevas. Esto significa que se observan síntomas que nunca antes se habían observado, que aparecen nuevas causas y datos a los que no se pueden acceder por ser caros o peligrosos. Poder monitorear los datos es importante, ya que compara los valores de señales de entrada con valores que tienen criterios estándar.

Desde otro lado, en lo referido al diseño de ingeniería se puede optar por distintas maneras para hacer que se ejecuten funciones con el mayor grado de economía y eficiencia. Quizás, un diseño industrial se interesa más en llevar un orden visual a la ingeniería del hardware, donde la tecnología no provee de ciertas características.

Los Sistemas Expertos van probando diseños para que ver cuál de ellos puede ser más aceptable por el requerimiento demandado por el usuario.

El esquema de planificación por medio de Sistemas Expertos está compuesto por un simulador y un sistema de control, con el principal objetivo de poder reducir costos y tiempo. Si bien esto se puede lograr, también existen piedras en el camino, como, por ejemplo, tener en cuenta consecuencias no previsibles. Ante esto, hay que estar preparados con varios planes, ya que la mayoría de los datos que se ponen en práctica son frecuentes pero no significan que sean seguros.

En tanto, el control va a ser el eslabón para la realización de todo tipo de tareas, como son el diagnóstico, reparación de forma secuencial e interpretación. De esta manera, poder guiar los procesos dentro del sistema de manera compleja debido a la cantidad de funciones y todos los factores que se deben considerar.

Los controles pueden llevarse a cabo de dos maneras diferentes: de lazo abierto (en el caso que en el mismo la realimentación de un proceso a otro lo tenga que realizar el operador), o lazo cerrado (en caso de que no haya intervención del operador en ninguna parte).

En el caso que en los controles encontráramos anomalías, lo correcto sería implementar correcciones para poder reparar éstos, cumpliendo objetivos que van a hacer que el sistema sea más robusto y confiable. Y en caso de tener muchas reparaciones, que éstas sean económicas y rápidas, otorgando un orden de prioridad, para poder evitar efectos secundarios y que aparezcan nuevas fallas.

Finalmente, los problemas que están referidos a industrias y comercios son amplios, como así también la cantidad de aplicaciones que brindan los Sistemas Expertos para poder solucionarlos.

Razones para usar Sistemas Expertos en Pymes

Las ventajas de la implementación de Sistemas Expertos son muchas, pero las más notorias son las diferencias que existen entre los expertos humanos y los Sistemas Expertos (Ver Fig. 14).

EXPERTO HUMANO	SISTEMA EXPERTO
No perdurable	Permanente
Difícil de transferir	Fácil
Difícil para documentar	Fácil
Impredecible	Consistente
Caro	Alcanzable
Creativo	No inspirado
Adaptativo	Necesita ser enseñado
Experiencia personal	Entrada simbólica
Enfoque amplio	Enfoque Cerrado
Conocimiento del sentido común	Conocimiento técnico

(Figura. 14): Tabla comparativa Experto Humano y Sistema Experto.

En una situación ideal, los Sistemas Expertos se comportan como lo haría un experto humano, pero con algunas ventajas importantes con respecto a los seres humanos.

Se podría pensar que estos sistemas nacieron con el fin de reemplazar a los humanos pero hay otra percepción totalmente distinta; los Sistemas Expertos tienen que crearse con el fin de automatizar las labores de un experto humano en situaciones donde la información es escasa o incompleta. De esta manera, lo que se busca no es reemplazar a los humanos en sus oficios, sino, contrariamente, ayudarlo al experto humano a la toma de sus decisiones, de manera de hacerle más fácil las labores

rutinarias y reducir su tiempo de los problemas. Así, los expertos tendrán más tiempo para aumentar sus conocimientos y diagnosticar con mayor rapidez.

Cabe destacar que, si bien los Sistemas Expertos nos brindan beneficios a la hora de implementarlo, hay que tener en cuenta factores que podrían tener un impacto negativo si no se tomaran en cuenta.

