

# Visión breve de algunas técnicas de inteligencia artificial

Hernán Darío Alvarez Z.\*

\* Ing. Químico. Magister en Ing. de Sistemas.  
Profesor Dpto. de Procesos Químicos.  
Investigador UN-GIDIA  
(Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial de la U Nacional )  
E-mail: hdalvare@perseus.unalmed.edu.co

## ABSTRACT

This paper presents a brief panorama around presents techniques used for artificial intelligent systems implementations. Fundamental principles are mentioned and some examples are given for a better approximation to these topics. The ultimate intention is to expose how this new information processing technics are now transforming researching, teaching and engineering applications development. Furthermore, this paper should be useful as an introduction to next papers in this area, related with intelligent control, pattern recognition, intelligent tutorials tools, and others.

**KEY WORDS:** Artificial Intelligence, Neural Networks, Fuzzy Logic, Genetic Algorithms

## RESUMEN

Este artículo presenta un recorrido breve por las técnicas actuales que se están usando en la implantación de sistemas artificiales inteligentes. Se mencionan los principios fundamentales y se dan algunos ejemplos con el fin de lograr una mejor aproximación a dichos tópicos. La intención última es exponer como estas técnicas nuevas de procesamiento de información están transformando la investigación, enseñanza y aplicación de los desarrollos ingenieriles. Además, se intenta dar una introducción a próximos artículos en el área, relacionados con control inteligente, reconocimiento de patrones, herramientas tutoriales inteligentes, etc

**PALABRAS CLAVES** Inteligencia artificial, redes neuronales, lógica difusa, algoritmos genéticos.

## 1. INTRODUCCIÓN

Cuando el hombre se acerca a la posibilidad de construir máquinas autónomas, las cuales paradójicamente no necesitan de su ayuda para decidir y operar, resulta preocupante que buena parte de la gente, incluso en esferas universitarias, no conozca el significado verdadero ni los avances en el desarrollo de máquinas inteligentes, área de trabajo conocida como Inteligencia Artificial. Por otro lado, cuando algún medio de comunicación se propone hablar del tema, se termina con un soliloquio filosófico que predispone a la opinión y matricula a este campo de investigación en el grupo de los enemigos potenciales del ser humano en su condición de "rey del universo". Lo que se quiere con este artículo es aclarar los aspectos fundamentales del trabajo en inteligencia artificial y como estos avances están cambiando la investigación, enseñanza y aplicación de la ingeniería. Cabe resaltar que no se mencionan todas las técnicas actuales para la implantación de sistemas dotados de inteligencia artificial. En cambio, se intenta mostrar las mas populares y que de alguna manera han generado desarrollos mucho mas complejos y potentes. Para lograr una visión mas ampliada del panorama se invita al lector a consultar la bibliografía citada.

## 2. ¿QUE ES INTELIGENCIA?

Una definición relativamente simple del término inteligencia, lejos de cualquier implicación filosófica o moral, pero que permite enmarcar el área de trabajo de esta "ciencia", puede tomarse del artículo de J.P. Guilford (Guilford 1980), la inteligencia es "una colección sistemática de habilidades o funciones para el procesamiento de información en varias formas". Podemos hacer una disección de esta definición para encontrar tres conceptos claves en teoría del conocimiento y en el trabajo en Inteligencia Artificial:

- Colección sistemática. Implica algún tipo de política que se sigue o un objetivo que se busca cuando se realiza de forma ordenada una agrupación de tareas, que son un procedimiento o método para realizar una labor determinada.
- Habilidades o funciones. Conocimiento, experiencia y destrezas que se tiene sobre la realización de alguna tarea.
- Procesamiento de información. En un sentido amplio incluye cualquier tarea de interacción de un sistema con sus alrededores y consigo mismo, puesto que esta relación no es más que un cruce de información. Adicionalmente, implica la posibilidad de modificación sobre la información existente de acuerdo con estímulos externos e internos.

Estos tres elementos son necesarios y resultan suficientes cuando se emprende la tarea de dotar a una máquina con habilidades para desempeñar tareas que, cuando las realiza un ser humano, se juzgan como inteligentes. Si bien cada técnica usa un procedimiento de representación y manipulación de la información diferente, es este el objetivo final de la investigación en inteligencia artificial, como rama tecnológica de un grupo más grande de ciencias como: Psicología cognitiva, neurología, lógica, control, etc., que se funden en su búsqueda común en lo más profundo del cerebro y del comportamiento humano. De este modo, la solución a problemas complejos, que involucran una gran cantidad de fuentes de información, junto con una alta dosis de conocimiento heurístico, se logra mediante la implantación de sistemas dotados, en algún grado, de Inteligencia Artificial.

