

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE APRENDIZAJE MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MODEL OF LEARNING BY MEANS OF GENETIC ALGORITHMS

Luzmila Pró<sup>1</sup>, María Elena Ruiz<sup>1</sup>, Carlos Yañez<sup>1</sup>

---

### RESUMEN

El presente estudio trata sobre el Diseño e implementación de un modelo de aprendizaje mediante algoritmos genéticos. Se ha diseñado un modelo de aprendizaje que permitirá, en la composición de una población en términos de características individuales de los agentes que la componen, optimizar el proceso de aprendizaje, con una metodología que conlleva a lo siguiente: al análisis de diversos proyectos de investigación referentes a algoritmos genéticos, asimismo al estudio de metodología de los algoritmos genéticos, y al análisis de diversos métodos de aprendizaje, de los cuales se seleccionará el más apropiado.

La aplicación de los algoritmos genéticos sirve para la predicción de la composición de la población cuyos individuos están identificados por ciertas características no binarias, es decir, información cualitativa como son: capacidades, estímulos, competencias y conocimientos de equipos de estudiantes que integran los equipos de aprendizaje.

Se realizó una serie de encuestas a estudiantes seleccionados y, a partir de ellos, se obtuvo la base de datos que constituye la materia prima de la presente investigación. Asimismo, la población objeto del estudio se dividió en subpoblaciones según capacidades de los estudiantes, distinguiendo las capacidades necesarias por equipo de trabajo.

**Palabras clave:** algoritmos genéticos, aprendizaje, metodología de aprendizaje, competencias, estímulos, capacidades, conocimientos, contenidos.

### ABSTRACT

The present research is about design and implementation of a learning Model using genetics algorithms, to designed a learning Model that will permit a group of individuals with similar characteristics a composition to optimize the learning process with a methodology that include everything: analysis of the different research projects, referents to genetics algorithms, so this research is a methodology for genetics algorithms and analysis of different methods of learning and selected the more appropriate.

This application of the genetics algorithms is for prediction the composition of the population, in case their individuals identification with characteristics is not binaries as qualities information: capacities, simulations, competitions and knowledge of the learn of students that integrated learning teams.

They carry out several survey selected student from this research, they obtained information for this research. At this moment the object population this study was students capacities distinguishing the necessary for these teams.

**Key words:** genetics algorithms, learning, methodology of learning, competences, stimulations, capacities, knowledge, contents.

---

<sup>1</sup> Docentes del Departamento de Ciencias de la Computación-FISI UNMSM.  
E-mail: {lproc, mruizr, cyanezd}@unmsm.edu.pe

## 1. INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo del estudio «Diseño e implementación de un modelo de aprendizaje mediante algoritmos genéticos», se ha realizado una metodología que conlleva a lo siguiente: análisis de diversos proyectos de investigación referentes a algoritmos genéticos, asimismo, estudio de metodologías de los algoritmos genéticos, y análisis de diversos métodos de aprendizaje, de los cuales se seleccionará el más apropiado.

El presente proyecto se basa en el estudio de algoritmos genéticos y sus propuestas de aplicación: Aprendizaje corporativo, estudio sin/sin del año 2004, para ello se realizó un modelo de aprendizaje que permitirá optimizar el proceso de aprendizaje en la composición de una población en términos de características individuales de los agentes que la componen.

Los algoritmos genéticos describen el proceso de transformación de los individuos de una población, definidos mediante un vector de características, de acuerdo con los fundamentos teóricos de Holland (1975) [1] y Goldberg (1989) [2], que se basan en los procesos genéticos de formación, aprendizaje, adaptación y evolución de los organismos biológicos y, especialmente, en el principio de selección natural o supervivencia de los mejores, término basado en Charles Darwin, en el *Origen de las especies* (1859), y en los resultados de los intercambios genéticos. En la naturaleza, los procesos de selección natural y alteración genética ocurren en una generación, luego en su descendencia, y a continuación en la descendencia de ésta y así sucesivamente. Después de cada generación, al menos así se desea, la población será mejor o más adaptada a su entorno, que las anteriores, es decir, los individuos estarán más evolucionados Moreno y Moreno (1999) [3].