- La empresa debe contar con la infraestructura necesaria para la implementación del Sistema Experto.
- Que el fin del mismo no sea generar desempleos, al contrario debe agregarle más valor agregado a la labor del personal.
- El uso del Sistema Experto debe mejorar la productividad de los empleados y agilizar la manera de resolver problemas.

Sistemas Expertos: presente y futuro en Pymes

En los últimos tiempos no sólo las empresas están adoptando el uso de Sistemas Experto, sino que también se aplican en los campos de la Medicina, Geología, Química, Economía, Ingeniería Civil. Las ventajas de estos Sistemas han motivado su implementación en áreas diversas. Dentro de las ventajas más notorias encontramos que las personas con poca experiencia pueden solucionar problemas que requieren de un conocimiento especializado. Otro aspecto interesante es la facilidad para obtener conclusiones y resolver los problemas mucho más rápidamente de lo que lo harían los seres humanos. Por todo esto, los Sistemas Expertos son una gran herramienta en las empresas donde el tiempo para las toma de decisiones es un factor crítico.

Otro gran punto a favor es que los Sistemas Expertos pueden brindar conclusiones certeras en situaciones donde los expertos humanos no podrían o tardarían muchísimo tiempo, ya sea por la complejidad del problema o por la cantidad de información que se tiene que procesar para dar dichas respuestas.

Por otra parte, los campos que abarcan los Sistemas Expertos en las Empresas son variados, pero uno de los que más relevancia tiene es el del apoyo a la toma de decisiones. Sin embargo, hay otros campos más técnicos que son de una gran utilidad como por ejemplo el de las averías. Los detectores de averías son una herramienta fundamental a la hora de monitorizar procesos productivos, éstos nos pueden salvar de tener una pérdida de producción, cuando los patrones deseados no coinciden con los esperados.

Los usos más recomendados para Sistemas Expertos se dan en las siguientes ocasiones: cuando los expertos humanos son muy escasos en algún área determinada en este caso, los Sistemas Expertos son una excelente opción para recoger y difundir conocimientos; en casos donde la subjetividad humana podría llevar a confusiones en las conclusiones; o en situaciones donde las conclusiones son dadas por un conjunto de reglas también sería muy oportuno su uso.

Otro punto importante a tener en cuenta en cuanto a las soluciones de los Sistemas Expertos es que siempre se debe mantener una comunicación entre el usuario y el sistema, de manera tal que el usuario reclame las soluciones a sus problemas y que el sistema le reclame al usuario los datos para poder encontrar dichas soluciones. Además, debe incorporar siempre a sus soluciones la información necesaria sobre cómo llegó a dicha respuesta, en caso que el usuario quisiera saberlo.

Así, las empresas están encontrando una plusvalía más que importante a la hora de tomar decisiones en los diferentes niveles organizacionales. Estos sistemas sirven para mejorar ciertas áreas de las empresas como: control de inventarios, procesos de producción, compras, configuración de software, gestión financiera y muchas más. El futuro de dichas aplicaciones va a pasar por la imaginación que tenga cada persona en el área donde se requiera un experto. De esta forma, una solución nueva siempre puede ser vista como una oportunidad de un nuevo Sistema Experto.

Mejora continua de procesos en Pymes con Sistemas Expertos

En este marco, lo primero que necesitamos saber es el significado de calidad. Éste, según American Society for Quality 2000, es “el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”.

Pero calidad y grado no son lo mismo, la baja calidad siempre es un problema, sin embargo el grado no debería serlo. El grado es una categoría asignada a los productos o servicios que tienen el mismo uso funcional pero distintas características técnicas.

Nosotros nos enfocamos a la calidad de los procesos, por eso es necesario entender que básicamente un proceso es, según IEEE, “secuencia de pasos ejecutados para lograr un objetivo establecido”.

El proceso es generalmente identificado como uno de los nodos más importantes del triángulo y considerado como el pegamento que mantiene este conectado “Proceso–Persona–Tecnología”. Estos tres atributos se convierten en los determinantes más importantes de lo que significa “Costo –Tiempo- Calidad del producto” en una Pyme.