## 3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL, ¿COMO SE PRETENDE LOGRAR?

En inteligencia artificial, la manera en la cual se pueda dotar a la máquina de esa colección de



habilidades para el almacenamiento y procesamiento de información, es diversa y en ocasiones no del todo conformada por una sola técnica, pero puede hacerse una enumeración, no exhaustiva, de carácter general de las herramientas de inteligencia artificial mas comunes:

### 3.1 SISTEMAS DE REGLAS O CLÁUSULAS

Son formulaciones verbales del tipo SI <antecedente> ENTONCES <consecuente> (If-Then), que recogen las estructuras de conocimiento de un grupo de expertos en un área delimitada del saber, representando esta información como un conjunto de reglas que permiten a la máquina razonar de modo similar al experto humano, e incluso mediante la experiencia particular con el entorno, generar nuevas reglas que se adicionan a las originales, dadas por los expertos. Estas aplicaciones se denominan sistemas expertos, aunque el término esta virando rápidamente a uno más general: Sistemas Basados en Conocimientos (Shingal 1992). Con este tipo de tecnología, la máquina razona sobre la información que le llega de sus alrededores, con base en las evidencias que recogen sus líneas de comunicación con el exterior (sensores), de modo que obtiene una deducción particular para cada situación, apoyada en la información de los expertos humanos y adicionalmente en su experiencia propia.

Los sistemas expertos se están usando en el mundo cada vez más para desempeñar tareas críticas que sólo un grupo de expertos puede resolver satisfactoriamente, con esto se logra que en el interior de un computador portátil, viaje, por ejemplo a lo más profundo de la selva, todo el conocimiento sobre pozos petroleros, de los expertos mundiales en perforación. Del mismo modo, sistemas expertos en diagnóstico médico pueden usarse en zonas apartadas. El campo es amplio y muy promisorio, aunque otras tecnologías

están haciendo su aparición como métodos alternos de obtener el mismo resultado.

Uno de los primeros sistemas expertos que mostró un éxito significativo a nivel mundial, y que todavía se usa, se debe a los profesores Shortliffe y Buchanan de la Universidad de Standford, quienes en 1974 terminaron de probar un sistema de mas de 500 reglas heurísticas, del tipo SI - ENTONCES, que permiten diagnosticar infecciones bacterianas. Una de las reglas del sistema dice:

“SI la tinción del organismo es Gram-positiva y la morfología del organismo es la de un coco y la configuración del crecimiento del organismo es en racimos, ENTONCES cabe suponer (con un 70% de certeza) que el organismo es un estafilococo”

Este programa, denominado MYCIN, “conversa” con el usuario, pidiendo información adicional para aplicar otras reglas, sugiriendo, en algunas ocasiones, la realización de mas análisis clínicos. También está MYCIN en capacidad de explicar al usuario todo el itinerario que usó para obtener alguna deducción. El programa ha demostrado ser capaz de funcionar a la par con médicos expertos

Los sistemas basados en conocimientos mas comunes, MYCIN entre ellos, usan un mecanismo de deducción basado en la lógica multivaluada de predicados, mediante inducción, resolución u otro mecanismo de prueba de hipótesis, todos con manejos estadísticos de los calificativos, asignados a cada antecedente o consecuente de una regla.

### 3.2 REDES NEURONALES ARTIFICIALES (RNA)

Es tal vez la tecnología con más carga de emotividad cuando se la ataca o cuando se la defiende, tal vez porque su idea original está en el