Los algoritmos genéticos han sido considerados y aplicados como algoritmos de búsqueda de soluciones mejores, no necesariamente más óptimas, especialmente útiles en problemas de gran dimensión. Los algoritmos genéticos también pueden utilizarse como herramienta de predicción de los cambios en la composición de una población.

Cuando se utilizan los algoritmos genéticos con la finalidad de optimizar o mejorar el resultado de alguna función, la población inicial suele estar formada por cadenas binarias generadas aleatoriamente, a cada una de las cuales corresponde un determinado valor de la función que se desea optimizar. Además, la nueva población suele ser creada sobre la base de las probabilidades de la actuación asignadas a determinados operadores.

Según señala Davis (1991), para derivar un algoritmo genético con un alto grado de eficacia en un contexto determinado es conveniente especializarlo en dicho contexto, lo que conlleva al uso de parámetros y operadores especialmente adaptados al problema en cuestión. Así, en el entorno real, la definición de cadenas binarias puede ser insuficiente para recoger las características relevantes de los individuos de la población.

En la sección 2, describimos los algoritmos genéticos; en la sección 3, se enumeran los diversos proyectos desarrollados por el algoritmo propuesto, los métodos meta heurísticos, los diferentes métodos de aprendizaje; en la sección 4, se analiza un caso práctico; en la sección 5, la discusión y el análisis de resultados; en la sección 6 se presentan las conclusiones, y en la sección 7, las referencias bibliográficas.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. Los algoritmos genéticos

Los algoritmos genéticos son una herramienta capaz de transformar una población original, cuyos individuos están identificados por un vector de características o cadena en otra población final, formada por un cierto número de individuos, no necesariamente coincidente con la población original, la mayor parte de los cuales posee previsiblemente características similares a aquellos que en la población original parecían mejor adaptados al entorno.

## 3. MÉTODOS Y RESULTADOS

### 3.1. Proyectos mediante algoritmos genéticos

Existen diversos proyectos desarrollados mediante los algoritmos genéticos como: Predicción mediante algoritmos genéticos con matriz de transición. Una aplicación a la demanda:

- Demanda turística de Tenerife (Montserrat Hernández López de la Universidad de la Laguna-Brasil).
- Los algoritmos genéticos en la planificación de turnos de trabajo.
- Los algoritmos genéticos en la búsqueda y recuperación de información.
- Los algoritmos genéticos en la traducción de material bibliográfico.
- Los algoritmos genéticos en problemas y estrategia de juegos.
- Aprendizaje automático utilizando minería de datos.

- Los algoritmos genéticos en predicciones en empresas.
- Algoritmos evolutivos de extracción de conocimiento para sistemas basados en reglas difusas, selección de instancias y Data Mining, Universidad de Granada.
- Modelos de aprendizaje evolutivo y multicriterio de redes neuronales y regresión simbólica en el entorno KEEL, Universidad de Córdoba.

### 3.2. Metodologías mediante algoritmos genéticos

**Métodos meta heurísticos.** Son métodos capaces de encontrar soluciones de buena calidad, y en muchos casos mejorados u óptimos. Ejemplos: El algoritmo de Agente viajero, El problema de la mochila, y otros.

Son modelos basados en matemática que representan exactamente una realidad, así se puede decir que los algoritmos evolutivos son un conjunto de meta heurísticos modernos usados con éxito en un número elevado de aplicaciones reales de gran complejidad. Su éxito radica en la resolución de problemas difíciles, pertenece al campo de la Computación evolutiva.

### 3.3. Métodos de aprendizaje

**Aprendizaje individual.** El aprendizaje se caracteriza porque el estudiante organiza su tiempo con la planificación de las actividades didácticas y el aprendizaje de los contenidos.

**Aprendizaje virtual o Modelo de aprendizaje para entornos virtuales.** Es un modelo de aprendizaje que surge ante los problemas que afronta la e-formación que es un nuevo paradigma de aprendizaje. Frente a este paradigma, podemos caer en el error de hacer lo mismo que se ha hecho siempre, o buscar alternativas para justificar un aprendizaje óptimo por medios virtuales.

