

Paradigma

hacia el diseño y desarrollo de algoritmos y sistemas de control para clonación artificial en procesos industriales

Por: Amador, Jairo*
Pineda, Wilman**

RESUMEN

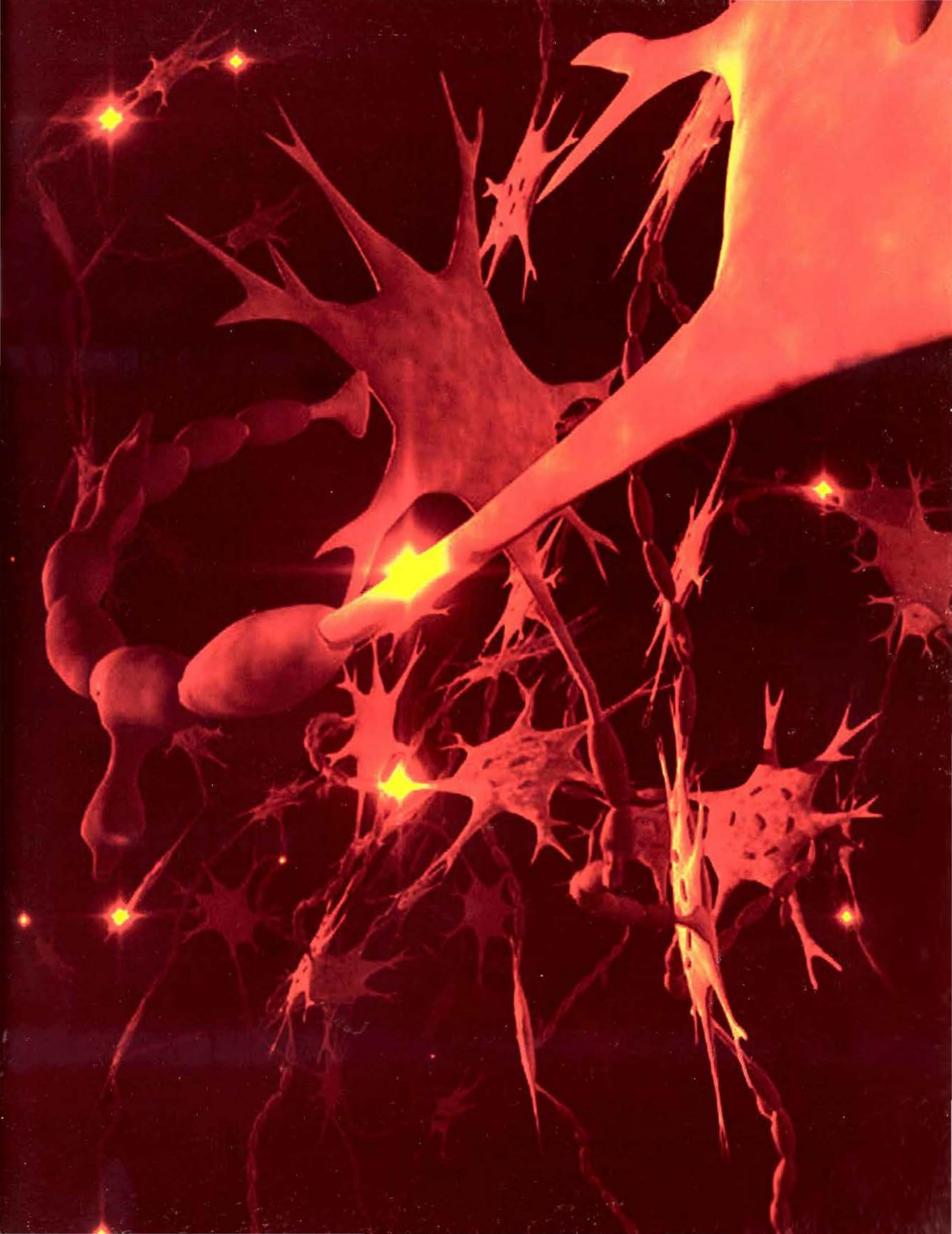
Haciendo uso de la tecnología inteligente basada en la lógica difusa, las redes neuronales y los algoritmos genéticos, se pretende plantear un paradigma para la clonación artificial de dispositivos en procesos industriales, específicamente para sensores, los cuales deberán replicar las mismas o mejores funciones de los dispositivos reales mediante la evolución de su comportamiento.