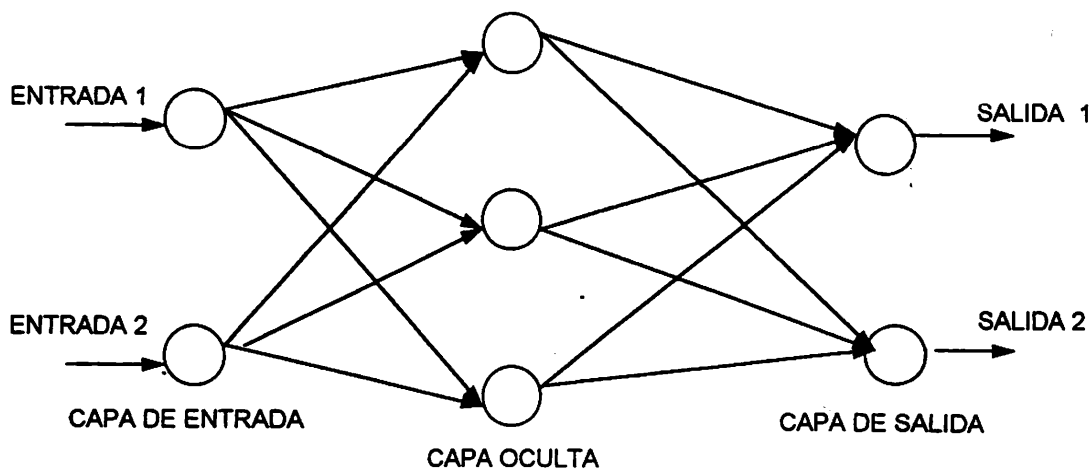
cerebro del hombre, puesto que con las redes neuronales artificiales se busca mimificar el comportamiento de las redes neuronales naturales que residen en el cerebro de los mamíferos. Se han logrado modelos matemáticos que permiten simular el comportamiento de una neurona individual frente a la carga de información que recibe desde otras neuronas y la manera en que produce una respuesta de inhibición o activación con esta información (Freeman y Skapura 1993). Con estos modelos individuales ha sido posible construir agrupaciones de nodos interconectados (redes) que burdamente imitan las reales del cerebro, de modo que se logra procesar información con un mecanismo similar al natural, logrando alta velocidad por el procesamiento masivamente paralelo y características típicamente humanas como la generalización y el aprendizaje a partir de ejemplos, además de obtener procesamiento de información incompleta, vaga o incluso incierta, con la certeza que lo hace un ser humano. De estas características se han aprovechado áreas como la aeronáutica para construir y entrenar RNA que puedan pilotear un avión a altas velocidades (3 o más veces la velocidad del sonido) como lo hace un ser humano a bajas velocidades, límite natural de la velocidad de reacción del hombre (Werbos 1992). Se han ensayado RNA que imitan perfectamente las destrezas del mejor piloto, pero que corriendo en un computador a alta velocidad de procesamiento, pueden operar el avión a velocidades mucho mayores que el mejor piloto humano.

Existen diversas configuraciones de RNA que se han ensayado, algunas buscando explicar el comportamiento del cerebro humano en labores como el razonamiento, el aprendizaje, etc. otras simplemente como invenciones ingenieriles de aplicación práctica. Incluso, se están trabajando con bastante intensidad las mezclas de dos o mas tipos de redes simples en configuraciones híbridas o modulares, con lo cual se logra aumentar la potencia en el manejo de la información y obtener

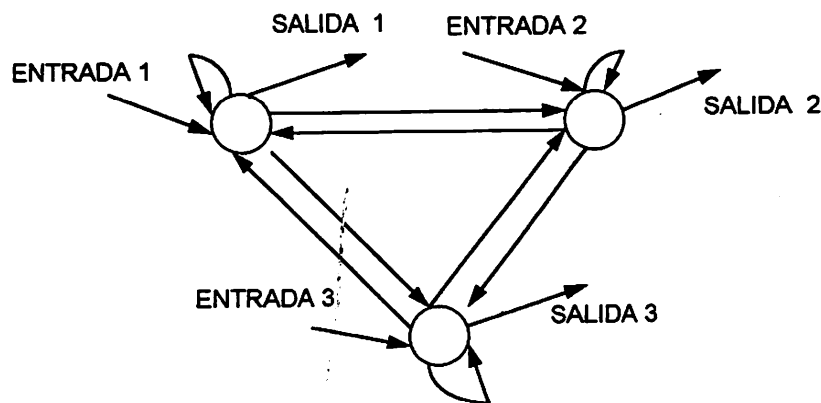
mejores procesos de aprendizaje. Como ejemplos de redes simples pueden mencionarse, entre las mas populares:

**3.2.1 RNA de Alimentación Hacia Adelante (Feedforward Networks).** Son las mas populares, por su simplicidad y facilidad de operación. Están formadas por dos o mas capas de neuronas artificiales, con la característica particular de que cada neurona de una capa se conecta con todas las neuronas de la capa siguiente. Se les denomina de alimentación hacia adelante por que la información viaja de la entrada a la salida sin que se presenten retornos de señal. Son ampliamente usadas en predicción, identificación de sistemas, reconocimiento de patrones, etc. Otra peculiaridad de estas RNA es que la información viaja una sola vez a través de la red antes de obtenerse la salida, por lo que algunos las denominan redes estáticas. La Figura 1 muestra una red de este tipo, de tres capas: una capa de entrada con dos neuronas que actúan como distribuidores de señal, puesto que generalmente en ellas no se realiza ningún procesamiento. Muchos autores no la consideran siquiera como una capa de la red. Posee también una capa oculta constituida por tres neuronas y una capa de salida con dos neuronas.