Si se buscan alternativas para justificar un aprendizaje óptimo, hay que plantearse estas preguntas: ¿Cómo se está aprendiendo?, ¿qué significado podrá tener ese aprendizaje?, ¿cómo se podrían potenciar las competencias personales?, etc. Todo esto nos hace reflexionar acerca del sentido práctico de un programa de e-formación.

Un programa de e-formación es un modelo práctico que enfatiza un paradigma propicio para entornos virtuales. En consecuencia se expone la aplicación de

este modelo en una experiencia real y virtual concluyendo con la percepción del resultado del aprendizaje en los estudiantes y las conclusiones de la experiencia. Cuando se diseñan las acciones formativas de un plan de formación surgen la siguiente pregunta: ¿Cómo hacer que el aprendizaje en estos medios virtuales sea propicio para el estudiante? Para esto primero es importante enfocarse en un modelo pedagógico. En este caso, el modelo que se propone tiene aplicabilidad siempre y cuando el carácter de la formación sea libre y opcional, es decir que el estudiante sea el propio dueño de su aprendizaje sin imposiciones ni rigurosidad de los docentes.

Un modelo pedagógico consta de tres elementos:

- Modelo relacional.
- Teorías de aprendizaje.
- Estrategia didáctica.

La estrategia didáctica del aprendizaje consta de cuatro etapas:

Primera etapa	Presentación y orientación inicial.
Segunda etapa	Construir el conocimiento.
Tercera etapa	Aprender de las propias vivencias.
Cuarta etapa	Retroalimentación del aprendizaje obtenido y la motivación es el factor que engloba todas las cuatro etapas de la estrategia didáctica del modelo.

Además consta de dos ejes que son la participación y el aprendizaje e interacción.

**Aprendizaje en equipo.** Según Peter Senge (1998) [4], el aprendizaje en equipo es el proceso de alinearse y desarrollar la capacidad de un equipo para crear los resultados que sus miembros realmente desean. Se construye sobre la disciplina de desarrollar una visión compartida. También se construye el dominio personal, pues los equipos talentosos están constituidos por individuos talentosos. Sin embargo, la visión compartida y el talento no son suficientes.

Nunca hubo tanta necesidad de dominar el aprendizaje en equipo en las organizaciones. Sean éstos de tipo administrativo, de desarrollo de productos o fuerza de tareas múltiples

Todas las decisiones importantes ahora se toman en equipo, sea directamente o a través de la necesidad de los equipos de traducir decisiones individuales en acción. El aprendizaje individual es irrelevante para el aprendizaje organizacional.

Los equipos aprenden, se transforman en un microcosmos para aprender a través de la organización

nuevos conceptos que son llevados a la práctica. El aprendizaje en equipo tiene tres dimensiones críticas. *Primero*, se refiere a la necesidad de pensar, sobre problemas complejos. Los equipos deben aprovechar a explotar el potencial de muchas mentes para ser más inteligentes que una mente sola. *Segundo*, se refiere a la necesidad de una acción innovadora y coordinada. *Tercero*, se refiere al papel de los miembros del equipo en otros equipos. Por ejemplo, la mayoría de los actos de los equipos directivos se llevan a cabo a través de otros equipos; así, un equipo aprende y alienta continuamente a otros equipos que aprenden a inculcar las prácticas y destrezas del aprendizaje en equipo. Aunque el aprendizaje en equipo supone aptitudes y conocimientos, es una disciplina colectiva.

La disciplina del aprendizaje en equipo implica dominar las prácticas del diálogo y la discusión, dos maneras en que conversan los equipos. *En el diálogo* existe la exploración libre y creativa de asuntos complejos a sutiles. *La discusión* se presenta y se defienden diferentes perspectivas y se busca la mejor perspectiva para respaldar las decisiones que se deben tomar. El diálogo y la discusión son potencialmente complementarias.

