

# **TÉCNICA DE CONFORMACIÓN DE GRUPOS EN ESCENARIOS DE APRENDIZAJE COLABORATIVO BASADA EN RASGOS DE LA PERSONALIDAD PARA LA ENSEÑANZA DE LA PROGRAMACIÓN**



Universidad  
del Cauca

**OSCAR REVELO SÁNCHEZ**

**Tesis de Maestría en Computación**

**Director:**

**Javier Alejandro Jiménez Toledo  
Magister en Computación**

**Co-Director:**

**César Alberto Collazos Ordóñez  
Doctor en Ciencias**

**Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Sistemas  
Línea de Investigación: Trabajo Colaborativo  
Popayán, Junio 2018**



**OSCAR REVELO SÁNCHEZ**

**TÉCNICA DE CONFORMACIÓN DE GRUPOS EN  
ESCENARIOS DE APRENDIZAJE COLABORATIVO  
BASADA EN RASGOS DE LA PERSONALIDAD PARA  
LA ENSEÑANZA DE LA PROGRAMACIÓN**

**Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería  
Electrónica y Telecomunicaciones de la  
Universidad del Cauca para la obtención del  
Título de**

**Magister en:  
Computación**

**Director:  
MSc. Javier Alejandro Jiménez Toledo**

**Co-Director:  
PhD. César Alberto Collazos Ordoñez**

**Popayán  
2018**



**ESPACIO  
RESERVADO  
PARA  
LA  
PÁGINA  
DE  
ACEPTACIÓN**



*Aunque ya no estás con nosotros,  
siempre llevo conmigo una valiosa enseñanza tuya:  
“en todo lo que hagas coloca siempre por delante la responsabilidad,  
y notarás que lo demás viene por añadidura”.  
¡Y efectivamente... así es!  
Gracias PADRE.*





# Agradecimientos

A **Dios**, por sus bendiciones.

A mi **Familia**, por su comprensión.

Al “Doc” **César**, por la oportunidad y su paciente guía y orientación.

A **Javier**, por su siempre buena voluntad y colaboración.

A todos mis **Profesores**, por sus valiosas enseñanzas.

Igualmente, a mi **Universidad de Nariño**, por la oportunidad.



## Resumen Estructurado

Teniendo en cuenta que uno de los requisitos para trabajar en escenarios de aprendizaje colaborativo es la conformación de grupos, se abordaron en primer lugar, algunos estudios o investigaciones centradas en las diferentes técnicas empleadas para este propósito. En segundo lugar, se abordaron también algunos estudios o investigaciones orientadas hacia el escenario de aprendizaje específico, que sirvió como validador de la presente propuesta: cursos iniciales de Programación apoyados en estrategias o técnicas colaborativas de aprendizaje.

Como objetivo general se tuvo el proponer una técnica de conformación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad para la enseñanza de la Programación. Para ello, inicialmente se caracterizaron las técnicas empleadas para la conformación de grupos colaborativos de aprendizaje, así como las técnicas colaborativas empleadas como apoyo en el aprendizaje de la Programación; luego se estructuró un algoritmo de asignación que permitiese conformar grupos colaborativos a partir de los rasgos de personalidad de los participantes; se diseñó una actividad colaborativa de aprendizaje como apoyo a la temática de estructuras de control; posteriormente, se implementó y validó la propuesta en cursos iniciales de Programación en Ingenierías, para finalmente, evaluar el nivel de aprendizaje logrado por los estudiantes participantes en el estudio.

El proceso investigativo se desarrolló bajo el paradigma positivista, dado que se fundamentó en el conocimiento científico, con un enfoque cuantitativo que permitió examinar datos de manera numérica, utilizando el método empírico analítico ya que los datos fueron tratados con técnicas estadísticas, bajo un tipo de investigación correlacional que permitió medir el grado de relación que tuvieron las variables en estudio, y con un diseño experimental general basado en un cuasiexperimento.

Como principal resultado se demuestra la incidencia positiva que tiene el tratamiento presentado en esta investigación en los grupos experimentales frente a los grupos de control, estableciendo que el conformar grupos homogéneos para escenarios de aprendizaje colaborativo teniendo en cuenta los rasgos de personalidad de los estudiantes, beneficia su desempeño académico.

Considerando que el problema de obtener grupos homogéneos (equitativos) a partir de un grupo de estudiantes donde se tienen en cuenta no sólo una si no varias de sus características personales, es difícil de resolver por métodos analíticos o de búsqueda exhaustiva debido a la explosión combinatoria que puede llegar a presentarse dependiendo del número de estudiantes y de grupos, un método de búsqueda heurística como los algoritmos genéticos, es un buen candidato para solucionarlo.

Se sugiere continuar explorando qué dimensiones específicas de la personalidad pueden influir de manera más directa en el proceso de aprendizaje de la Programación y en general de las Ciencias de la Computación. A partir de esto, eventualmente proponer un sistema de recomendación, que “recomiende” cuál sería la conformación “ideal” de un equipo de trabajo atendiendo a las características específicas del grupo general de estudiantes.

**Palabras clave:** Conformación de grupos, Rasgos de personalidad, Algoritmos genéticos, Aprendizaje colaborativo, Programación.

## **Structured Abstract**

*Considering that one of the requirements for working in collaborative learning scenarios is the creation of groups were addressed first, studies or research focused on the different techniques used for this purpose. Secondly, some studies or research oriented towards the specific learning scenario were also addressed, which served as validator of the present proposal: initial courses of Programming supported by strategies or collaborative learning techniques.*

*The general objective was to propose a group formation technique in collaborative learning scenarios based on personality traits for the teaching of Programming. To this end, the techniques used for the creation of collaborative learning groups were initially characterized, as well as the collaborative techniques used to support the learning of Programming; then, an allocation algorithm was structured that would allow forming collaborative groups based on the personality traits of the participants; a collaborative learning activity was designed to support the topic of control structures; subsequently, the proposal was implemented and validated in initial courses in Engineering Programming, to finally evaluate the level of learning achieved by the students participating in the study.*

*The research process was developed under the positivist paradigm, since it was based on scientific knowledge, with a quantitative approach that allowed to examine data numerically, using the analytical empirical method since the data were treated with statistical techniques, under a type of correlational research that allowed to measure the degree of relationship that the variables under study had, and with a general experimental design based on a quasi-experiment.*

*The main result is the positive impact of the treatment presented in this research in the experimental groups compared to the control groups, establishing that forming*

*homogeneous groups for collaborative learning scenarios considering the personality traits of the students, benefits his academic performance.*

