

# El paradigma de la clonación de dispositivos industriales.

Primeras aproximaciones

Por:<sup>1</sup>AMADOR, N. Jairo  
<sup>2</sup>PINEDA, M. Wilman A.

## RESUMEN

Este artículo presenta la metodología y el resultado de la investigación que llevó a la clonación artificial de un sensor que mide el índice de viscosidad de fenol en la planta de ECOPETROL en Barrancabermeja, Santander, Colombia.

Palabras clave: Algoritmos genéticos, programación genética, clonación artificial.

## ABSTRACT

This article sets out the methodology and the results of the investigation that led to the artificial cloning of a sensor able to measure the phenol viscosity index in the ECOPETROL plant in Barrancabermeja-Santander-Colombia.

Key words: Genetic algorithms, genetic programming, artificial cloning.

<sup>1</sup>Magíster en Ciencias Computacionales UNAB-TEC México (c). Especialista en Telemática UNIBOYACA. Ingeniero de Sistemas UAN. Licenciado en Matemáticas UPTC. Docente JDC. jairoamador4@hotmail.com.

<sup>2</sup>Magíster en Ciencias Computacionales UNAB-TEC México (c). Ingeniero Electrónico UPTC. Docente JDC. wilmanpineda@hotmail.com.

## Introducción

Este escrito muestra la secuencia de actividades que hicieron posible culminar la investigación para la clonación artificial de un sensor de viscosidad, basada en técnicas de inteligencia artificial, titulada: DISEÑO Y DESARROLLO DE ALGORITMOS GENÉTICOS PARA LA CLONACIÓN ARTIFICIAL DE UN SENSOR DE VISCOSIDAD EN LA REFINERÍA DE ECOPETROL DE BARRANCABERMEJA. Para su cumplimiento se aplicó la metodología de la clonación expuesta por Muñoz F.<sup>1</sup>, junto con la metodología usada por los autores.

<sup>3</sup>Ph.D. Antonio Faustino Muñoz Moner. Profesor Investigador Universidad Autónoma de Bucaramanga UNAB.

# Análisis de la situación actual

Teniendo en cuenta la experiencia de los expertos que manejan el proceso de refinamiento del fenol, se concluyó que el índice de viscosidad de éste depende de diferentes variables, de las cuales, las más relevantes son la presión, la temperatura, el nivel y el flujo del líquido en su proceso de refinado. Por esto, se plantea el desarrollo de esta investigación a partir de las teorías de Lógica Difusa, que permite hacer razonamientos aproximados a los del ser humano y los Algoritmos Genéticos, que lleva implícita la evolución natural darwiniana; técnicas de inteligencia artificial que son aplicadas para la obtención del sensor clonado, cuya base fundamental es el comportamiento de las variables dadas en el entorno determinado en el proceso.

# Planteamiento de la hipótesis

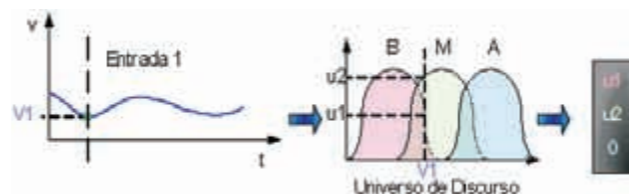
"El sensor clonado ofrece una eficiencia similar a la del sensor físico en la obtención del índice de viscosidad en la refinería de ECOPETROL".

# Recolección de datos

Las trazas de los datos son suministrados por un trabajo desarrollado por (Núñez E. y Paba H. 2000) en su tesis de maestría en Ciencias Computacionales en la planta industrial de ECOPETROL.

# Diseño del experimento

A partir de las unidades experimentales o variables determinadas para la investigación, temperatura (T), nivel (N), flujo (F) y presión (P), se aplicó clusterización a los datos, obteniéndose los cluster de entrada y de salida del sensor clonado. El primero está conformado por la superficie de respuesta dada por los sensores de temperatura, presión, nivel y flujo y una caracterización de la viscosidad, generada de manera aleatoria; y el segundo se constituyó a partir de la superficie de respuesta dada por la información fusificada de los sensores, con la información real del sensor de viscosidad. Este procedimiento se aprecia en la gráfica 1.