ABSTRACT

Making use of the intelligent technology based on the fuzzy logic, the neuronal nets and the genetic algorithms, it pretends to make a paradigm for the artificial cloning devices in industrial processes, specifically for sensors, which will to reply the same or better functions of the real devices by means of the evolution of their behavior.

* Maestría en Ciencias de la Computación (c), UNAB Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Esp. en Telemática, UNIBOYACA. Ingeniero de Sistemas, UAN. Lic. en Matemáticas y Física, UPTC. Profesor tiempo completo FUJC. E-mail: jairoamador@hotmail.com

** Maestría en Ciencias de la Computación (c), UNAB Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Ingeniería Electrónica, UPTC. Profesor tiempo completo, FUJC. E-mail: wilmangepineda@hotmail.com



1. Redes Neuronales (RN).

Las redes neuronales artificiales son simulaciones de estructuras cognitivas de procesamiento de información (basados en modelos de las funciones cerebrales realizadas por las neuronas biológicas), interconectadas y con

unidades de procesamiento sencillas generalmente adaptativas, estos dispositivos son masivamente paralelos y de organización jerárquica. Interactúan con los objetos del mundo real de la misma forma que lo hace el sistema nervioso del ser humano (figura 1).

En el contexto ingenieril las redes neuronales constituyen un sistema dinámico altamente paralelo y distribuido, el cual ejecuta el procesamiento de la información en términos de respuesta o reacción a una entrada o estímulo externo, continuo o discreto.