De esta manera, los Sistemas Expertos pueden monitorear los procesos que uno quisiera controlar dentro de una Pyme, leen como entrada una situación y deben producir tanto la interpretación como el diagnóstico para determinar si debe corregirlo en tiempo real. Es por esto que es indispensable mejorar los procesos, pues ellos nos permiten comprender lo que está sucediendo en ese mismo momento. Si los procesos mejoran, las personas desarrollan un potencial de una manera más completa y efectiva dentro de la organización.

Mediante su definición, medición y control, las mejoras de los procesos en las empresas son más exitosas y duraderas. Ello indica que las necesidades actuales de una Pyme son las de incorporar mejores prácticas basadas en conocimiento de expertos y una mejora continua manteniendo los estándares de ejecución operacional. Esto se logra haciendo una gestión de las condiciones anormales, con la detección de eventos, preventivos y no correctivos. De esta forma, se obtienen ahorros en los costos operativos, mejoras en la estabilidad, disponibilidad de los procesos y la calidad de los productos.

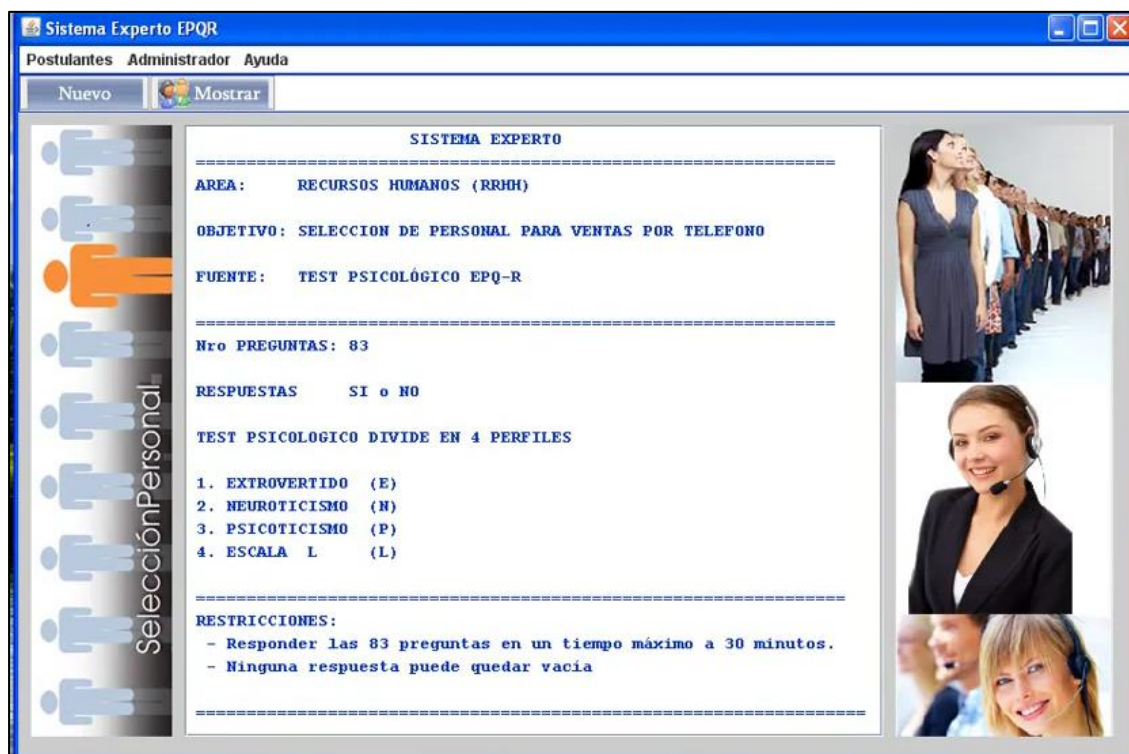
Explicaremos a continuación un ejemplo sencillo de Sistemas Experto orientado al área de Recurso Humanos de las Pymes, para poder hacer la selección del personal para ventas telefónicas (Magalexsis, 2011).

En las empresas realizan un test psicológico antes de poder incorporarse a éstas.