*Considering that the problem of obtaining homogenous (equitable) groups from a group of students that considers not only one but several of their personal characteristics, is difficult to solve by analytical methods or exhaustive search due to the combinatorial explosion that can be presented depending on the number of students and groups, a heuristic search method such as genetic algorithms, is a good candidate to solve it.*

*It is suggested to continue exploring what specific dimensions of the personality can influence more directly the learning process of the Programming and in general of the Computer Sciences. From this, eventually propose a recommendation system, which "recommends" what would be the "ideal" conformation of a work team attending to the specific characteristics of the general group of students.*

**Keywords:** *Conformation group, personality traits, genetic algorithms, collaborative learning, programming.*

# Contenido

	Pág.
<b>Lista de Tablas</b>	<b>xix</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>xxi</b>
<b>Introducción</b>	<b>23</b>
<b>1. Proyecto de Investigación</b>	<b>25</b>
1.1. Descripción del Problema .....	25
1.2. Pregunta de Investigación.....	27
1.3. Hipótesis de Trabajo .....	27
1.4. Objetivos.....	27
1.4.1. Objetivo general .....	27
1.4.2. Objetivos específicos .....	28
1.5. Metodología .....	28
<b>2. Marco Conceptual</b>	<b>33</b>
2.1. Acerca de la Personalidad .....	33
2.1.1. Algunos elementos básicos sobre personalidad.....	34
2.1.2 Rasgos de la personalidad .....	36
2.1.3. La personalidad y los grupos .....	38
2.1.4. Medición de la personalidad .....	40
2.1.5. El Modelo “Big Five” .....	43
2.2. El Trabajo y el Aprendizaje Colaborativo .....	47
2.2.1. Algunas conceptualizaciones .....	47
2.2.2. Objetivos del aprendizaje colaborativo .....	50
2.2.3. Beneficios del aprendizaje colaborativo.....	51
2.2.4. Elementos del aprendizaje colaborativo .....	51
2.2.5. Técnicas de aprendizaje colaborativo.....	52
2.3. Conformación de Grupos .....	53

2.3.1. Tipos de grupos.....	53
2.3.2. Tamaño de los grupos .....	54
2.3.3. Miembros de los grupos .....	55
2.3.4. Técnicas de conformación de grupos .....	63
2.4. Algoritmos Evolutivos .....	69
2.4.1. Principios y estructura general.....	69
2.4.2. Componentes de los algoritmos evolutivos.....	73
2.4.3. Principales paradigmas .....	77
<b>3. Técnica de Conformación de Grupos Basada en Rasgos de la Personalidad</b>	<b>81</b>
3.1. Propuesta Metodológica.....	81
3.2. Medición de Rasgos de la Personalidad .....	82
3.2.1. El cuestionario.....	83
3.2.2. Instrucciones de puntuación .....	84
3.2.3. Preparación de los estudiantes.....	86
3.2.4. Aplicación del cuestionario .....	87
3.2.5. Obtención y tabulación de resultados .....	87
3.2.6. Exportación de datos .....	88
3.3. Propuesta para la Conformación de Grupos .....	89
3.3.1. Fundamentación matemática y algorítmica de la propuesta .....	91
3.3.2. Implementación computacional .....	105
3.3.3. Obtención de grupos .....	107
3.4. Actividad Colaborativa .....	108
3.4.1. Evaluación por pares.....	108
3.4.2. Evaluación de código por pares.....	110
3.4.3. Plan de implementación .....	112
3.4.4. Diseño colaborativo .....	113
<b>4. Resultados Obtenidos</b>	<b>119</b>
4.1. Sesión de Clase .....	119
4.2. Caracterización de los Grupos de Experimentación .....	122
4.3. Resultados BFI .....	124
4.4. Resultados del Algoritmo .....	126
4.4.1. Configuración del algoritmo .....	126
4.4.2. Tiempo de ejecución y valor de aptitud.....	127



---

4.4.3. Conformación de los grupos.....	127
4.5. Resultados del Experimento .....	134
4.5.1. Resultados de pre-pruebas (O <sub>1</sub> versus O <sub>4</sub> ) .....	134
4.5.2. Resultados de pre-pruebas versus post-pruebas (O <sub>1</sub> versus O <sub>2</sub> y O <sub>4</sub> versus O <sub>5</sub> ) .....	135
4.5.3. Resultados de post-pruebas (O <sub>2</sub> versus O <sub>3</sub> y O <sub>5</sub> versus O <sub>6</sub> ).....	135
4.5.4. Resultados de grupos experimentales versus grupos de control .....	136
<b>5. Conclusiones, Trabajos Futuros y Productos Derivados</b>	<b>141</b>
5.1. Conclusiones .....	141
5.2. Trabajos Futuros.....	142
5.3. Productos Derivados.....	143
<b>Referencias</b>	<b>145</b>
<b>Anexos</b>	<b>157</b>
A. Formato de Consentimiento Informado empleado en el estudio	159
B. Captura de Pantalla de BF-Manager	161
C. Ejercicio de programación planteado para la actividad colaborativa	163
D. Cuestionario empleado como pre y post prueba	165
E. Artículo publicado en Revista TecnoLógicas	167
F. Artículo en proceso de publicación en la Revista Lámpsakos	169
G. Registro DNDA BF-Manager	171
H. Registro DNDA Team-B	173



# Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 2.1. Instrumentos más empleados para medir los Cinco Grandes	46
Tabla 2.2. Conceptualizaciones de Trabajo Colaborativo	48
Tabla 2.3. Categorías de TAC	52
Tabla 2.4. Seis roles habituales en los grupos	62
Tabla 2.5. Terminología utilizada en Algoritmos Evolutivos	73
Tabla 3.1. Ítems del BFI organizados por dimensión	84
Tabla 3.2. Puntuaciones BFI para Individuo A	85
Tabla 3.3. Puntuaciones BFI para Individuo A recodificadas	86
Tabla 3.4. Obtención de puntuaciones para cada dimensión	86
Tabla 3.5. Tabulación sugerida de resultados	87
Tabla 3.6. Representación de un conjunto total de estudiantes	92
Tabla 3.7. Representación de un individuo	93
Tabla 3.8. Estudiantes de ejemplo	94
Tabla 3.9. Valores escalados	95
Tabla 3.10. Individuos de ejemplo	95
Tabla 3.11. Población de ejemplo	98
Tabla 3.12. Cálculo de probabilidades de selección	98
Tabla 3.13. Cálculo de probabilidades acumuladas	98
Tabla 3.14. Cálculo de valores normalizados	100
Tabla 3.15. Cálculo de probabilidades de selección	101
Tabla 3.16. Cálculo de probabilidades acumuladas	101
Tabla 3.17. Ejemplo del Operador C1	103
Tabla 3.18. Plan de implementación de la actividad colaborativa	112
Tabla 3.19. Agenda detallada	117
Tabla 4.1. Acciones para apoyar la temática de “Estructuras de Control”	122
Tabla 4.2. Diseño experimental por programa	123