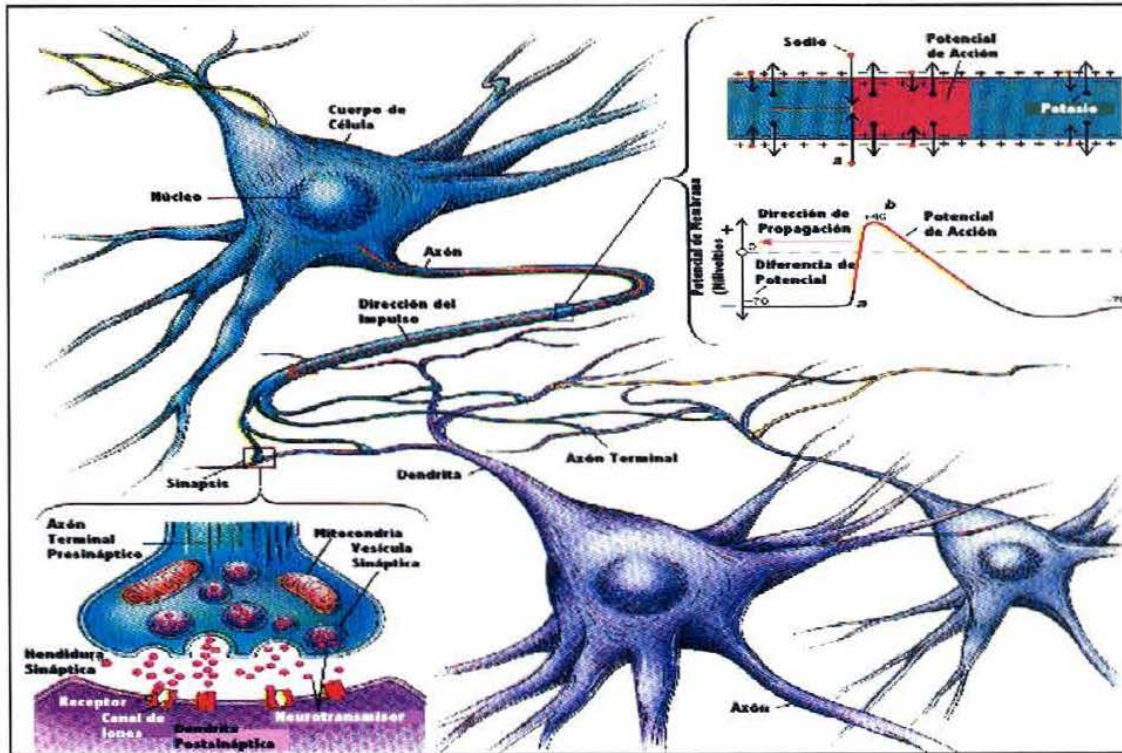


Figura 1.

Fuente: <http://www.ucm.es/info/pslogica/mente/neurona>

2. Lógica difusa o borrosa.

El concepto borroso es utilizado cuando se necesitan definir variables no deterministas, este proceso se realiza con la utilización de las funciones de pertenencia o de membresía (figura 2), las cuales dan información sobre el grado de pertenencia de los elementos al conjunto. La lógica difusa crea aproximaciones matemáticas en el modelamiento de ciertos tipos de problemas que en su solución produce resultados "exactos" a partir de datos imprecisos; actuando como lo hace el ser humano cuando toma decisiones ante situaciones que no pueden definirse de manera exacta. La lógica difusa es una herramienta en el área de la inteligencia artificial y ha dado origen a sistemas expertos de tipo difuso y a sistemas de control automático.

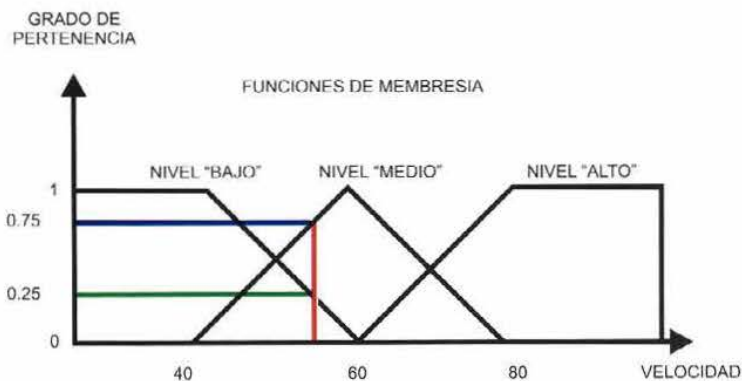


Figura 2.

3. Algoritmos Genéticos (AGs).

La teoría de los algoritmos genéticos (AG) fue introducida por Holland J. en 1970, inspirándose en el proceso observado en la evolución natural de los seres vivos, y motivado por resolver problemas de aprendizaje de máquinas. De manera muy general podemos decir que en la evolución de los seres vivos, el problema de la supervivencia permite el desarrollo de habilidades innatas, manifestándose así los llamados cambios genéticos. A nivel de los genes el problema es el de buscar aquellas adaptaciones beneficiosas en un medio hostil y cambiante. Debido en parte a la selección natural cada especie gana cierta cantidad de “conocimiento”, el cual es incorporado a la información de sus cromosomas. Aunque muchos aspectos están todavía por discernir, existen unos principios generales ampliamente aceptados por la comunidad científica. Algunos de estos son:

1. La evolución opera en los cromosomas.
2. La selección natural es el proceso por el que los cromosomas con “buenas estructuras” se reproducen más a menudo que los demás.
3. En el proceso de reproducción se da la evolución mediante la combinación de los cromosomas de los progenitores. Llamamos recombinación a este proceso en el que se forma el cromosoma descendiente. También se tienen en cuenta las mutaciones que pueden alterar dichos códigos.
4. La evolución biológica no tiene memoria ya que en la formación de los cromosomas únicamente se considera la información del periodo anterior.