### 3.4. Tipos de algoritmos genéticos

Algoritmos genéticos propiamente dichos:

Los algoritmos genéticos son métodos sistemáticos para la resolución de problemas de búsqueda y optimización, aplicando los mismos métodos de la evolución biológica, selección natural y evaluación; éstos se basan en: población, reproducción sexual, competición mutación y otros; es decir, un conjunto sistemático de elementos de clasificación que compiten para hacer una predicción o resolución de un problema. Así los elementos que tienen un bajo desempeño son descartados. Los elementos más fuertes proliferan produciendo variaciones de sí mismos.

Este paradigma posee una analogía directa en la Teoría de Darwin, donde sobreviven los que se adaptan mejor al medio ambiente.

**Algoritmos genéticos evolutivos.** Es una disciplina que data de los años 60, basada en la evolución genética y la selección natural, y los estudios de Holland, Goldberg y otros.

**Algoritmos genéticos coevolutivos.** Son algoritmos genéticos, a través de los cuales se persigue obtener modelos más eficaces y más eficientes, para lo cual se toma en cuenta la diversidad y convergencia, ésta es una característica esencial en los algoritmos

de búsqueda, para alcanzar un buen equilibrio y la exploración del espacio de soluciones y la mejor explotación de la información y los recursos a ser investigados.

**Algoritmos genéticos distribuidos.** La implementación de algoritmos genéticos puede hacerse en paralelo estándar o global, donde se debe evaluar a los individuos, la aplicación de los operadores genéticos muy útiles en la resolución de problemas de asignación de tareas. Ejemplos de estos casos son la administración de tareas en un sistema operativo; la implementación de un sistema cliente/servidor ideal, que consta de un servidor y varias hebras o clientes, cada una de las cuales contiene una población y se comunicará con las otras hebras.

### Algoritmos genéticos y sus aplicaciones

El problema del viajero consiste en que una persona debe recorrer varias ciudades distintas, con la condición de que debe pasar solamente una vez por cada una de ellas y volver a la ciudad de origen, recorriendo la menor distancia posible.

Este problema tiene múltiples aplicaciones, tales como en la industria, rutas telefónicas, rutas de reparto de paquetes para servicios de mensajería, rutas de transporte, etc. Existen muchas heurísticas que se han utilizado para obtener mejores resultados para ciertas instancias de este problema: técnicas evolutivas, búsqueda tabú, etc.

### 3.5. Adaptabilidad de los algoritmos genéticos

La adaptabilidad de los algoritmos genéticos al aprendizaje a través de generaciones (ascendencia-descendencia).

### 3.6. Selección y evaluación de métodos

Se ha seleccionado el método evolutivo de algoritmos genéticos, combinado con el distributivo y el de aprendizaje en equipo.

### 3.7. Mecanismos y procedimientos a usar en el diseño del modelo

Entre los mecanismos o metodología utilizada para el desarrollo del presente estudio primero hay que considerar básicamente que los algoritmos genéticos trabajan en base a operadores, como son:

**Inicialización:** Consiste en crear los datos necesarios que serán usados en el sistema y que van a estar conectados a una función de evaluación.

Evaluación:	En esta etapa del estudio se evalúa un conjunto de cromosomas.
Análisis Estadístico:	Se analiza la performance del conjunto de cromosomas. Esta performance es necesaria para la selección de los permanecerán en la siguiente generación
Prueba:	Se realiza una revisión de si la población converge a un mismo valor.
Selección:	Se eligen a los cromosomas de la generación actual y se colocan en la siguiente generación.
Recombinación:	Se crea una nueva generación de cromosomas por una recombinación de la generación anterior. Existen diferentes operadores de recombinación.
Mutación:	Se toma un conjunto de cromosomas y se aplica el operador de mutación en ellos.

### 3.8. Diseño del modelo de aprendizaje

Para realizar el diseño del Modelo de aprendizaje basado en algoritmos genéticos evolutivo y combinado con el distributivo, y utilizando un modelo de aprendizaje en equipo se procede a analizar las variables que intervendrán en la obtención del Modelo de Aprendizaje para lo cual básicamente se propone los siguientes parámetros:

- Las clases tienen relación con el silabo del curso.
- El docente tiene dominio del curso.
- El docente atiende a las consultas de los alumnos.
- El docente asiste con puntualidad a sus clases.
- El docente dirige trabajos en equipo.