Tabla 4.3. Caracterización de los grupos de experimentación	124
Tabla 4.4. Resultados BFI en $G_1$	124
Tabla 4.5. Resultados BFI en $G_2$	125
Tabla 4.6. Resumen de los resultados de la ejecución del algoritmo	127
Tabla 4.7. Conformación de grupos para $G_1$	128
Tabla 4.8. Valores escalados y cálculo de $IM_g$ para $G_1$	129
Tabla 4.9. Resumen del cálculo de $IM_g$ para $G_1$	130
Tabla 4.10. Cálculo de diferencias al cuadrado para $G_1$	131
Tabla 4.11. Conformación de grupos para $G_2$	131
Tabla 4.12. Valores escalados y cálculo de $IM_g$ para $G_2$	132
Tabla 4.13. Resumen del cálculo de $IM_g$ para $G_2$	133
Tabla 4.14. Cálculo de diferencias al cuadrado para $G_2$	133
Tabla 4.15. Resultados de pre-pruebas ( $O_1$ versus $O_4$ )	134
Tabla 4.16. Resultados de pre-pruebas versus post-pruebas ( $O_1$ versus $O_2$ y $O_4$ versus $O_5$ )	135
Tabla 4.17. Resultados de post-pruebas ( $O_2$ versus $O_3$ y $O_5$ versus $O_6$ )	136
Tabla 4.18. Prueba t-Student para Programación I	138
Tabla 4.19. Prueba t-Student para Fundamentos de Programación	138
Tabla 5.1. Artículos científicos desarrollados	143
Tabla 5.2. Aplicaciones computacionales desarrolladas	143

# Lista de Figuras

	Pág.
Figura 2.1. Mapa mental del marco conceptual	33
Figura 2.2. Estructura general del proceso evolutivo	71
Figura 2.3. Representación del genotipo y fenotipo	73
Figura 2.4. Representación binaria (a), real (b) y entera (c)	74
Figura 2.5. Cruce de dos puntos	76
Figura 2.6. Mutación con $p = 0.25$	76
Figura 3.1. Esquema metodológico	82
Figura 3.2. Spanish Big Five Inventory	83
Figura 3.3. Muestra del archivo de texto plano	88
Figura 3.4. Representación de dos estudiantes	92
Figura 3.5. Representación de los resultados	96
Figura 3.6. Representación del método de la ruleta	99
Figura 3.7. Representación del método de la ruleta (Minimización)	102
Figura 3.8. Operador C1 modificado	103
Figura 3.9. Diagrama de clases de la librería TEAM-B	106
Figura 3.10. Captura de pantalla de Aplicación Java de Prueba	107
Figura 3.11. La evaluación por pares. Rondas de revisión y comentarios de los estudiantes	109
Figura 3.12. Identificación de roles en la evaluación de código por pares	110
Figura 3.13. Modelo de facilitación del proceso	118
Figura 4.1. Diagrama de actividades clase "Estructuras de Control"	120
Figura 4.2. Diseño experimental	122
Figura 4.3. Grupo experimental versus grupo de control para Programación I	137
Figura 4.4. Grupo experimental versus grupo de control para Fundamentos de Programación	137



# Introducción

Fuera del ámbito académico, los grupos constituyen una estructura social básica. Se forman y reforman de muy distintas maneras para muy diversos fines: las personas se reúnen en situaciones sociales, se coordinan para realizar tareas relacionadas con el trabajo o constituyen comisiones a causa de unos intereses cívicos comunes. Aunque, en los ámbitos académicos también se forman grupos con facilidad y con fines muy diversos, la constitución de grupos en el aula puede ser un proceso complicado y poco natural. Sin embargo, para que el aprendizaje colaborativo tenga éxito, es importante constituir grupos eficaces.

Este documento presenta los resultados del proceso investigativo realizado para la estructuración de una técnica de conformación homogénea de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo, conformación basada en rasgos de personalidad, esto como apoyo a la enseñanza de la Programación en el ámbito universitario. Para ello se emplea como instrumento de medición de los rasgos de la personalidad de los participantes, el denominado “Big Five Inventory”, un inventario o cuestionario estandarizado basado en el modelo psicológico de los Cinco Grandes. De otra parte, dado que la conformación de grupos se trata de un problema combinatorio que involucra múltiples características, se empleó como técnica de optimización, la búsqueda heurística que ofrecen los algoritmos evolutivos.

La técnica propuesta fue validada con cuatro grupos diferentes pertenecientes a los Programas Académicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño Sede Pasto, Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Electrónica, para el curso inicial de Programación en el período académico B-2017. Dos de estos grupos se manejaron como grupos experimentales y los otros dos como grupos de control. Finalmente, se llevó a cabo un análisis comparativo de los resultados de las actividades evaluativas propuestas, aplicando pruebas estadísticas, para efectos de una medición inicial básica del nivel de aprendizaje logrado por los estudiantes participantes en el

experimento. Esto permitió evidenciar una incidencia positiva del tratamiento dado a los grupos experimentales frente a los grupos de control, es decir, se beneficia el desempeño académico.

El proceso investigativo llevado a cabo se organiza en el presente documento de la siguiente forma: el capítulo uno consta de los elementos que dieron origen al proyecto de investigación como son la descripción del problema, la pregunta de investigación y los objetivos planteados; en el capítulo dos se incluye el marco conceptual que soporta a la investigación; en el capítulo tres se presenta toda la propuesta metodológica para la conformación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad; el capítulo cuatro exhibe los resultados de la aplicación de la metodología a cuatro grupos de estudiantes y su correspondiente comparación y análisis estadístico; en el capítulo cinco se presentan las conclusiones y trabajos futuros derivados del presente estudio; y, finalmente se listan los referentes de la investigación.