HERRAMIENTAS DE DESARROLLO:

CLIPS, JAVA & MySQL

Objetivo: Mejorar el proceso de selección de personal basado en el conocimiento del Test psicológico EPQ-R.



(Figura. 15): Interfaz Sistema Experto Test psicológico EPQ-R. .

Fuente: (Magalexsis, 2011).

Como vemos, la interfaz de este sistema Experto, divide los perfiles que una persona podría llegar a tener. Así, si es Extrovertido nos dirá qué tanto se acerca o se aleja a este perfil, ya que nos interesara para este puesto en particular. En el caso del segundo perfil neuroticismo nos dirá cual es el nivel de emotividad de la persona, es decir, si es alta o baja. El tercer perfil psicoticismo nos dice qué tan duro es el carácter de la persona; y, por último, la escala L nos dirá que tan mentiroso es.

Hay dos usuarios que van a interactuar con el sistema uno es el administrador y el otro será el postulante al puesto.

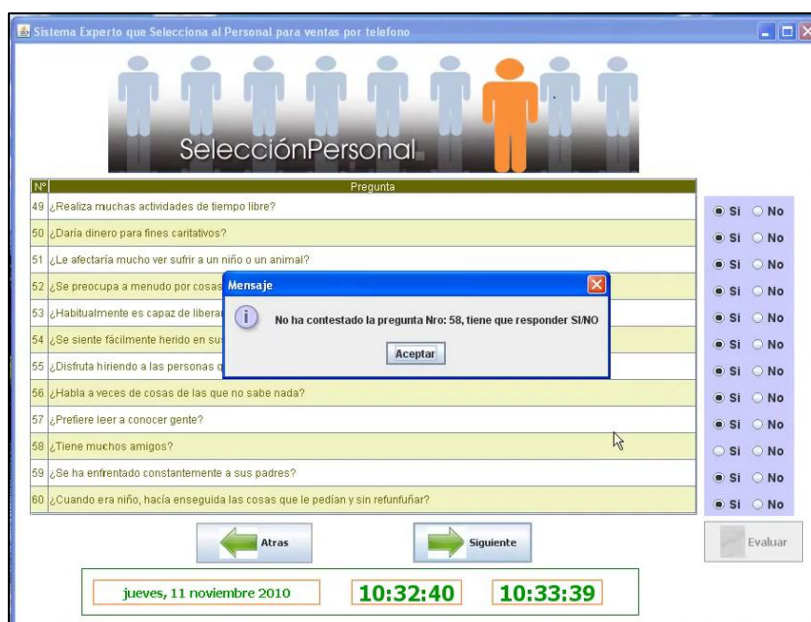


(Figura. 16): Interfaz Sistema Experto Test psicológico EPQ-R. .
Fuente: (Magalexsis, 2011).

Lo primero es ingresar dentro del módulo de Postulante, como la figura muestra para poder ingresar al formulario los datos requerido para poder continuar. Una vez