#### Modelo de aprendizaje en equipo

- El equipo desarrolla las tareas de acuerdo a un programa.
- El que dirige el equipo tiene dominio del tema a tratar.
- La participación de los miembros del equipo se da en forma natural, en forma de diálogo y en forma de discusión.
- Los miembros del equipo se reúnen con puntualidad y en forma disciplinada.
- Reúne las competencias para integrar el trabajo en equipo.

- Reúne las capacidades y conocimientos para desarrollar el trabajo en equipo.
- Ha alcanzado el nivel con respecto a los contenidos requeridos para desarrollar el trabajo en equipo.

La puntuación para cada una de las siguientes preguntas es:

Excelente (17-20)  
Bueno (13-16)  
Regular (11-12)  
Deficiente (00-10)

### 4. CASO DE ESTUDIO

Para el caso del estudio se considera lo siguiente: Que esté orientado a un proyecto, donde el proyecto contiene una serie de temas y un equipo está conformado por personas.

La propuesta: Cómo distribuir de manera adecuada las tareas al equipo de personas del proyecto.

Condición de funcionamiento: Conseguir la mayor abstracción sobre un determinado tema, según las capacidades del equipo.

Para distribuir los temas a cada uno de los equipos, se debe tener en cuenta esta condición.

Consideremos ocho temas

$N = 8$

Equipo =  $E_i = 3$  personas

$E_1 = T_1, T_2, T_3 \rightarrow 11100000$

$E_2 = T_4, T_5 \rightarrow 00011000$

$E_3 = T_6, T_7, T_8 \rightarrow 00000111$

Programación de temas

$N = \text{Temas}$

$E = 3$

El cromosoma está compuesto por la siguiente distribución:

Cromosoma: (11100000, 00011000, 00000111)

En total el cromosoma está compuesto de 24 genes, así se requiere que para estar:

En el Equipo 1, debe conocer o aprender los Temas  $T_1, T_2$  y  $T_3$ .

En el Equipo 2, debe conocer o aprender los Temas  $T_4$  y  $T_5$ .

En el Equipo 3, debe conocer o aprender los Temas  $T_6, T_7$  y  $T_8$ .

En la selección de los individuos de la población se toma en cuenta el Método de la Ruleta, que consiste en girar la ruleta; el individuo seleccionado o clasificado será aquel que la ruleta apunte cuando deje de girar.

En este método se aplican probabilidades; por ejemplo, cuál es la probabilidad de que el individuo o equipo seleccionado conozca o aprenda los temas requeridos por el equipo.

Esta probabilidad se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Prob (Ck)} = \frac{F(\text{Ck})}{\sum_{i=1}^n F(\text{Ci})}$$

	P(O)	F	Valor	Prob (Nk)	%	Prob Acumulada
C1	00110	36	36/801=0.04	0.04	4%	1-4
C2	10101	441	441/801=0.55	0.55	55%	5-59
C3	10010	324	324/801=0.40	0.40	40%	60-100

#### 4.1. Implementación del Modelo de Aprendizaje

Para la implementación del modelo se presenta el algoritmo de implementación, que consiste de:

Temas seleccionados por el equipo para llevar a cabo

Evaluaciones sobre el desarrollo del trabajo en equipo

Puntaje: 20 (nota máxima)

Sea un cromosoma o secuencia de bits considerando una población de cinco individuos (cinco temas de discusión) y se considera una población de tres.

Para la selección de la población se aplicará el criterio de la ruleta, es decir, al moverse la ruleta selecciona el cromosoma que apunta la aguja. El criterio de la ruleta utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Prob (Ck)} = \frac{F(\text{Ck})}{\sum_{i=1}^n F(\text{Ci})}$$

Aplicación de los algoritmos genéticos para la predicción de la composición de la población de equipos de estudiantes que integran equipos de aprendizaje.