**3.2.2 RNA de Hopfield.** Su nombre se debe al investigador estadounidense que las ideó, John J. Hopfield. A diferencia de las RNA de alimentación hacia adelante, estas sólo tienen una capa de neuronas, todas interconectadas, incluso cada una consigo misma. Estas redes tienen una particularidad que las hace muy útiles en la reconstrucción de señales incompletas: actúan como memorias asociativas por contenido y no por dirección, como nos tienen acostumbrados las memorias de los computadores digitales. Además, las redes de Hopfield son dinámicas, o sea que la información no viaja una única vez a través de la red antes de dar la salida, por el contrario, permanece un determinado tiempo haciendo ciclos de convergencia en la red, hasta que se estabiliza



*Figura 1. Red Neuronal alimentada hacia adelante (Feedforward).*



*Figura 2. Red de Hopfield de tres neuronas*

la salida, momento en el cual se toma esta como la salida válida de la red. La Figura 2 muestra una red de Hopfield muy simple, de tan solo tres neuronas, en la cual se ve la alta interconectividad de este tipo de arreglos neuronales artificiales.

**3.2.3 RNA de Kohonen.** También denominadas Mapas Auto-organizados debido a la característica operativa, que hace que las neuronas adquieran relaciones entre si, de acuerdo con las entradas que se les presentan durante el entrenamiento. Su nombre se lo deben al investigador Finlandés

Teuvo Kohonen. Generalmente son redes de una única capa de neuronas, de modo que cada neurona establece vínculos particulares con las neuronas de su inmediata vecindad. Las mas conocidas, usadas como retinas artificiales son configuraciones en mallas bidimensionales de neuronas. Con estas redes también se han construido reconocedores de habla para diversos idiomas, basados en el gran poder de auto-organización que presentan las RNA de Kohonen. La Figura 3 muestra una parte de la red de Kohonen, que este mismo investigador generó para reconocer fonemas del finlandés.

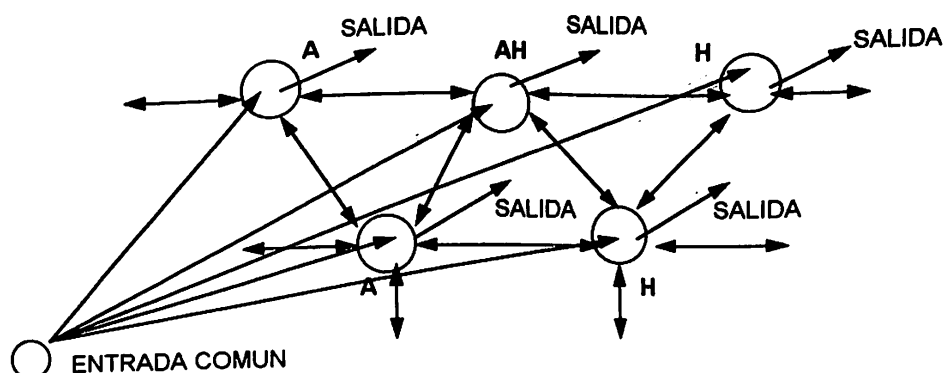


Figura 3. Parte de la red de Kohonen que opera como mapa de fonemas en Finlandés

Se ven 5 neuronas que han sido entrenadas para activarse ante la presencia del fonema con el cual se rotulan. Debe destacarse que este tipo de redes se entrena sin ninguna supervisión externa, por eso se conocen como mapas auto-organizativos. También se aprecia en la Figura 3 que las conexiones son bidireccionales, con la apariencia de una malla. Dichas conexiones se fortifican o debilitan durante el entrenamiento (se acortan o alargan), con lo que se forma una retícula de ángulos y posiciones variables.

### 3.3 ALGORITMOS GENÉTICOS (AG)

De nuevo el retorno a la naturaleza marca el camino a lo investigadores en esta área de la inteligencia artificial. Aquí se imita el comportamiento genético de las especies vivas con sus funciones de reproducción, cruzamiento, mutaciones, selección natural, etc., de modo que el computador, operando con un algoritmo o programa con lineamientos genéticos, está en capacidad de encontrar la solución óptima a un problema mediante la reproducción de generaciones de individuos, que son posibles soluciones al problema, hasta obtener la solución óptima en una generación particular. Dicha solución aparece después de aplicar selección y reproducción de individuos y cruce entre las

mejores soluciones (Holland 1993). Con esta técnica se logran resolver problemas altamente complejos, cuya solución es difícil de obtener por métodos tradicionales, además, el sistema aprende del entorno, como las comunidades de seres vivos van aprendiendo del medio y desarrollando cambios en sus estructuras para soportar condiciones diferentes. Así, los individuos padres o abuelos de cualquier solución tienen ya una estructura que permite garantizar la obtención de soluciones mejores en el menor número de generaciones de individuos.