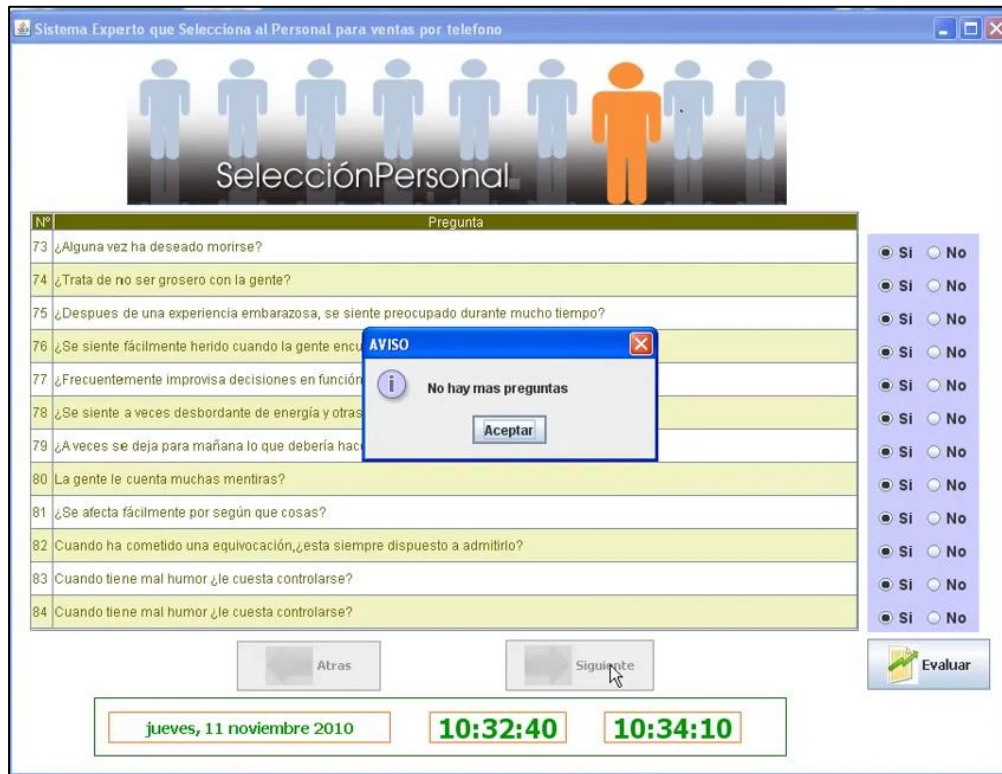
completado los datos y presionado Continuar, el sistema lo va dejar registrado a través de una confirmación del postulante.

A continuación, se le brindará al postulante una tabla de preguntas donde deberá responder con sus distintos checks box para responder por sí o por no las 83 preguntas del test. También el sistema cuenta con un reloj que nos indica la hora de comienzo del test y el tiempo que ha transcurrido desde que se comenzó, ya que hay estipulado un tiempo máximo de 30 minutos para realizar el test. Pasados estos minutos, se cerrará automáticamente y no validará las respuestas efectuadas hasta el momento. De esta manera, se convierte en obligatorio responder la totalidad de las preguntas. En caso de olvidarse de alguna pregunta, el sistema detecta, antes de pasar al siguiente formulario de preguntas, y brinda un alerta de cuál es el número de pregunta que no ha sido respondida. El botón Evaluar, como lo muestra la interfaz, estará siempre deshabilitado para que el usuario no tenga la posibilidad de hacerlo hasta no haber terminado el test.



(Figura. 17): Interfaz Sistema Experto Test psicológico EPQ-R. .
Fuente: (Magalexsis, 2011).

Una vez terminado el test, se nos dará un aviso, una vez que ya estemos en condiciones de poder hacer clic del botón Evaluar.



(Figura. 18): Interfaz Sistema Experto Test psicológico EPQ-R. .
Fuente: (Magalexsis, 2011).

Por otra parte, a continuación explicamos lo que sucede internamente en el Sistema Experto cuando evaluamos.

Como mencionamos al comienzo el programa que estamos ejemplificando, está programado en lenguaje de programación JAVA junto con una base datos Mysql que interactúa, a su vez, con la base de conocimiento CLIPS, la cual estará encargada de contener las reglas para otorgarnos las respuestas acerca del postulante.

La base de datos Mysql va a ser la encargada de guardar los datos del postulante y las respuestas que fueron ingresadas a la grilla de preguntas, con el fin de que, antes

de darnos una respuesta, interactúen primero con las 603 reglas que tiene dentro de la base de conocimiento del CLIPS.

Cuando todo el proceso interno del programa ha terminado, estamos en condiciones de poder ver el resultado del postulante. Para esto, tendremos que loguearnos como administrador.



(Figura. 19): Interfaz Sistema Experto Test psicológico EPQ-R. .
Fuente: (Magalexis, 2011).

Una vez que nos ha validado como administrador podremos tener acceso a la opción Ver Resultados, la cual nos llevará hacia la siguiente interfaz.

En la siguiente interfaz de resultados del postulante, nos mostrará los datos que nos interesa, quién es la persona postulada, cuál es su diagnóstico final según cada perfil y sus características de personalidad.