En esta parte se aplican dos tipos de algoritmos genéticos, uno que incorpora los operadores con-

vencionales y otro que introduce la matriz de transición, para predecir los cambios en la composición de las poblaciones de estudiantes que conforman los equipos de aprendizaje. Para ello se describen primero las características de estas poblaciones, así como las resultantes de las ejecuciones de los algoritmos diseñados, en términos de la composición y calidad de las medias en las poblaciones establecidas en comparación con las propias de las poblaciones originales. Como segundo paso se evalúa la capacidad predictiva del algoritmo a través de una simple bondad de ajuste entre la población establecida y la población. Al final del año se tomaron los datos de la población original. De esta manera se compara la capacidad predictiva del algoritmo genético simple frente a la del algoritmo genético con matriz de transición.

Con estos objetivos se hizo una serie de encuestas a estudiantes seleccionados entre mediados de año y se obtuvo la base de datos que constituye la materia prima de la presente investigación. Se realizó una división de la población objeto de estudio según capacidades de los estudiantes, distinguiendo las capacidades necesarias por equipo de trabajo, así como los estímulos necesarios, aplicando el método estratificado para realizar las encuestas a los estudiantes de las facultades-universidades

Cada estudiante encuestado respondió a preguntas sobre: Comunicación oral y escrita, capacidad de abstracción para resolver problemas, capacidad para analizar y diseñar, capacidad para desarrollar software o implementar un sistema, los que permiten identificar al tipo de estudiante y a priori pueden considerarse variables explicativas del nivel de aprendizaje que se obtiene por cada competencia. Tal nivel de aprendizaje puede deducirse a partir de otras preguntas que tratan de reflejar la percepción del estudiante en relación a aspectos tales como: realizar informes, monografías, o exposiciones, modelar datos, aplicar técnicas y normalización de base de datos, diseñar interfaces de usuario, diseñar sistemas, manejo de software propietario y manejo de software libre.

El resumen de estos items es el único indicador general del nivel de aprendizaje del estudiante i-ésimo, consistió de una media ponderada, es decir:

$$F_i = \sum_{m=1}^j W_m F_{i,m} / \sum_{m=1}^j W_m \quad m=1,..,j; i=1,..,N$$

donde la variable  $F_{i,m}$  es la variable que mide el nivel de aprendizaje del estudiante  $i(i=1,..,N)$  en relación con el aspecto  $M(m=1,..,j)$ ; y  $w_m$  es la ponderación con que la variable  $F_{i,m}$  entra a formar parte del promedio. Se

ha considerado adecuado que estas ponderaciones sean las puntuaciones de los  $j$  items, es decir, son los items sobre los que los estudiantes expresan su nivel de aprendizaje, los referentes a las competencias, estímulos y capacidades, y los items considerados, lo que conforma el primer factor resultante de la aplicación de un análisis de los componentes principales.

Entonces, y asumiendo que ese nivel de aprendizaje depende de un conjunto de características, se procedió a estimar los parámetros de una función lineal de tales características que dé como resultado un nivel de aprendizaje recibido por el estudiante.

Supongamos que el nivel de aprendizaje percibido por el estudiante  $i$ -ésimo,  $F_i$  depende de un vector de  $k$  variables explicativas,  $X_i: \{X_{i,1}, \dots, X_{i,k}\}$ , que recogen características específicas de estudiante, el siguiente paso para aplicar el algoritmo va a consistir entonces en formular una relación de tipo funcional (fitness function) que explique el valor de  $F_i$  a partir de las variables  $X_i$ , de tal manera que pueda predecir el cambio de calidad de la población cuando se modifica la estructura de la misma.