# Capítulo 1

## Proyecto de Investigación

### 1.1. Descripción del Problema

La formación de grupos de trabajo es un área de investigación de gran importancia dentro del aprendizaje colaborativo soportado por computador (CSCL - Computer Supported Collaborative Learning), y dentro del trabajo colaborativo soportado por computador (CSCW - Computer Supported Collaborative Work) en general (Monteserin, Schiaffino, García, & Amandi, 2010). Estos autores afirman también que la motivación de esta área radica en que colocar a un grupo de estudiantes a trabajar juntos no garantiza un buen resultado ni un buen aprendizaje. La forma en que se agrupan los estudiantes puede afectar los resultados de las tareas que tienen que realizar. (Deleón, Gómez, & Moreno, 2009) mencionan que en la actualidad es difícil encontrar técnicas para la conformación de grupos pues las investigaciones se basan en el correcto funcionamiento del aprendizaje colaborativo, pero se deja de lado, o se menosprecia, la conformación como tal de dichos grupos.

La conformación de grupos en ambientes colaborativos no es una tarea trivial, cuando de lograr una heterogeneidad al interior de los grupos se trata. De aplicar una buena estrategia en su conformación, que considere no sólo una sino diversas características de los estudiantes, depende en gran parte el beneficio académico general (Bekele, 2006). Teniendo en cuenta lo anterior, uno de los aspectos a evaluar en la formación de grupos puede ser la personalidad de los estudiantes. En (Speck, 2003) y (Rutherford, 2001) se presenta un modelo para la formación de grupos basándose en diferentes test de personalidad. En (Rutherford, 2001) se describen experimentos donde se formaron grupos con estudiantes de diferente personalidad. En (Speck,

2003) se proveen criterios para agrupar a los estudiantes tales como el interés en un tema en particular, y los tipos psicológicos de Myers-Briggs (Pittenger, 1993).

El potencial de los sistemas asistidos por computador para apoyar la conformación de grupos en entornos de aprendizaje colaborativo, no se ha explorado a fondo. Por otra parte, la consideración de los atributos de la personalidad de los individuos participantes suele ser descuidada en el proceso inicial de conformación de los grupos (Graf & Bekele, 2006).

La literatura contiene múltiples descripciones de enfoques algorítmicos y de optimización para la conformación de grupos: algoritmos genéticos, algoritmos genéticos híbridos, algoritmos difusos, colonia de hormigas, minería de datos y programación entera, entre otros. Esta lista muestra la amplitud de la investigación en el campo de los algoritmos para la conformación de grupos. Sin embargo, estos estudios presentan un análisis mínimo de los resultados (Henry, 2013). Muchos de los investigadores comparan los grupos conformados por sus algoritmos con grupos creados al azar o manualmente. Otros investigadores evalúan sus algoritmos comparando los resultados con los generados por el mismo algoritmo sin tener en cuenta un proceso lógico. Existe una clara necesidad de un mejor análisis de los datos arrojados por los agrupamientos, y de un estudio de evaluación de los diferentes algoritmos, como lo afirma (Henry, 2013).

Aunque muchos estudios implementan algoritmos de conformación de grupos, un bajo porcentaje de ellos proporcionan su pseudocódigo o su código fuente, computacionalmente hablando, lo cual impide replicar o reutilizar estos algoritmos. Como resultado de esto, no se tienen insumos para comparar, evaluar y entender mejor los diferentes enfoques para la conformación de grupos en entornos colaborativos de aprendizaje. De hecho, no se ha encontrado un estudio o una herramienta cuyo objetivo sea comparar los algoritmos existentes (Cruz & Isotani, 2014).

Es importante destacar que algunos de los estudios revisados mencionan que, para las pruebas y las validaciones correspondientes, no se trabajó en entornos reales de aprendizaje sino en entornos simulados. Además, prácticamente en ninguno se menciona sobre qué metodología de trabajo académico, presencial o virtual, se aplicaron las diferentes técnicas.

---

## 1.2. Pregunta de Investigación

Para la propuesta se formula la siguiente pregunta de investigación: *¿Conformar grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo teniendo en cuenta los rasgos de la personalidad de los estudiantes, permite mejorar el nivel de aprendizaje en cursos iniciales de Programación del ámbito universitario?*

## 1.3. Hipótesis de Trabajo

Teniendo en cuenta la pregunta de investigación, se plantean las siguientes hipótesis:

- **H<sub>i</sub>**: La conformación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad, se presenta como una técnica que mejora el *nivel de aprendizaje* en cursos iniciales de Programación del ámbito universitario.
- **H<sub>0</sub>**: La conformación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad, se presenta como una técnica que NO mejora el *nivel de aprendizaje* en cursos iniciales de Programación del ámbito universitario.
- **H<sub>a</sub>**: La conformación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad, se presenta como una técnica alternativa que mantiene el *nivel de aprendizaje* en cursos iniciales de Programación del ámbito universitario.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Proponer una técnica de conformación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad para la enseñanza de la Programación.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar las técnicas empleadas para la conformación de grupos colaborativos de aprendizaje, así como las técnicas colaborativas empleadas como apoyo en el aprendizaje de la Programación.
- Estructurar un algoritmo de asignación que permita conformar grupos colaborativos a partir de los rasgos de personalidad de los participantes.
- Diseñar una actividad colaborativa de aprendizaje como apoyo a la temática de estructuras de control en cursos iniciales de Programación.
- Implementar y validar la propuesta en cursos iniciales de Programación en Ingenierías.
- Evaluar el nivel de aprendizaje logrado por los estudiantes participantes en el estudio.

## 1.5. Metodología

Para el desarrollo de la presente investigación se planea llevar a cabo las siguientes actividades:

Se hace necesario caracterizar las técnicas empleadas para la conformación de grupos colaborativos de aprendizaje, para lo cual se realizará la correspondiente revisión de literatura; de igual manera con las técnicas colaborativas empleadas como apoyo en el aprendizaje de la Programación –el cual será el escenario de aprendizaje a emplearse para la validación del estudio–.

Sobre la base de una revisión de la literatura acerca de los diferentes atributos (de los participantes) que se pueden tener en cuenta para la conformación de grupos, la propuesta se enmarca en una conformación basada en rasgos de la personalidad, como lo abordan con una orientación general (Bekele, 2006), (Graf & Bekele, 2006), (Sánchez Hórreo & Carro, 2007), (Ounnas, Davis, & Millard, 2008), (Hyldegård, 2009), (Mujkanovic, Lowe, Willey, & Guetl, 2012), (Lara, 2013), (Zheng & Pinkwart, 2014), (Kounenou, Roussos, & Yotsidi, 2014) y (Kucukozer-Cavdar & Taskaya-Temizel, 2016), y con una orientación específica hacia la Ingeniería de Software y la Programación (Soomro et al., 2016) y (Salleh, Mendes, & Grundy, 2014). Los rasgos

de la personalidad se medirán bajo el modelo de los “Cinco Grandes”<sup>1</sup>, empleando el instrumento de autoevaluación basado en este modelo denominado BFI – Big Five Inventory (Benet-Martínez & John, 1998). Los resultados de la aplicación de este cuestionario serán el insumo para la estructuración de una técnica de agrupamiento no tradicional mediante Algoritmos Genéticos. El objetivo es evaluar los rasgos de cada persona dentro de un grupo global, para posteriormente encontrar la media del grupo en cada dominio que contempla el modelo, y conformar grupos buscando optimizar cierta medida de intra-heterogeneidad e inter-homogeneidad.