Todas estas características de personalidad que son mostradas fueron deducidas a través del cuestionario del postulante, ya que las mismas impactaron en la base de conocimiento del Sistema Experto para obtener el perfil de la persona y darnos el diagnóstico que más se acerca a su personalidad.



The screenshot shows a software window titled "Sistema Experto EPQ-R". At the top, there is a banner with the text "Selección Personal" and a row of ten human icons, with the seventh icon from the left highlighted in orange. Below the banner, there is a section titled "Persona Evaluada" with the following fields: DNI: 10101010, Nombres: Gisela, Apellidos: Rodriguez Rondinelli, Sexo: F, and Edad: 21. Below this, there are two main sections: "Diagnostico Final:" and "Características de su Personalidad:". The "Diagnostico Final:" section contains four entries: PERFIL E: Es Bastante extrovertida, conveniente al perfil; PERFIL N: Es muy emotiva, lejos al perfil; PERFIL P: Es muy dura de caracter, lejos al perfil; and PERFIL L: Ha contestato el test de forma bastante sincera. The "Características de su Personalidad:" section contains a text box with the following text: "Es muy aprensiva, ansiosa y con humor deprimida", "Es muy impulsiva, creativa, muy poco socializada", "Es bastante incorformista", and "null". At the bottom of the window, there are three buttons: "Anterior" (with a left arrow), "Regresar al menu" (with a refresh icon), and "Siguiente" (with a right arrow).

(Figura. 20): Interfaz Sistema Experto Test psicológico EPQ-R. .
Fuente: (Magalexsis, 2011).

Finalmente, con todos estos resultados, podremos tener una perspectiva clara de cómo es la persona que vamos a seleccionar.

Otros ejemplos de aplicaciones en Empresas

- **ABB Power:** Sistema Experto que tiene como propósito principal vigilar y también diagnosticar los procesos de plantas de energía.
- **APPLE CON SU IPHONE 4 S:** Impulsó su última aplicación con Sistemas Expertos de la mano de Siri, implementando la tecnología de comprensión por voz, utilizando el procesamiento de lenguaje natural. De esta manera, se le puede ordenar al Smartphone acciones usando nuestro propio lenguaje, por ejemplo: ¿Cómo hago para llegar al aeropuerto? ¿Cuál es el número de Pablo Pérez?
- **Cemex** es utilizado para realizar operaciones expertas para la elaboración del cemento.
- **LaFarge** es un Sistema Experto destinado al control de los hornos de cemento con el fin de mejorar el rendimiento de procesamiento así como también disminuir los costos de energía requerida y el mantenimiento de los equipos.
- **Seagate:** Sistema Experto utilizado para llevar el seguimiento, diagnóstico y el consejo experto del operador, y así optimizar las producciones de fabricación.
- **Shell Expro:** Sistema de optimización experta para la producción de los yacimientos petroleros.

CONCLUSIÓN

La presente investigación permitió desglosar las grandes prestaciones que tienen los Sistemas Expertos en la actualidad, y comprender que estos sistemas no sólo tienen puesto el foco en áreas de medicina y de diagnósticos como todos creen. Las ramas de estas aplicaciones son ilimitadas en todos los campos del conocimiento.

En lo referido al uso empresarial, el Sistema Experto se está imponiendo cada vez más. Se encuentran no sólo soluciones más efectivas a problemas referidos a la producción de productos, control y seguridad, también se pueden encontrar beneficios en aspectos importantes, como las estrategias empresariales, ahorros a la hora de disminuir los cargos laborales en sectores de riesgo para el personal y el mejoramiento continuo de procesos para tomar mejores decisiones en la organización.

Si bien estos aspectos de mejoras son más que interesantes, concretan su funcionamiento al dar pronósticos adecuados y las mejores soluciones. Por el momento, el único inconveniente que observo es que estos sistemas están basados, en un primer momento, en el conocimiento humano. Y, si el ser humano no es competente para poder brindarle toda la información que necesita el sistema, el software no podrá realizar sus funciones de manera adecuada.

En la actualidad, estamos enfrentando un mundo que está siendo invadido por la tecnología y la automatización de tareas, lo que va haciendo que las empresas

tengan que reinventarse todo el tiempo para no perder en el mercado y competir al máximo nivel.