Dado que en las cuestiones relativas a la valoración de la calidad se establece una puntuación mínima de 0 y máxima de 20, se asumió que la variable aleatoria  $F_i/X_i = x_i$  sigue una distribución normal truncada en el intervalo  $[0, 20]$ , cuyo valor esperado se calcula mediante la siguiente expresión:

$$E[A = x_i] = \beta' x_i + \sigma (B/C)$$

Donde  $A$  es igual a  $F_i/X_i$

$$B = \phi(-\beta' x_i / \sigma) - \phi((10 - \beta' x_i) / \sigma)$$

$$C = \Phi((10 - \beta' x_i) / \sigma) - \Phi(-\beta' x_i / \sigma)$$

Donde  $\phi$  y  $\Phi$  son respectivamente, las funciones de densidad y de distribución de la normal estándar y  $\beta' x_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_k x_{ik}$

El estudio analiza subpoblaciones consideradas, para lo cual presentamos los resultados para una de ellas a los estudiantes del equipo durante los primeros meses del presente año.

Las características que definen a los individuos de la población se realizan a través de muestras de variables

**Cuadro N.º 1.** Definición de regresores (variables binarias) y estimación de parámetros de la función de calidad.

Nombre	Definición	Estimación
X2A	Competencia 1: Capacidad de comunicación oral y escrita.	1.63950
X2B	Competencia 2: Capacidad de abstracción para resolver problemas.	1.68635
X2C	Competencia 3: Capacidad de análisis y diseño.	-
X2D	Competencia 4: Capacidad para desarrollar software propietario y Software libre e implementar el sistema.	-
X3A	Estímulo 1. Realizar informes, monografías y exposiciones.	- 1.05357
X3B	Estímulo 2: Prácticas, laboratorio de modelamiento de datos y base de datos.	-
X3C	Estímulo 3: Diseño de interfaces de usuario y diseño de sistemas.	-
X3D	Estímulo 4: Manejo de software propietario y desarrollo de Software libre.	-
X5A	Capacidad 1: Conocimientos de técnicas y métodos de investigación–informes de proyectos y exposiciones.	-0.90636
X5B	Capacidad 2: Conocimientos y técnicas de modelamiento y base de datos, y normalización.	-2.63475
X5C	Capacidad 3: Conocimiento de Técnicas de Diseño de interfaces de usuario y diseño de Sistemas.	-
X5D	Capacidad 4: Conocimiento de software propietario y conocimiento de desarrollo de software libre.	-
X6A	Contenidos o metas académicas 1: 6 items de metodología para elaborar informes y metodología de la investigación y 2 items sobre métodos y para realizar exposiciones.	0.85742
X6B	Contenidos o metas académicas 2: 10 items sobre Técnicas de Modelamiento y 10 items sobre base de datos y normalización.	-
X6C	Contenidos o metas académicas 3: 10 items de diseño de interfaces de usuario y 10 items de diseño de sistemas.	-
X6D	Contenidos o metas académicas 4: 10 items de software propietario y 10 items sobre estudio de software libre.	-
Constante		8.69252
Desviación Típica		0.76063

cualitativas que toman el valor 1 en una situación específica y el valor 0 para el resto de casos. Tales variables se han definido a partir de las variables originales de la encuesta en función de la significación estadística de las diferencias de calidad observadas entre las situaciones recogidas. Pero una vez que queda determinada la función de calidad, se realizan las definiciones de variables binarias y estimaciones de la función de calidad en el Cuadro N.º 1. Las variables significativas en la misma fueron las que se utilizaron para identificar a los individuos pertenecientes a la subdivisión por equipos de trabajo.

La ejecución del algoritmo sobre las cadenas que identificaban a los estudiantes que integraban cada una de las poblaciones bajo estudio requería recodificar en formato no binario de las variables. Ver el Cuadro N.º 2 para el respecto.

La población original indica las características básicas de la población en estudio, es decir, estudiantes del área de Ingeniería de Sistemas agrupados por niveles de competencias, capacidades y conocimientos necesarios para su desempeño en diversos trabajos que tienen que desarrollar software según el grupo al que pertenecen.

**5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**

Los resultados se han realizado para aplicarlos a las diversas universidades, de las cuales se ha considerado a la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática como un prototipo.