Una vez estructurada la técnica de agrupamiento basada en rasgos de la personalidad, se diseñará para efectos de validación, una actividad colaborativa de aprendizaje como apoyo a la temática de estructuras de control. Para la validación de la propuesta se empleará el siguiente diseño experimental (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014):

	Pre-Prueba	Estímulo Experimental	Post-Prueba
<b>G<sub>1</sub></b> Grupo Experimental	<b>O<sub>1</sub></b>	<b>X</b>	<b>O<sub>2</sub></b>
<b>G<sub>2</sub></b> Grupo Experimental	-	<b>X</b>	<b>O<sub>3</sub></b>
<b>G<sub>3</sub></b> Grupo de Control	<b>O<sub>4</sub></b>	-	<b>O<sub>5</sub></b>
<b>G<sub>4</sub></b> Grupo de Control	-	-	<b>O<sub>6</sub></b>

Para recolectar y analizar la información que permita responder a la pregunta de investigación y demostrar o refutar las hipótesis planteadas, se propone un diseño de investigación **cuasiexperimental**, dado que los grupos de trabajo (que se describen más adelante) ya estarán formados antes del experimento, serán grupos intactos (la razón por la que surgieron y la manera cómo se formaron no tienen nada que ver con el experimento).

<sup>1</sup> Conocido también como “Big Five” (L. R. Goldberg, 1993), “Five Factor Model - FFM” (John & Srivastava, 1999) o actualmente como “OCEAN” (Martínez-Miranda & Pavón, 2010). Es de los modelos de personalidad más aceptados y utilizados en los círculos científicos.

El experimento se llevará a cabo con estudiantes de primeros semestres de los Programas Académicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño Sede Pasto, Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Electrónica, que vayan a tomar el curso inicial de Programación al momento de su realización. Específicamente se trabajará con la temática de *Estructuras de Control* (condicionales y ciclos): condicionales simples y compuestos, condicionales anidados, condicionales y operadores lógicos, ciclo mientras, ciclo hacer mientras y ciclo para.

Para el experimento se considerarán al menos cuatro grupos, en donde  $G_1$  y  $G_2$  serán los grupos experimentales. A  $G_1$  se le aplicará durante las sesiones de trabajo programadas para la temática, una pre-prueba ( $O_1$ ) mediante un cuestionario, con el fin de determinar cómo está el grupo en lo relacionado con el “saber conocer” del curso en la temática específica, luego del desarrollo de las clases correspondientes. Posteriormente, a  $G_1$  y  $G_2$  se les aplicará el tratamiento experimental X, que consistirá en conformar los grupos requeridos aplicando la técnica propuesta y en la realización de la actividad colaborativa de aprendizaje, para finalmente aplicar mediante el mismo cuestionario una post-prueba ( $O_2$  y  $O_3$ ), con el fin de determinar la implicación del tratamiento en los dos grupos experimentales. De forma paralela se trabajará con los grupos de control  $G_3$  y  $G_4$ . A  $G_3$  también se le aplicará el cuestionario como pre-prueba ( $O_4$ ), y a ambos como post-prueba ( $O_5$  y  $O_6$ ), sin utilizar el tratamiento experimental, es decir, con  $G_3$  y  $G_4$  se desarrollará la actividad colaborativa de la forma como tradicionalmente lo hace el profesor, conformando los grupos requeridos aleatoriamente o por preferencia de los estudiantes.

Para las pruebas se definen como *indicadores de valoración*:

- Las calificaciones individuales obtenidas por los estudiantes.
- Las calificaciones promedio obtenidas en cada uno de los grupos.

Inicialmente se realizará la comparación de las mediciones  $O_1$  versus  $O_4$ , lo que permitirá analizar si existe alguna diferencia significativa en el “saber conocer” de la temática en los grupos correspondientes, antes de realizar el tratamiento experimental ( $O_1 \approx O_4$ ). También se tendrá en cuenta la comparación de las mediciones  $O_1$  versus  $O_2$  y  $O_4$  versus  $O_5$ , buscando encontrar una mejora en el dominio de la temática por parte de los estudiantes ( $O_1 < O_2$  y  $O_4 < O_5$ ), independiente de la técnica de

conformación de grupos empleada, ya sea la propuesta en los grupos experimentales, o la tradicionalmente empleada por el docente en los grupos de control. Además, se comparará las mediciones  $O_2$  versus  $O_3$  y  $O_5$  versus  $O_6$ , con el objetivo de evidenciar una posible influencia positiva con la determinación del estado actual ( $O_2 > O_3$  y  $O_5 > O_6$ ). Por último, se realizará el análisis más importante sobre los resultados definitivos del experimento, que consistirá en comparar las mediciones  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $O_5$  y  $O_6$ , con lo que se podrá verificar si existe una tendencia en la mejora del proceso de aprendizaje aplicando la técnica propuesta respecto a las técnicas de conformación de grupos tradicionalmente empleadas por los profesores ( $O_2 > O_5$ ,  $O_3 > O_5$ ,  $O_2 > O_6$  y  $O_3 > O_6$ ).

En general, para evaluar el nivel de aprendizaje logrado por los estudiantes participantes en el estudio, se propone la realización de un comparativo estadístico de los resultados de las pruebas. Finalmente, se analizarán resultados obtenidos, se comprobarán hipótesis y se consignarán en el documento final del proyecto.





# Capítulo 2

## Marco Conceptual

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos que soportan la investigación realizada. Se abordan tópicos de la personalidad, el trabajo y el aprendizaje colaborativo, la conformación de grupos y los algoritmos evolutivos. En la Figura 2.1 se presenta un mapa mental de este marco conceptual.