Asumamos, por ejemplo, que la curva de la Figura 4 es una función desconocida (debido a la complejidad de la reacción) que representa el rendimiento (RE) de una reacción química versus la concentración de un catalizador (CC), y se desea encontrar la concentración mas adecuada para obtener el máximo rendimiento. Aunque esta función es desconocida como formulación matemática, existe alguna manera de evaluar dicho comportamiento (mediante simulación cualitativa por ejemplo). Las técnicas algorítmicas ofrecen solución si se conoce la funcionalidad de RE y CC, o con algunos métodos de tipo aleatorio, se emprende una búsqueda por fuerza bruta, explorando todos los posibles valores de la concentración del catalizador.

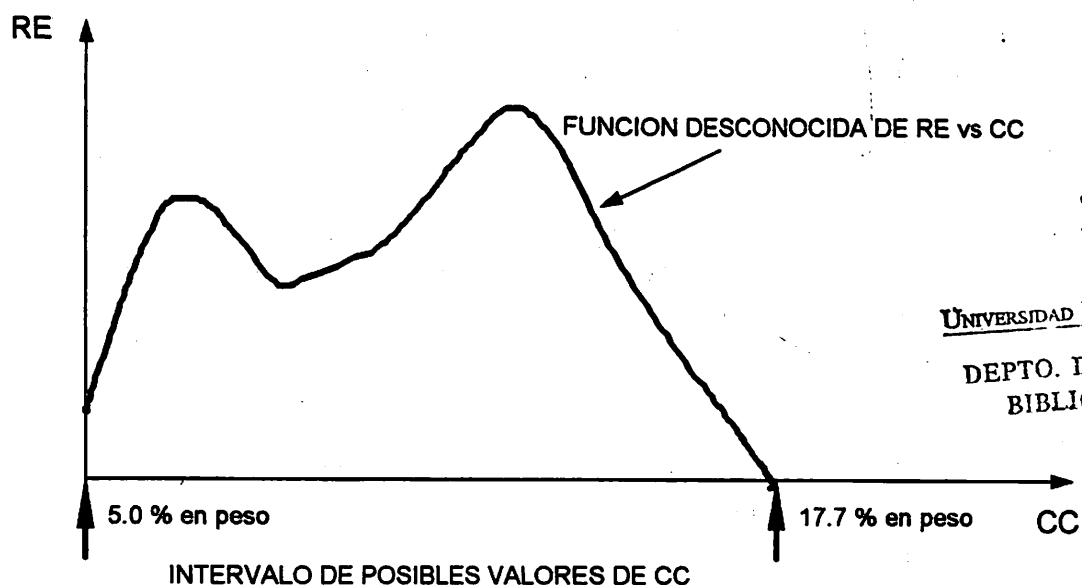


Figura 4. Relación rendimiento RE de la reacción y concentración de catalizador CC.

Si se usa un AG, se declara una estructura genérica de los individuos (posibles soluciones al problema), mediante la determinación de cuantos alelos por gene, cuantos genes por cromosoma, y cuantos cromosomas contendrá cada individuo, aunque es práctica común que un individuo solo posea un cromosoma. Los alelos son los valores que puede tomar un gene, lo mas normal es codificar la información en forma binaria (1 o 0), lo que da dos alelos por gene. El número de genes por cromosoma lo determina la cantidad de cifras significativas que se desee obtener en la respuesta, en este caso, valor en % en peso de la concentración del catalizador (CC). El intervalo de búsqueda es de 12.7 unidades de % en peso. Si se usara una codificación de 7 genes por cromosoma, se obtendría una respuesta con 0.1 % en peso de precisión, pues se tienen individuos que son tiras de 7 bit, siendo el menor la tira 0000000, que equivale a la concentración inferior (5.0 % en peso) y el mayor la tira 1111111, que equivale a la concentración mas alta (17.5% en peso), en total 128 individuos diferentes para representar un intervalo de 12.7 unidades. Los

pasos siguientes en la aplicación de un AG simple, pueden resumirse como:

- Generar aleatoriamente una primera población de  $n$  individuos.
- Evaluar el rendimiento RE de la reacción que produce cada individuo.
- Seleccionar para la reproducción a los mejores individuos de acuerdo con una evaluación de dicho rendimiento.
- Cruzar los individuos reproducidos por parejas para obtener una nueva generación.
- Ir al paso b. y repetir hasta obtener un RE lo suficientemente alto o hasta que se detecte alguna degradación en la respuesta de generaciones sucesivas.

Los AG se están usando con éxito en la exploración de soluciones en problemas de diseño mecánico de turbinas, de modo que no sea necesario acudir

a una prueba experimental exhaustiva de todos los posibles modelos, puesto que con un AG se puede encontrar una generación de individuos (grupo de modelos) que garanticen un cumplimiento cercano al óptimo en las condiciones operativas de la turbina. Del mismo modo, cuando el espacio solución de un problema se hace demasiado amplio, las estructuras de búsqueda orientada que brinda un AG, permiten obtener una solución aproximada en un tiempo muy pequeño. De esto se está nutriendo toda la teoría de control adaptativo, como mecanismo para obtener un individuo, que represente los mejores valores para los parámetros del controlador que se aplica al proceso en cada instante.