En base a los objetivos, se realizó una serie de encuestas a estudiantes seleccionados entre mediados de año y se obtuvo la base de datos que constituye la materia prima de la presente investigación. Se rea-

lizó una división de la población objeto de estudio según capacidades de los estudiantes, distinguiendo las capacidades necesarias por equipo de trabajo, así como los estímulos necesarios, que se subdividieron en tipos diferentes de estímulos, aplicando el método estratificado para realizar las encuestas a los estudiantes de las facultades-universidades.

Cada estudiante encuestado respondió a preguntas sobre: Comunicación oral y escrita, capacidad de abstracción para resolver problemas, capacidad para analizar, diseñar, capacidad para desarrollar software o implementar un sistema, los que permiten identificar al tipo de estudiante y a priori pueden considerarse variables explicativas del nivel de aprendizaje que se obtiene por cada competencia. Tal nivel de aprendizaje puede deducirse a partir de otras preguntas que tratan de reflejar la percepción del estudiante en relación a aspectos tales como: realizar Informes, Monografías, o Exposiciones, Modelar Datos, y Aplicar Técnicas y Normalización de Base de Datos, Diseñar Interfaces de Usuario, Diseñar Sistemas, Manejo de software propietario y Desarrollo de software libre.

El resumen de estos ítems son un indicador general del nivel de aprendizaje del estudiante i-ésimo que consistió de una media ponderada.

**6. CONCLUSIONES**

1. El estudio permitió que el aprendizaje pueda ser óptimamente medido por la complejidad de sus variables mediante los algoritmos genéticos.
2. El estudio analizó la conveniencia de utilizar los algoritmos genéticos como herramienta predictiva de la composición de poblaciones reales y conocidas.

**Cuadro N.º 2.** Recodificación no binaria de las variables que identifican a los estudiantes según equipo de trabajo.

Nombre	Modalidades
Y1	1 (Capacidad de comunicación oral y escrita); 2 (Capacidad de abstracción para resolver problemas); 3 (Capacidad de análisis y diseño); 4 (Capacidad para desarrollar Software propietario y/o Software libre).
Y2	1 (Realizar informes, monografías y exposiciones); 2 (Prácticas, Laboratorio de Modelamiento de Datos y Base de Datos); 3 (Diseño de Interfaces de Usuario y Diseño de Sistemas); 4 (Manejo de Software propietario y Desarrollo de Software libre).
Y3	1 (Conocimientos de técnicas y métodos de investigación– informes de proyectos y exposiciones); 2 (Conocimientos y técnicas de modelamiento, y Base de Datos y Normalización); 3 (Conocimiento de Técnicas de Diseño de Interfaces de Usuario y Diseño de Sistemas); 4 (Conocimiento de Software propietario y conocimiento de desarrollo de Software libre).
Y4	1 (6 ítems de Metodología para elaborar Informes y Metodología de la Investigación, y 2 ítems sobre Métodos y para realizar exposiciones); 2 (10 ítems sobre técnicas de modelamiento y 10 ítems sobre Base de Datos y Normalización); 3 (10 ítems de Diseño de Interfaces de Usuario y 10 ítems de Diseño de Sistemas); 4 (10 ítems de Software propietario y 10 ítems sobre estudio de Software libre).

3. El estudio para diseñar el modelo de aprendizaje se basó en muestras de poblaciones referente a universidades, pero este modelo de aprendizaje podría ser utilizado en los subniveles educativos.
4. El presente estudio analizó muestras de población cuyos individuos están identificados por ciertas características no binarias, es decir, en el estudio de aprendizaje mediante algoritmos genéticos, la información es de tipo cualitativa, como son competencias, estímulos, capacidades, conocimientos y los contenidos (metas académicas)

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] HOLLAND, J.H. (1975), «Adaptation in Natural and Artificial Systems». Ann Arbor. The University of Michigan Press.
- [2] GOLDBERG, D.E. y P. SEGREST (1987), «Genetic algorithms in Search Optimization, and machine Learning. Addison Wesley. Reading, M.A.
- [3] MORENO, J. M. Y J.A. MORENO (1999), *Heurísticas en optimización*. Colección Textos Universitarios.
- [4] SENGE, P. (1998). *Quinta disciplina*.