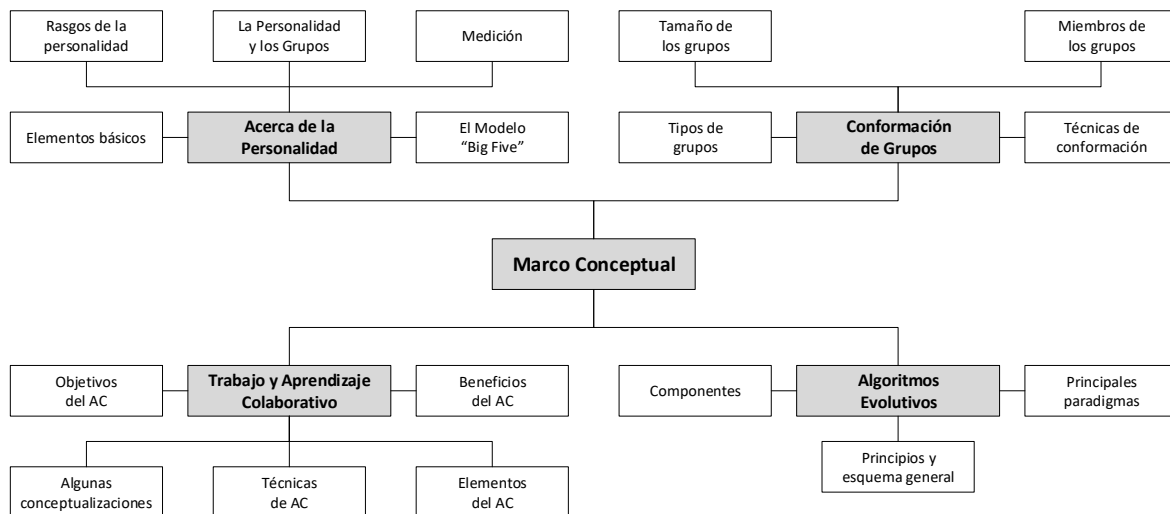


Figura 2.1. Mapa mental del marco conceptual.

### 2.1. Acerca de la Personalidad

En esta sección se presentan algunos elementos básicos sobre personalidad y rasgos de la personalidad desde la perspectiva psicológica, cómo la personalidad influye en la conformación de grupos y esto a su vez en el desempeño de los mismos, cómo se mide la personalidad, y, por último, se presenta una aproximación al Modelo de los

Cinco Grandes, que es el modelo empleado en este trabajo para cuantificar los rasgos de personalidad.

### **2.1.1. Algunos elementos básicos sobre personalidad**

La gran variedad de planteamientos sobre la personalidad hace que este constructo posea gran relevancia para las diversas corrientes psicológicas, debido a que en cada periodo histórico el concepto es más estudiado y por ende mejor descrito. La relevancia teórica que en investigación se le ha dado al concepto de personalidad a lo largo de la historia y de acuerdo con las manifestaciones que se hacen evidentes en los seres humanos, llevan a que sea un constructo bastante controvertido debido a que no se han establecido criterios universales para identificar perfiles de personalidad.

Hay muchas definiciones del término personalidad según lo establecido por varios psicólogos; estas definiciones generalmente incluyen los elementos básicos que conforman la conceptualización teórica del constructo (Montaño Sinisterra, Palacios Cruz, & Gantiva, 2009). Sin embargo, parece que no existe una definición perfecta de personalidad, y tampoco hay consenso sobre el tema en el campo de la psicología. Si bien un debate más profundo sobre la nomenclatura y las definiciones conceptuales está fuera del alcance de este documento, necesitamos algunos elementos básicos para guiar el proceso. En esta sección, tratamos de brindar tales elementos.

Según (Montaño Sinisterra et al., 2009), a lo largo de la historia ha sido difícil unificar el constructo de personalidad debido a que desde las diferentes posturas teóricas se han planteado diversos criterios, categorías y definiciones que no se enmarcan dentro de una perspectiva que incluya todos los factores que la componen; esto por la congruencia que deben tener las teorías de la personalidad con el enfoque dentro del cual surgen. Es así como el estudio de la personalidad se ha desarrollado a lo largo de los años para incluir una gran cantidad de tradiciones teóricas en el campo de la psicología. Estas tradiciones se organizan en torno a siete perspectivas sobre la personalidad, que a menudo se etiquetan como (1) disposicional, (2) biológica, (3) psicoanalítica, (4) neoanalítica, (5) aprendizaje, (6) fenomenológica, y (7) autorregulación cognitiva (Carver & Scheier, 1988). La perspectiva disposicional abarca la teoría de los rasgos y tipos, que es una de las teorías más utilizadas en la

psicología organizacional (Anderson, Ones, Sinangil, & Viswesvaran, 2002) y en estudios sobre la personalidad en el campo de las ciencias de la computación. El presente trabajo se centra en esta perspectiva de la personalidad.

En general, se considera la personalidad como una organización dinámica de sistemas psicofísicos al interior de la persona que crean sus patrones característicos de comportamiento, pensamientos y sentimientos. (Ryckman, 2004) definió la personalidad como “*el conjunto dinámico y organizado de características que posee una persona que influye de forma única en sus cogniciones, motivaciones y comportamientos en diversas situaciones*”. Esta definición separa claramente la personalidad de otros constructos como la cognición, la motivación y el comportamiento, que no son de interés central de este trabajo.

(Vidales Delgado, Vidales, & Leal, 2004) plantean la personalidad desde tres miradas diferentes: a) como una organización total de las tendencias reactivas, patrones de hábitos y cualidades físicas que determinan la efectividad social del individuo; b) como un modo habitual de ajustes que el organismo efectúa entre sus impulsos internos y las demandas del ambiente; y c) como un sistema integrado de actitudes y tendencias de conductas habituales en el individuo que se ajustan a las características del ambiente.

De igual manera (Allport, 1975) asume que la personalidad se refiere a “*la integración de todos los rasgos y características del individuo que determinan una forma de comportarse*”, es decir, que la personalidad se forma en función del desarrollo del individuo, a partir de las características ambientales, biológicas y sociales que explican, modulan y mantienen su comportamiento.

A partir de las características definidas anteriormente, éstas se relacionan con algunos términos que son primordiales en lo que al estudio de la personalidad se refiere, por lo cual se describen dos términos que dan sustento al concepto de personalidad: el *temperamento* y el *carácter*. Según (Allport, 1975) el *temperamento* es un fenómeno naturalmente emocional, es decir, que se puede presentar a causa de factores genéticos o hereditarios, pues los individuos reaccionan de manera rápida e intensa ante la estimulación ambiental y por tanto su estado puede fluctuar de acuerdo a las exigencias del medio. El *carácter* es entendido como el grado de organización moral

que posee un individuo y que se fundamenta a través de los juicios de valor y de una evaluación ética que se hace de la personalidad, depende en gran medida de la propia experiencia de cada individuo, debido a que cada persona se ve influenciada por diferentes factores que ocurren a su alrededor. Por tanto, como lo plantea (Lluís, 2002) el carácter controla, modifica, corrige y autorregula la actividad de los individuos, a fin de poder dar respuestas satisfactorias a las exigencias del medio. El *carácter* es una combinación de sentimientos y valores que un individuo va adquiriendo a lo largo de su desarrollo a través de la interacción, condiciones y circunstancias externas, además difiere en cada individuo de acuerdo con su forma o punto de vista de interpretar la realidad humana.