En países como Argentina todavía cuesta implantar cambios culturales dentro de las empresas, por la falta de capacitación y bajos presupuestos de las mismas para llevar a cabo el uso de Sistemas Expertos. Pero quienes tengan la capacidad de afrontar el desafío de implementar nuevos software, como son los Sistemas Expertos, podrán marcar una gran diferencia frente a su competencia. Esto ya fue demostrado en países como EE.UU, que viene aprovechando el uso de los Sistemas Expertos, no sólo para mejoras en procesos productivos, sino también para el aprendizaje organizacional.

Por otra parte, los sistemas convencionales no tienen el poder de ir aprendiendo y hacer predicciones sobre sus tareas, lo cual es uno de los aspectos que más llamaron la atención a la hora de realizar esta investigación. Asimismo, cómo a través de éstos, se puede usar todos los datos del mismo, para luego convertirlos en información para decisiones futuras.

En tanto, la importancia más apreciable que van a tener los que se animen a utilizar los Sistemas Expertos en las Pymes, es que las personas con poca experiencia podrán resolver problemas que requieran conocimiento formal especializado. Ya que razonan en base a un conocimiento adquirido y no tienen lugar a subjetividad.

Asimismo, otra gran ventaja es también la de ser una herramienta integrada que conserva todo el conocimiento que nos importa para la empresa, para que luego

podamos usarla a nuestro favor en todo el ciclo de vida de la Pyme y transferirla a quien la necesite. Ello permite aumentar el potencial y las utilidades de la empresa.

La mayoría de los errores que cometen las empresas ocurren al momento de vigilar los procesos, porque se confía en el seguimiento manual, generando que los sistemas sean mucho más propensos al error de quién los manipula. Como resultado, se obtienen producciones bajas, variabilidad en los procesos y la inflexibilidad de los sistemas de controles convencionales que tienen para cambiar sus esquemas de vigilancia y de control.

Es más que interesante ver la cantidad de soluciones para cada tipo de necesidad, y el punto fundamental está en saber cuál es la solución indicada y la convicción de incorporarla a la cultura que presente nuestra empresa. Esto nos dará el éxito y el valor agregado que deseamos.

Por otra parte, es importante aclarar que los Sistemas Expertos seguirán siendo utilizados en todas las áreas donde los expertos sean escasos. Es por eso que los Sistemas Expertos van a ser utilizados por personas comunes y no por gente especializada, por lo que le va generar a través de su uso cotidiano conocimiento a los usuarios.

Asimismo, lo que las empresas deben comprender es que, siempre existirá resistencia al cambio, ya sea de sistemas o de estructuras en las organizaciones. Frente a esto, no se trata de promover el miedo a lo que trae incertidumbre en las personas,

sino que se debe incentivar, capacitar y reducir todo tipo de impacto negativo, para que todo progreso sea beneficioso, tanto para la empresa como para el trabajador. Ello logrará aportar un valor agregado en conocimientos, mejor desempeño y aumentará la satisfacción laboral.

Introducir Sistemas Expertos a las Pymes es un paso necesario al cual todas las compañías deberían incurrir. Es necesario saber que, al igual que muchas otras soluciones, no es un recurso económico pero si es una gran inversión a futuro. Por tanto, al momento de hacer este tipo de inversión es más que aconsejables realizar estudios rigurosos para comprender la necesidad de la Pyme, como así también lo que se espera una vez aplicado el Sistema Experto.

GLOSARIO

Algoritmos: Serie finita de pasos no ambiguos, que realiza una tarea concreta en un tiempo finito, previendo todas las situaciones posibles.

ANS: Artificial Neural System (Sistema Neuronal Artificial).

BC: Base de Conocimiento.

Booleanas: Condición que pueda estar dada por un valor verdadero o falso.

Clase: Construcción que se utiliza como un modelo (o plantilla) para crear objetos de ese tipo.

Dominio del problema: Área al que se va aplicar el Sistema Experto.

Emulación: Utilización de un ordenador para trabajar como si se tratara de otro.