En este campo, investiga Delgado A. (1998) profesor de la UN, quién en su libro “Inteligencia Artificial y Minirobots” indica que los algoritmos genéticos son utilizados en robótica para evolucionar controladores a partir de una población y utilizando el principio de “supervivencia de los mejores”, donde más se define por la calidad de la respuesta lograda con el controlador. Cohello A. (2004) asegura que los AGs, tienen aplicaciones en optimización (estructural, numérica, combinatoria, de topologías, etc.), en aprendizaje de máquinas como sistemas clasificadores, en bases de datos para optimización de consultas, en reconocimiento de patrones como imágenes, en generación de gramáticas regulares o libres de contexto, en planeación de movimientos de robots y en predicciones.

Los algoritmos genéticos han sido utilizados para resolver problemas de optimización en investigación de operaciones, cuya característica es contar con recursos limitados. También se aplican en el aprendizaje automático de máquinas. En inteligencia arti-

ficial los algoritmos genéticos deben descubrir nuevas reglas con base en el conocimiento del sistema experto para la toma de decisiones.

Actualmente se está trabajando en reconocimiento de formas o patrones, tema que ha sido difícil y complicado para la computadora; de igual manera en Internet debido a que las imágenes tardan en llegar por que la información no se comprime al máximo. Se espera que con ayuda de los algoritmos genéticos la información pueda ser comprimida a este estado en el lado del receptor, y así obtener transferencia de imágenes en forma rápida.

4. Un nuevo paradigma para la clonación artificial.

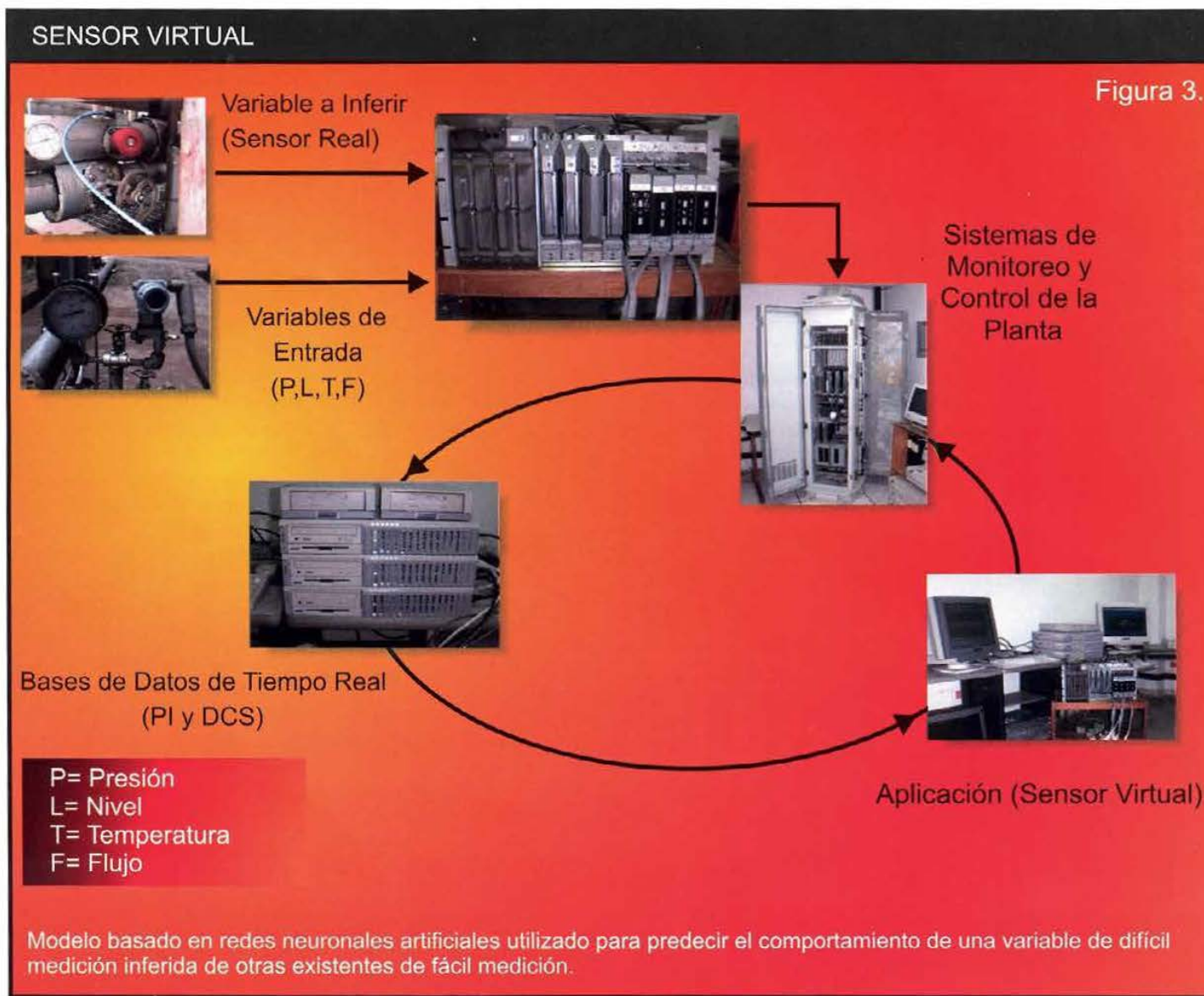
Haciendo uso de la tecnología inteligente basada en la lógica difusa, las redes neuronales y los algoritmos genéticos se pretende plantear un nuevo paradigma para la clonación artificial, investigando la clonación de dispositivos en procesos industriales, esto permitirá pensar en la posibilidad de replicar funciones de dispositivos reales y la evolución de su comportamiento a través de operaciones de reproducción selectiva, cruce, mutación e inversión que permite aplicar la teoría de los algoritmos genéticos.