### **2.1.2 Rasgos de la personalidad**

Según (Allport, 1975), la unidad primaria de la personalidad es el rasgo. Un rasgo es una característica relativamente estable de la personalidad que hace que las personas se comporten de cierta manera. La teoría de los rasgos de la personalidad es una de las principales áreas teóricas en el estudio de la personalidad. La teoría de los rasgos de la personalidad sugiere que las personalidades individuales se componen de una amplia variedad de factores.

A diferencia de otras teorías de la personalidad, tales como las teorías psicoanalíticas o las humanísticas, la teoría de los rasgos de la personalidad se centra en las diferencias entre los individuos. La combinación e interacción de diversos rasgos forman una personalidad que es única para cada individuo. La teoría de los rasgos se centra en la identificación y medición de estas características individuales de la personalidad.

A continuación, se presentan los autores más representativos que han fundamentado la teoría de los rasgos (Cloninger, 2003).

#### **Teoría de los rasgos de Gordon Allport**

En 1936 el psicólogo Gordon Allport encontró que un solo diccionario de inglés contiene más de 4.000 palabras que describen los diferentes rasgos de personalidad. Categorizó estos rasgos en tres niveles:

- **Rasgos cardinales:** Son los rasgos que predominan en toda la vida de un individuo, a menudo hasta el punto de que la persona se da a conocer específicamente en base a estos rasgos. Las personas a menudo se vuelven tan conocidas por estos rasgos como por sus nombres, y son a sinónimo de estas cualidades. Estos son los rasgos que dominan y moldean el comportamiento de una persona. Algunos ejemplos pueden ser narcisista, Don Juan y otros igual de específicos.
- **Rasgos centrales:** Son las características generales que forman los fundamentos básicos de la personalidad. Los rasgos centrales, aunque no son tan dominantes como los rasgos cardinales, sus características principales se podrían utilizar para describir a numerosas personas. Términos tales como inteligente, honesto, tímido o ansioso se consideran rasgos centrales.
- **Rasgos secundarios:** Son los rasgos que a veces están relacionados con las actitudes o preferencias y a menudo aparecen solo en ciertas situaciones o bajo circunstancias específicas. Algunos ejemplos serían “se pone muy nervioso cuando habla delante de varias personas”, “es impaciente cuando tiene que esperar” o “le gusta esto o aquello”.

### **Los dieciséis tipos de personalidad de Raymond Cattell**

La teoría de los rasgos de Raymond Cattell (Cattell, Russell, Karol, Cattell, & Cattell, 2011), reduce el número de los principales rasgos de la personalidad de la lista inicial de Allport de más de 4.000 a 171, principalmente mediante la eliminación de rasgos poco comunes y la combinación de características comunes. Cattell clasifica una amplia muestra de individuos dentro de estos 171 rasgos diferentes. Luego, utilizando una técnica estadística conocida como análisis factorial, identificó términos estrechamente relacionados y, finalmente, redujo su lista a solo 16 rasgos de personalidad. Según Cattell, estas 16 características son la fuente de toda la personalidad humana.

### **Las tres dimensiones de la personalidad de Eysenck**

El psicólogo británico Hans Eysenck (Schmidt et al., 2010), desarrolló un modelo de la personalidad basado en solo tres dimensiones o factores:

- **Introversión / extraversión:** la introversión consiste en dirigir la atención en las experiencias internas, mientras que la extraversión se refiere a centrar la atención hacia el exterior sobre otras personas y el medio ambiente. Así, una persona que puntúe alto en introversión podría ser tranquila y reservada, mientras que si puntúa más en extraversión sería sociable y expansivo.
- **Neuroticismo / Estabilidad emocional:** Esta dimensión de la teoría de los rasgos de Eysenck se relaciona con la inestabilidad emocional frente a la templanza. El neuroticismo se refiere a la tendencia de un individuo sufrir inestabilidad a nivel emocional, mientras que la estabilidad se refiere a la tendencia a permanecer emocionalmente constante o estable.
- **Psicoticismo:** Posteriormente, tras estudiar a las personas que sufren de enfermedades mentales, Eysenck añadió una dimensión de la personalidad llamada psicoticismo. Las personas que tienen un alto contenido de este rasgo tienden a tener dificultades para hacer frente a la realidad y pueden ser antisociales, hostiles, poco empáticos y manipuladores.

## La teoría de los cinco factores de personalidad

Tanto la teoría de Eysenck como la de Cattell han sido objeto de numerosas investigaciones, lo que ha llevado a algunos teóricos a considerar que Cattell se centró en demasiados rasgos, mientras que Eysenck se concentró en muy pocos. Como resultado, surge una nueva teoría de los rasgos referida a menudo como la teoría "Big Five". Este modelo de cinco factores de la personalidad representa cinco rasgos fundamentales que interactúan para formar la personalidad humana. No existe un consenso final acerca de las etiquetas exactas para cada dimensión; se describen con mayor frecuencia las siguientes: Extraversión, Agradabilidad, Escrupulosidad, Neuroticismo y Franqueza.

### 2.1.3. La personalidad y los grupos

La Psicología busca, entre otras cosas, entender los distintos tipos de personalidad existentes y su influencia sobre las fortalezas y cualidades de un individuo, y su habilidad para comunicarse y formar relaciones en equipos (C. G. Jung, Hull, & Baynes, 1971). En relación a esto, se podría describir a través de numerosos estudios encontrados en la literatura, el efecto de la combinación de tipos de personalidades en

grupos de trabajo, la influencia de la personalidad sobre el desempeño grupal, y la predisposición de un tipo de personalidad para la realización de una tarea sobre otra, entre otros hechos.

En entornos de trabajo en equipo se le ha dado mayor énfasis a este tema debido a la importancia que tiene la coordinación, la cooperación y la reducción de conflictos internos para un correcto desempeño grupal. Características como la personalidad pueden afectar el liderazgo, la comunicación entre los miembros, la heterogeneidad y la cohesión entre los mismos. Asimismo, la personalidad también puede ser el motivo por el cual dos personas en un mismo entorno muestren distintas actitudes ante una determinada situación, lo que podría afectar la asignación de puestos de trabajo.