Gráfica No. 1. Grados de pertenencia de una variable

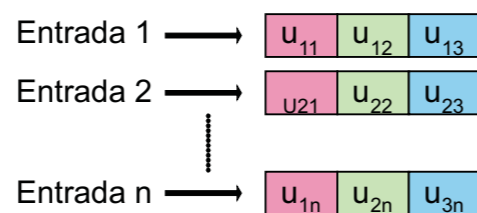
El procedimiento es repetitivo para las entradas del sistema y para todas las salidas, pasando de una representación por valor a una representación por grado de pertenencia en los clústeres, tal como se aprecia en la gráfica 2.

# Cromosomas

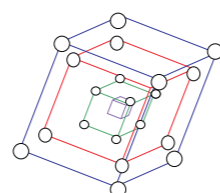
La implementación de los cromosomas utiliza una división del cromosoma en antecedentes y consecuentes (Delgado A. 1998), los antecedentes corresponden a las entradas del sistema, es decir, las diferentes variables que inciden en la inferencia de la o de las variables de salida. Los consecuentes del cromosoma contienen información que ha sido obtenida de los antecedentes. Aquí se selecciona la información relevante para el proceso de clonación, la cantidad y variedad de los denominados "genes" del cromosoma. Lo anterior se aprecia en la gráfica 3.

# Genoma

Es una representación de un árbol binario ubicado en los vértices de un hipercono según la gráfica 4, se definen las hojas del árbol como los genes de presión, temperatura, flujo y nivel; además los nodos definen una función lineal tipo sugeno f(P,T,N,F) que relaciona las hojas del árbol, para obtener el valor inicial de la viscosidad. Al comienzo, los cromosomas tienen una profundidad homogénea y luego varía de acuerdo con el algoritmo implementado, es decir, dependiendo del punto de cruce escogido.

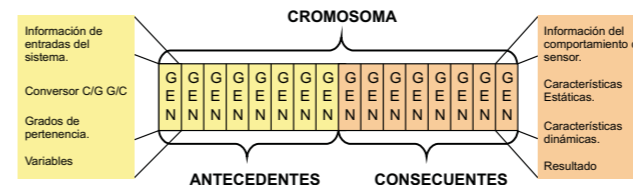


Gráfica No. 2. Fusificación de una variable



Gráfica No. 4. Estructura del genoma

Gráfica No. 3. Implementación del cromosoma.



# Selección

El proceso de selección se realizó tomando como referente el sensor real, de manera que se asigna el fitness de los cromosomas o árboles, teniendo en cuenta su relación funcional (Sugeno) y la salida del sensor real. Se realiza primero la evaluación de las funciones que conforman la población punto a punto, recorriendo esta vez la totalidad del árbol y calculando su valor. Todo esto en preorden.

# Cruzamiento

- Los pasos para realizar el cruce son los siguientes:
1. Seleccionar árboles o cromosomas por cruzar.
  2. Seleccionar puntos o nodos de cruce en cada cromosoma.
  3. Buscar nodos.
  4. Calcular número de descendientes de los dos nodos y actualizar el valor en la raíz.
  5. Realizar el cruce.

# Mutación

Ésta se aplica utilizando una función determinada a partir del análisis de la superficie de respuesta:  $(1 - (t + T/2)/T)^{1/4}$ . Este proceso que se lleva hasta la mitad de las generaciones, tiempo en el cual se supone, desde la heurística aplicada, ya que se ha hecho toda una exploración en el espacio de búsqueda de las soluciones. En consecuencia, después causa perturbaciones cuando se busca la convergencia; además, aumenta la complejidad computacional y demora en encontrar la solución, distorsionando la información.

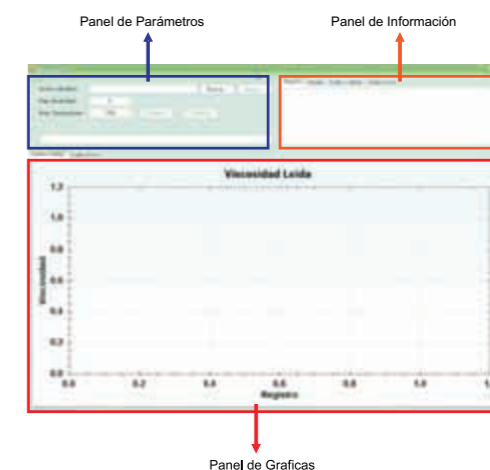
# Criterio del número de generaciones

El criterio del número de generaciones es determinado de manera heurística y su finalidad es encontrar una cantidad de generaciones que permitan hallar la convergencia. En este caso, ésta se ha encontrado máximo con

1000 generaciones, mas desde este número aumenta la complejidad temporal del algoritmo.