GPS: Solucionador general de problemas.

Hardware: Elementos físicos del sistema de un ordenador.

Heurística: manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no

IA: Inteligencia Artificial.

Instancia: creación de un objeto perteneciente a una clase.

Patrones: Punto de referencia.

Pixels: La menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital.

Pyme: Pequeña y mediana empresa.

Shell: Los *shells* están diseñados para facilitar la forma en que se invocan o ejecutan los distintos programas disponibles en el computador.

Simulación: Presentación de una cosa haciendo que parezca real.

Software: Programas que pueden ser ejecutados en un ordenador.

Variables: Está asociada a un tipo de datos que se almacena en memoria.

BIBLIOGRAFÍA

- Amador, C. C. Comunicación Memorias IX Versión Cátedra Ancízar.
- Antonio J.Serrano, E. S. (2010). Redes Neuronales.
- Britos, R. G. (2004). Ingeniería De Sistemas Expertos.
- Cosín, I. R. Técnicas Cuantitativas para la Gestión en la Ingeniería del Software.
- Diccionario de la Lengua Española-Vigesima segunda Edición.
- Diccionario de la Real Academia Española.
- Enciclopedia de la Inteligencia Artificial.
- Enrique Castillo, J. M. Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas.
- ENTER.CO S.A. (s.f.). <http://www.enter.co/moviles/la-inteligencia-artificial-de-siri-lo-mas-revolucionario-del-iphone-4s/>.
- Freire, P. M. Filosofía y Ciencias Cognitivas.
- Giarratano. (2001). En *Sistemas Expertos "Principios y Programación" Tercera edicion.*
- Harmon, D. K. Sistemas Expertos.
- Kendall, K. E. (2005). Análisis Y Diseño de Sistemas.
- Lahoz-Beltrá, R. (2004). Bioinformática: Simulación, vida artificial e inteligencia artificial.
- Lopez-Hermoso, J. J. Informática aplicada ala gestión de Empresa.
- Manuel, P. J. *Sistemas Expertos.*
- Martín, J. A. (1998). Sistemas Expertos Probabilísticos.
- Moriello, S. A. (2001). Inteligencias Sintéticas.
- Olabe, X. B. *Redes Neuronales Artificiales y sus aplicaciones.*

Peter Norvig. (s.f.).

<http://tecnologiayproductosgoogle.blogspot.com.ar/2011/11/detras-de-la-mejora-de-los-algoritmos.html>.

Quality, A. S. (2000).

Rauch-Hindin, W. B. (1990). Aplicaciones artificial en la actividad empresarial, la ciencia y la Industria.

Raúl Pino Diez, A. G. (2001). Introducción a la Inteligencia Artificial: Sistemas Expertos, Redes Neuronales Artificiales y Computación Evolutiva.

Technology, C. (2004). Diccionario de Informática e internet: Computer and Internet Technology Definitions in Spanish.

Formulario descriptivo del Trabajo Final de Graduación

Identificación del Autor

Apellido y nombre del autor:	Salera Juan Manuel
E-mail:	juanmanuelsalera@gmail.com
Título de grado que obtiene:	Ingeniero en Sistemas

Identificación del Trabajo Final de Graduación

Título del TFG en español	Sistemas Expertos en Ambientes de Cambios
Título del TFG en inglés	Expert Systems in Environments Changes
Tipo de TFG (PAP, PIA, IDC)	PIA
Integrantes de la CAE	Ing. Ana Carolina Ferreyra. Ing. Mario Groppo.
Fecha de último coloquio con la CAE	03/08/2012
Versión digital del TFG: contenido y tipo de archivo en el que fue guardado	Documento PDF "Sistemas Expertos en Ambientes de cambios"

Autorización de publicación en formato electrónico

Autorizo por la presente, a la Biblioteca de la Universidad Empresarial Siglo 21 a publicar la versión electrónica de mi tesis (marcar con una cruz lo que corresponda).

Autorización de Publicación electrónica:

- Si, inmediatamente
 Si, después de mes(es)
 No autorizo

 Firma del alumno