El grupo de investigación que se ha aventurado por este camino, se encuentra liderado por Muñoz F.(2000) actualmente profesor de la Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB (Santander-Colombia), quien ha dirigido y evaluado varias tesis a nivel de postgrado y pregrado cuyos resultados dan luces y avances al proyecto. De manera general, la investigación propone que con el apoyo de la teoría de las redes neuronales artificiales se diseñe la estructura inteligente del sensor que debe ser clonado, la cual permitirá procesar y controlar la información interna del sistema de clonación artificial, que es tomada del comportamiento del sensor real. A partir del concepto de sinapsis de las redes neuronales biológicas se entrenará una red neuronal artificial hasta lograr el aprendizaje óptimo (aumentar su desempeño) deseado. Esta información será utilizada para realizar el mapeo genético que permitirá la generación de códigos para el proceso de clonación. Los procedimientos de mutación, cruce, selección e inversión son usados para la generación evolutiva del sensor clonado, el cual desarrollará características con mayor precisión, flexibilidad, modularidad, robustez y fiabilidad. Los algoritmos genéticos diseñados harán uso de la lógica difusa para la construcción de los modelos de la función de membresía, la cual se debe escoger de manera que la complejidad de los algoritmos usados sea la de menor orden y en

consecuencia obtendremos mayor rapidez de funcionamiento en tiempo real.

Al respecto en la empresa ECOPETROL, Refinería de Barrancabermeja (Colombia) se realizó un trabajo de grado¹ (maestría) en Ciencias Computacionales, en el cual se desarrolló e implementó un sensor virtual

de viscosidad para el proceso de producción de Fenol (figura 3). Con base en este trabajo, los autores han sido orientados de manera sistemática con el fin de alcanzar los propósitos de la investigación para lograr como objetivo general la clonación de este sensor.



Sanabria F. adelanta una investigación que tiene como objetivo diseñar y desarrollar una caja de herramientas de Algoritmos Genéticos con base en el Simulink para el software MatLab. Hoy en día existe un toolbox sobre AGs en Matlab pero este sólo utiliza instrucciones, mientras que el que se pretende desa-

rollar está basado en íconos.