### 3.4 LÓGICA DIFUSA

En la lógica tradicional la pertenencia de un elemento a un conjunto se define con un atributo de SI pertenece o NO pertenece, valores absolutos únicos y excluyentes uno del otro. Con este tipo de conjuntos claramente delimitados, la representación del conocimiento de un experto,

que por lo general se expresa con términos lingüísticos no exactos, resultaba muy difícil de capturar con toda su riqueza, por lo que se recurrió a definir una clase particular de conjuntos de elementos que no tienen un límite definido sino difuso, de modo que para valorar la pertenencia de un elemento a uno de estos conjuntos borrosos se recurre a un calificativo numérico continuo entre el SI y el NO (entre 1 y 0), denominado factor de pertenencia  $\mu$ , que permite representar términos lingüísticos como Alto, Bajo, Rápido, Despacio, etc. como subconjuntos difusos que se superponen para conformar un universo de discurso del problema (Leung and Lam 1988). La Figura 5 presenta una distribución muy usada en control de procesos, para el universo de discurso que representa el error, diferencia entre la respuesta real del sistema y el valor deseado o punto de consigna. Los diferentes subconjuntos se representan como triángulos (BN, Z y BP) y como trapezios (AN y AP). Otra forma de uso frecuente son las campanas Gaussianas.

Desde mucho tiempo atrás, algunos científicos habían manifestado la posibilidad de generar un

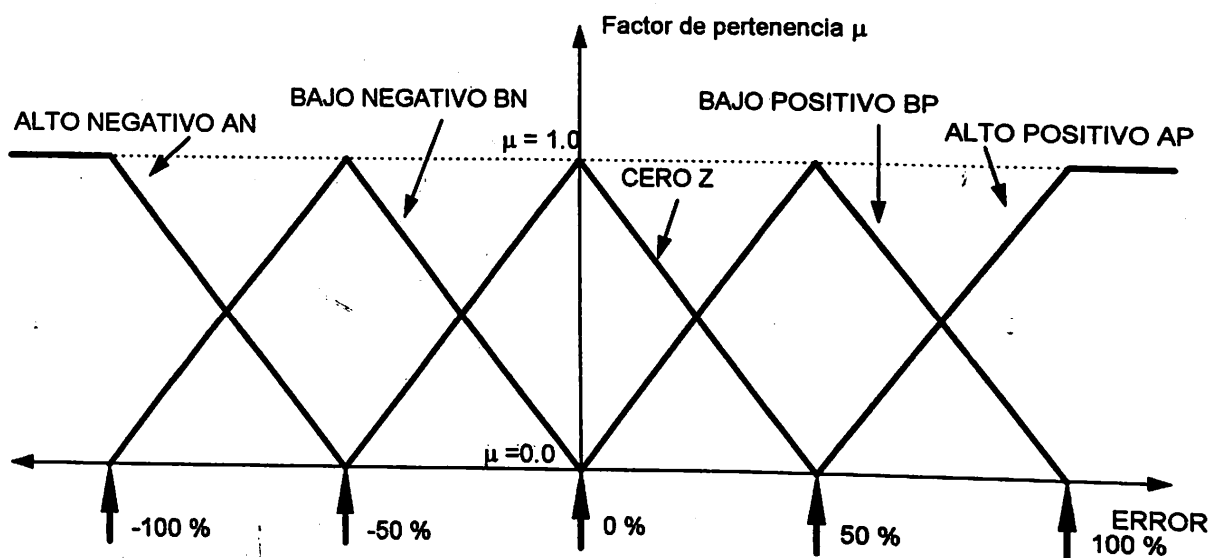


Figura 5. Partición en subconjuntos difusos del universo de discurso ERROR



razonamiento lógico con base en mas de dos calificadores de pertenencia de un elemento a un conjunto. Un intento conocido es el de usar el valor  $\frac{1}{2}$  como tercer grado de pertenencia de un elemento a un conjunto. Esto ya se había discutido con la lógica bivaluada, con argumentos como el del tercero excluido, que manifiesta que ninguna entidad puede ser a la vez verdadera y falsa. Fue el profesor Lofti A. Zadeh, quien en 1965 en la Universidad de Berkeley, planteó todo un cuerpo axiomático para una lógica formal multivaluada, que se apoya en calificativos continuos en el intervalo  $[0, 1]$ , para determinar la pertenencia de un elemento a dicho subconjunto, que a su vez esta inmerso en el universo de todos los posibles estados que puede tomar el elemento, denominado Universo de Discurso (Driankov et al. 1993).