Esta investigación se refleja en el desarrollo de un software interactivo en lenguaje C#, el cual permite la clonación artificial del sensor de viscosidad de fenol y presenta en una interfaz de usuario, los resultados del proceso; mostrando el resultado del entrenamiento del algoritmo para lograr la réplica y permite ver el error alcanzado por cada generación.

Al iniciar la aplicación se presenta un formulario que está dividido en tres paneles:

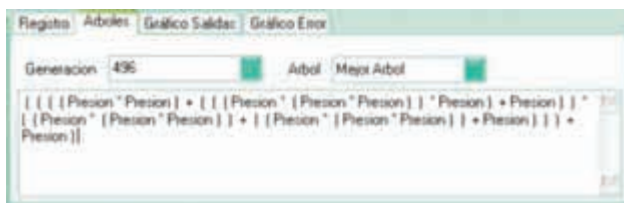


La ruta del archivo que contiene los datos históricos de las variables usadas en el modelo para calcular la viscosidad (Temperatura, Flujo, Nivel y Presión), se digita directamente o se captura presionando el botón Buscar.



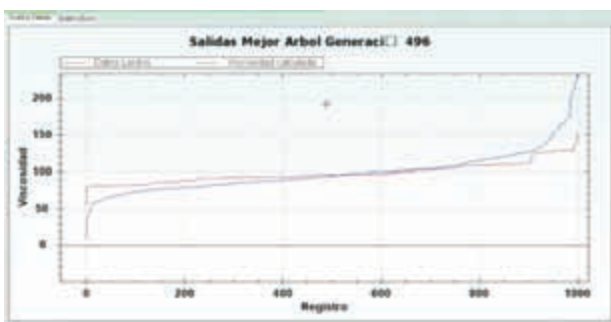
Otro parámetro inicial de la aplicación es el máximo nivel de los árboles al cual se quiere restringir la creación de los mismos (la profundidad), el número de generaciones que va a iterar la aplicación para poder ejecutar el algoritmo genético.

Luego se activa el botón entrenar, para iniciar el proceso de iteración del algoritmo. El avance del algoritmo es informado mediante la barra de progreso. Ésta indica que el entrenamiento ha finalizado y aparece un diálogo informando la terminación del proceso. A continuación se activan el resto de pestañas en el panel de información. Desde allí, se puede observar cómo fue todo el curso del entrenamiento, cuáles fueron los árboles generados en cada una de las iteraciones y también cuál fue el mejor de ellos:

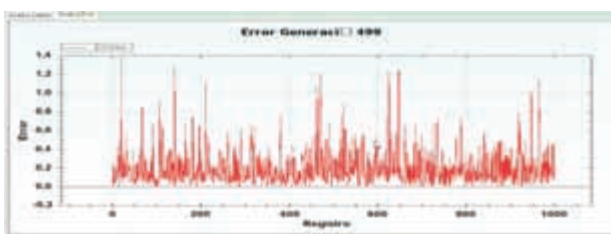
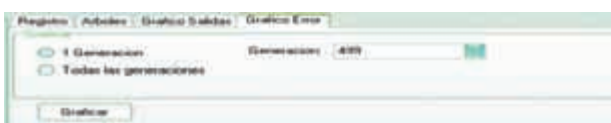


También, mediante la pestaña "Gráfico Salidas", se permite graficar los mejores árboles en cada generación con la opción de describirlos en la disposición en que se leyeron los datos del archivo u ordenarlos en función del eje Y, el de la viscosidad:

El árbol graficado se compara contra la curva de los datos de viscosidad leídos del archivo de datos, los valores del árbol de la generación se explicitan en color azul y los leídos del archivo en color rojo:



En la última pestaña del panel de información se puede escoger el error generado en cada una de las generaciones, y graficarlo o simplemente mostrar una falta general de todo el entrenamiento. Ésta es la falla global calculada entre las salidas de los mejores árboles y los datos de viscosidad leídos del archivo de datos.