Los autores del presente artículo pretenden diseñar y desarrollar una metodología que permita construir algoritmos y sistemas de control para clonar artificialmente sensores industriales como el que fue desarrollado virtualmente en ECOPETROL.

¹Núñez C. y Pava H. (2000) Implementación de sensores inteligentes utilizando redes neuronales aplicadas a procesos de refinamiento. Tesis. Convenio Tecnológico de Monterrey México y UNAB Bucaramanga.

4.1 Metodología

Muñoz F. y Pardo A. sugieren un método, un procedimiento y utilidades que constituyen la tecnología de clonación artificial. El método consiste en la aplicación e interpretación del mapeo genético, que contiene los códigos de la estructura funcional del sensor. El mapeo es un conjunto de barras de códigos que describe las unidades operativas funcionales del sensor. Cada unidad operativa esta formada por elementos unitarios que representan una parte de la operación del sensor, un código es una serie de dígitos que representa una parte de la operación del mismo, donde cada dígito contribuye en una posición dentro de la estructura funcional. El procedimiento consiste en la aplicación de un conjunto de directrices dirigidas a las conexiones estructurales de la red neuronal, que facilita el flujo de información para el aprendizaje del sensor clonado. Las utilidades son criterios de semejanza que aplican medidas adimensionales e incluyen parámetros propios de los dispositivos reales a clonar, que permiten escalar un sensor hasta una versión clonada de acuerdo al proceso de clonación que comprende cinco etapas.

Etapa 1: se seleccionan los dispositivos a clonar. Se divide la población según el número de objetivos dados en unidades operativas funcionales; el conjunto en unidades operativas es llamada función objetivo. Por ejemplo, para un número de N dispositivos que constituyen la población y un número de n unidades operativas, se divide la población en subpoblaciones acorde con las unidades, cuyo tamaño es N/n . Luego, se itera con un algoritmo genético cada subpoblación con una función objetivo diferente con el fin de seleccionar los mejores individuos; esto es, para asegurar que cada función objetivo sea evaluada. Después, se asigna prioridad (clasificación jerárquica) a las funciones objetivo dependiendo del problema a resolver. Finalmente, se selecciona cada función según su prioridad y se evalúa sobre cada subpoblación. Esto se realiza hasta evaluar todas las funciones objetivo. Para asegurar la diversidad, se reemplazan los peores individuos en cada subpoblación.

Etapa 2: se obtienen las soluciones parciales $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ por cada unidad operativa. La unión de dichas soluciones permitirá conformar una nueva población global, a quien se aplica una función objetivo seleccionada aleatoriamente. Esto es un proceso repetitivo hasta un cierto número de iteraciones (fi-

jado como criterio de convergencia) para asegurar que cada función objetivo se evalué dentro de la población global con un elevado grado de confianza.

Etapa 3: en cada subpoblación se seleccionan los individuos que tengan el mínimo valor de la función objetivo que se evalúa. El número de individuos que se seleccionan (por cada subpoblación) es tomado como información para definir el coeficiente que ponderará a cada uno de los componentes de la función multiobjetivo (el conjunto de unidades operativas diferentes). Finalmente, se genera la población global como la unión de cada una de las subpoblaciones y se evalúa usando la función multiobjetivo ponderada según los valores previamente determinados.

Etapa 4: se selecciona la función objetivo a evaluar entre las unidades operativas que componen la función multiobjetivo. Debe asegurarse que todas las funciones sean evaluadas un número mínimo de veces definido.

Etapa 5: se realiza un proceso de optimización de los pesos y espacios propios de las soluciones parciales obtenidas en la etapa 3, usando la función multiobjetivo resultante en la etapa 4. Luego, se determina el número de individuos que dan una solución mínima; es decir, que satisfacen el coeficiente de ponderación de las funciones objetivos con respecto a la función multiobjetivo. Esto representa el dispositivo clonado.