El éxito de la lógica difusa radica en la capacidad que brinda de generar soluciones flexibles ante cambios externos, debido a la gran variabilidad que ofrecen los "límites" de los subconjuntos difusos. Se ha comprobado, por ejemplo, que el ojo humano ve en forma difusa y con éxito se han construido controles difusos de enfoque para cámaras de fotografía electrónicas. Además la apropiación de "experticia" (experiencia y pericia) que hace un SBCs, cuando se plantea como reglas con atributos difusos, ha sorprendido en áreas como el control de procesos complejos, hasta hoy enteramente manejados por expertos humanos. Un ejemplo particular es el sistema de frenado de trenes eléctricos usados en varias ciudades del Japón, todo completamente operado mediante un SBCs con reglas difusas. Con mucho éxito, el profesor S. Sugeno, ha desarrollado un piloto automático para helicópteros, controlador que no había podido lograrse mediante técnicas tradicionales, debido a la complejidad de la tarea y a la alta carga de experiencia y pericia requerida (Sugeno and Park 1993).

### 3.5 TÉCNICAS HÍBRIDAS

Al momento existe en el mundo una febril exploración de sistemas que mezclan dos o mas técnicas individuales de IA, con lo cual se logran conjuntos con alta sinergia, óptimos en el desempeño de labores particulares en el control de procesos, la modelación de sistemas complejos, la predicción de estados futuros en procesos bajo incertidumbre, etc. Estos híbridos están ganando terreno cuando se aborda la solución de problemas complejos, en los cuales una técnica individual presenta inconvenientes. (Alvarez 1995). Es particularmente interesante como a partir de las técnicas individuales descritas anteriormente, se han planteado diversas combinaciones para usar las habilidades de cada una de las diferentes tecnologías.

**3.5.1 Híbridos RNA-SBC<sub>s</sub> con Factores de Certeza.** Las topologías mas obvias que se han implementado como híbrido RNA-SBC<sub>s</sub>, son aquellas que usan uno de ellos como preprocesador de la información para el otro, así, es posible que el SBC<sub>s</sub> actúe como proveedor de los pesos iniciales para las conexiones, e incluso, de la estructura misma de la RNA. El SBC<sub>s</sub> actúa como un planificador rudimentario de la estrategia de operación del sistema, preprocesando la información, con el fin de facilitar la labores propias de la red. También se acostumbra usar RNA para preprocesar las señales, con el fin de deducir variables intermedias de carácter inferencial, que no son de lectura directa, las cuales se constituyen en evidencias para que el SBC<sub>s</sub> encuentre la salida adecuada.

**3.5.2 Híbridos RNA-SBC<sub>s</sub> con Lógica Difusa(LD).** El aporte grande en este híbrido es la introducción de una lógica difusa para el manejo de la incertidumbre. La combinación de esta



técnica con la de RNA, apenas se empieza a esbozar en algunos artículos, sin que se conozca, a la fecha y con detalle, una metodología definida para su desarrollo. De todos modos, salta a la vista la gran capacidad que presenta este tipo de combinación. De nuevo, lo más obvio es el uso del preprocesamiento de señales por parte de una de las técnicas antes de entregar información a la otra, aunque existen otras alternativas de unión, como la aplicación de una supervisión sobre el entrenamiento en línea de la red, usando conjuntos y lógica difusa para calcular los parámetros de aprendizaje más adecuados en cada momento (rata de convergencia y momento). También puede usarse un grupo de conjuntos difusos estimadores del sistema, los que llegan a la red dentro del vector de entrada y pueden usarse como facilitadores del mapeo que hace la RNA para entregar la salida mas adecuada. La situación puede extremarse al punto de que este estimador actúe como conmutador de selección de una RNA particular (relativamente pequeña), dentro de un conjunto de redes, cada una entrenada en una zona particular de toda la superficie del sistema.

Una hibridación mucho mas novedosa es la generación de neuronas artificiales con función de activación difusa, a diferencia de las neuronas artificiales típicas, que trabajan con funciones de activación sobre los números reales, bajo una definición estricta. De este modo es posible formar RNA difusas. En este caso la función de activación de la neurona no es mas que la definición de un conjunto difuso sobre un determinado universo de discurso, de modo que su salida es el grado de pertenencia de la suma ponderada de sus entradas. Con esta técnica es posible entrenar, además de los pesos de la red, los parámetros característicos de la función que define el conjunto difuso interno a cada neurona. Con este método se aumenta la capacidad de la neurona en términos de un mayor grado de especialización y memorización de la experiencia pasada.