De esta forma, se obtiene una solución adecuada para el cálculo de la viscosidad, y de no ser así, el entrenamiento podría ser reiniciado desde el punto en el que se terminó el anterior, para poder partir de la solución encontrada, hasta el momento y hallar la deseada.

## Conclusiones

- El índice de viscosidad a pesar de ser una variable de difícil medición, se puede obtener a partir de las variables que intervienen en el proceso no lineal.
- Para una acertada selección de variables no son suficientes los modelos teóricos, sino el apoyo en los procesos y realizar pruebas para determinar el comportamiento del patrón por replicar.
- La programación genética es una herramienta computacional que permite diseñar el modelo, realizar el entrenamiento y la validación a través del modelo, comparando las salidas del programa con los valores dados por el sensor real.
- La metodología de clonación es aplicable a modelos que representan sistemas no lineales.
- Se logró replicar el sensor por mapeo genético evolutivo con base en algoritmos y programación genética, comprobándose que es posible construir sistemas capaces de solucionar problemas con gran calidad.
- La siguiente etapa de la investigación es desarrollar metodologías de diseño para clonación en circuitos integrados, cuyo desarrollo se puede soportar utilizando Field Programmable Gates Arrays FPGA.

- DELGADO, A. (1998) Inteligencia Artificial y Minirobots. ECOE Ediciones. Segunda Ed. pp. 147-168.
- GOLDBERG, D., (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison Wesley.
- HOLLAND, J. H., (1992) Adaptation in Natural and Artificial Systems, 2a ed., MIT Press.
- MITCHELL, M. (2002). An Introduction To Genetic Algorithms. Eight edition. Cambridge: MIT Press.
- MUÑOZ, A., (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.
- \_\_\_\_\_ (1998). "Cloning process for genetic algorithms: part I, Fundamentals", University of Havana, 15 (2), pp.58-69.
- \_\_\_\_\_, (1998). "Cloning process for genetic algorithms: part II, Research Topics", University of Havana, 15 (4), pp.170-181.
- PABA, A. y NUÑEZ, C. (2000.) "Implementación de sensores inteligentes utilizando redes neuronales aplicados en procesos de refinación del petróleo". Universidad Autónoma de Bucaramanga. Colombia.
- ZADEH, L., (1975) Fuzzy Logic and Approximate Reasoning, Synthese 30, pp. 407-428.

# Clonación artificial de un controlador on-line, basado en lógica difusa y algoritmos genéticos

Por: <sup>1</sup>BALLESTEROS, R, Javier A.  
<sup>2</sup>GUEVARA, P. Alonso

## RESUMEN

Los Algoritmos Genéticos son procedimientos adaptativos para la búsqueda de soluciones en espacios complejos, inspirados en la evolución biológica, con patrones de operaciones basados en el principio darwiniano de reproducción y supervivencia de los individuos que mejor se adaptan al entorno en que viven. En este artículo se presenta un estudio sobre los Algoritmos Genéticos y la Lógica Difusa, para desarrollar una metodología propuesta y replicar la caja negra de un controlador, utilizando procedimientos de obtención del conjunto de reglas de inferencia, agrupamiento difuso y después aplicar el desarrollo del algoritmo genético simple con algunas alteraciones, buscando el objetivo del trabajo propuesto.

Palabras clave: Algoritmos Genéticos, Lógica Difusa, Control, Clon.

## ABSTRACT

Genetic Algorithms are adaptive procedures to the search of solutions in complex spaces, inspired by biological evolution, with operations patterns based on the individuals' reproduction and survival Darwinian's principle of those who adapt better to the environment in which they live. This article develops a study of the Genetic Algorithms and the Diffuse Logic, to develop a proposed methodology and to reply the black box of a controller, using procedures of collecting the set of inference rules, diffuse cluster, and later to apply the simple genetic algorithm development with some alterations, looking for the objective of the proposed work.

Key word: Genetic Algorithms, Diffuse Logic, Control, Cloning.