5. Observaciones

Las técnicas de mapeo genético permiten el diseño y desarrollo de algoritmos y sistemas de control para clonación artificial en procesos industriales, y con los avances computacionales se logra la creación de las bases de datos para transmitir, almacenar, analizar y clonar la información obtenida de los dispositivos reales. Se espera que con la ayuda de los algoritmos genéticos se pueda resolver satisfactoriamente el problema de la clonación de sensores.

Teniendo en cuenta que en esta investigación se trabaja con sistemas evolutivos, basados en la información del estado anterior de los cromosomas para generar los nuevos cromosomas, los autores plantean la posibilidad de aplicar la teoría de cadenas de Markov, en razón a que esta no hace uso de memoria para los cambios de estado en la aplicación de los operadores genéticos.

Las redes neuronales artificiales son capaces de manejar problemas complejos no lineales, el procesamiento de la información puede realizarse rápida-

²Muñoz F y Pardo A (2003). Revista Colombiana de Tecnología Avanzada. Vol 1. Artículo "Tecnologías de Control Inteligente: Redes Neuronales, Algoritmos Genéticos y de Clonación Artificial".

mente mediante métodos de aprendizaje adecuados que reducen el esfuerzo computacional.

Las redes neuronales artificiales sólo necesitan datos de entrada y salida para reconocer uno o más patrones, inmersos en el mapeo de las variables de entrada y así obtener la respuesta de salida.

Una vez logrado el objetivo de la presente investigación, los autores esperan desarrollar aplicaciones de clonación artificial en sectores que generen desarrollo para Colombia, por ejemplo en el campo rural en procesos de producción agrícola, en los cuales la inversión tecnológica ha sido muy escasa.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAMI, C. (1994). Learning and complexity in genetic autoadaptive systems. California Institute of Technology.
- AIZAWA, A. (1998). In Foundations of Genetic Algorithms. Morgan Kaufmann.
- DAVIS, L. (1991). Handbook of Genetic Algorithms. New York: Van Nostrand Reinhold.
- DORIGO, M., & Maniezzo, V. (1993). Parallel Genetic Algorithms: Theory and Applications. Amsterdam, IOS Press.
- DORSEY, R. E., Johnson, J. D., & Mayer, W. J. (1994). The genetic adaptive neural network training (GANNT) algorithm for generic feedforward artificial neural systems (Technical Report). University, MS: The University of Mississippi.
- GOLDBERG, D.E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning. Reading: Addison-Wesley.
- GOLDBERG, D.E. (2001). Genetic Algorithms. Reading: Addison-Wesley.
- HOLLAND, J. H. (1987). Genetic algorithms and classifier systems: Foundations and future directions. Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms. Erlbaum Associates.
- HOLLAND, J.H. (1992). Adaptation in Natural and Artificial Systems. Second edition. Cambridge: MIT Press.
- MARTIN DEL BRIO, B., & SANZ, M. A. (2002). REDES NEURONALES Y SISTEMAS DIFUSOS. Reading: Alfaomega, Edición segunda.
- MUÑOZ, A.F. (1998). Aplicación de los algoritmos genéticos en la identificación y control de bioprocesos por clonación artificial. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetic V 19 No. 2 58-76.
- MUÑOZ, A.F. (2000). Tecnología de clonación artificial on-line de sensores y controladores. Oficina Internacional de Inventiones, Patentes y Marcas, República de Cuba. Registros No. 7-789735.
- MUÑOZ, A.F. (2001). Equipo de control genético de la composición en medios continuos on-line. Oficina Internacional de Inventiones, Patentes y Marcas, República de Cuba. Registros No. 7-789734. Quien esté interesado en profundizar en alguno de los temas tratados, favor consultar el siguiente material:
- MITCHELL, M. (2002). An Introduction To Genetic Algorithms. Eight edition. Cambridge: MIT Press.
- PARK, Y. J., Cho, H. S., & Cha, D. H. (1995). Genetic algorithm based optimization of fuzzy logic controller using characteristic parameters. In 1995 IEEE International Conference on Evolutionary Computation, IEEE Service Center.