**3.5.3 Híbridos RNA-SBCs-LD.** Esta categoría de sistemas híbridos contiene las tres tecnologías claramente diferenciables dentro de la estructura del sistema de control. Aunque, en ultima instancia un híbrido de LD y RNA contiene también un SE, por la inferencia necesaria, en esta categoría se enmarcan aquellos sistemas de control que claramente usan un SE con lógica tradicional y uno con lógica difusa en combinación con RNA. La literatura cita la posibilidad que existe de construir un híbrido de esta clase (Werbos, 1993). Vale en este punto decir como cualquiera de las técnicas de combinación vistas arriba, pueden usarse para aprovechar las fortalezas particulares de cada una de las tecnologías individuales.

#### 4. CONCLUSIÓN

A manera de conclusión cabe hacerse la siguiente pregunta: ¿Puede un sistema con inteligencia artificial superar a un ser humano durante el desempeño de una tarea particular?. Alan Turing, el padre de la arquitectura actual de los computadores, planteó la siguiente prueba, conocida como Test de Turing: En dos cuartos cerrados y separados se colocan una máquina dotada de inteligencia artificial en uno y un experto humano en el otro. Si un interlocutor humano, que desconoce dónde está la máquina y dónde el hombre, a partir de preguntas hechas a ambos no logra descubrir cuándo le responde la máquina y cuando el experto humano, puede decirse que la máquina está dotada de inteligencia artificial. Pero si vamos mas allá de este test y sometemos a la máquina y al hombre a impresiones diversas de un medio ambiente cambiante, ¿quien puede mejorar su desempeño con mas facilidad mediante la adquisición de conocimiento nuevo?. Obviamente el hombre, porque por más perfecto que sea el principio de operación de la máquina y su razón de existir, la máquina no tiene conciencia de sí misma y su criterio de evaluación de desempeño



es totalmente artificial, apegado a funciones de utilidad en términos de cualquier cosa medible como: consumo de energía, velocidad de obtención de una respuesta, habilidad para reproducir un función matemática muy cerca del valor real, etc. Todas son susceptibles de convertirse en aberraciones cuando se intentan optimizar al extremo, lo que en último término puede llevar a la auto-destrucción de la máquina. En cambio el ser humano tiene una diversidad casi infinita de posibilidades de evaluación de su comportamiento: la lúdica, el amor, la ciencia, la naturaleza, el arte, etc. todas con escalas de medida altamente subjetivas y que nos otorgan la capacidad de autoestima y conciencia de la propia existencia, de modo que si nos debemos adaptar a condiciones cambiantes, la selección del criterio de evaluación de la calidad de nuestra adaptación, incluso si nos conduce a la auto-destrucción, siempre es decisión propia.

No debemos temer a los avances en inteligencia artificial, puesto que las máquinas inteligentes pueden, y efectivamente lo están haciendo, realizar tareas rutinarias y altamente riesgosas para un ser humano, con lo cual se abre la perspectiva de recuperar los tiempos para el disfrute y el descubrimiento de ese ser humano que la vida atareada de hoy ha sumido en la rutina del trabajo y la competencia por el consumismo y la ostentación. Subyace el siempre posible mal uso de cualquier tecnología, cuando con ella se pueden lograr aumentos de riqueza particular. ¿De qué depende que esto no suceda?, del grado de información que sobre el tema maneje la comunidad.

## 5. REFERENCIAS

- ALVAREZ, H.D.** Modelo híbrido para el control inteligente de procesos usando sistemas basados en conocimientos, redes neuronales artificiales y lógica difusa, integrados. Tesis M.Sc. en Ing. de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia. 1995.
- DRIANKOV, D, HELLENDOMM, H and REINFRANK, M.** An introduction to fuzzy control. First edition. Springer-Verlag Berlin-New York. 1993.
- FREEMAN, J.A. and SKAPURA, D.M.** Redes neuronales, algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación. Primera edición en español. Addison-Wesley/Díaz-Santos. 1993.
- GUILFORD, J.P.** La inteligencia desde el punto de vista del procesamiento de la información, INTERCIENCIA, Vol. 5 No 5. 1980.
- HOLLAND, J.H.** Adaptation in natural and artificial systems. Second printing of original text (Michigan University, 1975), for Michigan Institute of Technology MIT Press, 1993.
- LEUNG, K.S. and LAM, W.** Fuzzy concepts in experts systems. IEEE COMPUTER. Sept. 1988.
- SHINGAL, R.** Formal concepts in artificial intelligence. First edition. Chapman & Hall. 1992.
- SUGENO, M. and PARK, G.** An approach to linguistic instruction based learning. INTERNATIONAL JOURNAL OF UNCERTAINTY, FUZZINESS AND KNOWLEDGE-BASED SYSTEMS. Vol 1, No 1. Sept. 1993.
- WERBOS, P.J.** Neurocontrol and related techniques. HANDBOOK OF NEURAL COMPUTING APPLICATIONS. Aliane J. M. editor. Academic Press. 1992.