La teoría de la atracción por similitud (Byrne, 1971), respalda el argumento de que los miembros en grupos compuestos con rasgos de personalidad similares tienen más probabilidades de experimentar un mayor bienestar, dado que se sienten atraídos por las similitudes que ven entre sí. Sin embargo, es probable que no sea la heterogeneidad o la homogeneidad del grupo lo que importe, sino la variabilidad del rasgo de personalidad en un grupo y su nivel medio (Homan et al., 2008). Por ejemplo, un grupo que está compuesto por miembros que son muy concienzudos podría superar a un grupo en el que todos los miembros tienen muy bajo este rasgo (aunque ambos grupos tendrán los mismos puntajes de similitud). Es decir, la composición de la personalidad del grupo puede resultar en un ajuste suplementario (un nivel medio más alto de un rasgo de personalidad asociado con un mayor rendimiento grupal) o en un ajuste complementario (los miembros del grupo que poseen un nivel específico de un rasgo de personalidad pueden beneficiar al equipo, al llenar una brecha de competencia en el grupo (Humphrey, Hollenbeck, Meyer, & Ilgen, 2007)).

Por lo tanto, la operacionalización de la composición de la personalidad en un grupo es crítica para estimar su efecto sobre el desempeño del mismo. (Halfhill, Nielsen, Sundstrom, & Weillbaecher, 2005) identificaron tres métodos para llevar a cabo esta operacionalización:

1. El método más común es calcular la puntuación media del grupo para un rasgo de personalidad particular. Esta operacionalización asume tanto la positividad (una relación positiva entre el rasgo y los resultados) como la característica aditiva (una

mayor proporción de miembros con puntuaciones más altas en un rasgo es mejor que una proporción menor de miembros) del rasgo de personalidad, que es indicativo de un ajuste suplementario.

2. Un segundo método es evaluar la variabilidad (es decir, varianza o rango) de los rasgos individuales de personalidad en el grupo (Halfhill et al., 2005). Una suposición subyacente de esta operacionalización es que la variabilidad en un rasgo de personalidad se correlaciona con el rendimiento del grupo, lo que es indicativo de un ajuste complementario.
3. Un tercer método consiste en centrarse en los puntajes mínimos y/o máximos, que son especialmente apropiados para evaluar los efectos del techo (el "mejor" miembro determina el rendimiento del grupo) y del piso (el "peor" miembro determina el rendimiento del grupo) en los grupos.

Estas diferentes operacionalizaciones de la composición de la personalidad del grupo insinúan la posibilidad de que la naturaleza de la tarea en si misma puede dictar la composición óptima de los diferentes rasgos de personalidad en los grupos (van Vianen & De Dreu, 2001).

Además del nivel promedio de un rasgo de personalidad en el grupo, otros efectos de composición, como el mínimo, el máximo y la varianza de los rasgos de personalidad, también pueden influir en el rendimiento del grupo. Por ejemplo, un alto nivel de extraversión será un predictor del desempeño individual en tareas que requieren interacción social; sin embargo, tener un grupo con un alto nivel de extraversión puede ser perjudicial para el desempeño grupal porque estos grupos pueden desempeñarse mejor en las tareas de intercambio de ideas (donde los miembros extravertidos se sienten intrincadamente cómodos presentando sus ideas) pero no tan bien en las tareas que requieren toma de decisiones y asumir responsabilidades (Barry & Stewart, 1997).

#### **2.1.4. Medición de la personalidad**

A medida que ha surgido la necesidad de abordar el concepto de personalidad como una manera de entender el porqué del comportamiento del ser humano, ha surgido también la necesidad de construir instrumentos de medición, que evalúen las características individuales para determinar un perfil de personalidad; esta evaluación



se hace desde los diferentes componentes de la personalidad. Para (Aliaga Muñoz, 2017), en esta compleja tarea de medir la personalidad de las personas, los psicólogos recurren a cuatro técnicas básicas: la entrevista personal, la observación directa del comportamiento, los test objetivos y los test proyectivos.

### **La entrevista personal**

Una entrevista es, en esencia, una conversación con un propósito: obtener información de la persona entrevistada. Existen dos tipos de entrevista: la no estructurada, en la que el entrevistador es libre de preguntar al entrevistado acerca de cualquier material que surja y de emplear más preguntas para obtener más detalles siempre que sea apropiado. De manera ideal, el entrevistador trata de dirigir la conversación hacia una amplia variedad de temas y estimula a la persona a expresar libremente sus experiencias, sentimientos y actitudes. La estructurada, en la que el orden y el contenido de las preguntas se definen previamente, y el entrevistador trata de no desviarse del formato. Cuando se lleva a cabo una investigación sistemática de la personalidad, los investigadores suelen preferir la entrevista estructurada.

Casi siempre la entrevista se utiliza en combinación o como complemento de otras técnicas. El profesional que realiza la entrevista puede obtener datos muy precisos, por lo que además de servir como complemento de otras pruebas psicotécnicas (de inteligencia, de personalidad, proyectivas, etc.) puede también ser utilizada como técnica única, pudiendo tener lugar en cualquier momento de un proceso selectivo.

### **La observación directa del comportamiento**

La observación directa de cómo una persona actúa y se comporta en ciertas situaciones, da una idea de su personalidad. Este enfoque hace posible el estudio de las influencias del medio ambiente sobre la personalidad. La presencia de un observador, sin embargo, puede influir y cambiar el comportamiento de una persona, lo que hace difícil la interpretación de los resultados.

Si la observación se complementa con la entrevista y/o la evaluación psicológica, se deberá adaptar los objetivos de observación a los objetivos de la entrevista y/o evaluación.

En el caso de la entrevista, la observación debe registrar las reacciones ante determinados estímulos que el observador proporciona para realizar las evaluaciones parciales de los procesos psicológicos, como por ejemplo memoria, orientación, atención, pensamiento, lenguaje, gestos, mímica, postura y marcha, entre otros; estos datos darán una impresión general de la persona, que conjuntamente con su apariencia general orientan las hipótesis de trabajo del observador.

Usualmente en los casos de evaluación psicológica, se planifica la observación en tres etapas: antes, durante y después de la ejecución de la prueba, siendo más riguroso el registro en el caso de pruebas de inteligencia, principalmente si son ejecutivas, así como en el uso de técnicas proyectivas.

### **Las pruebas objetivas**

Las pruebas objetivas o inventarios son cuestionarios estandarizados que representan las respuestas escritas; en su mayoría son de verdadero y falso o de selección múltiple. Brindan información acerca de muchos y distintos aspectos de la personalidad, entre ellos valores, necesidades, intereses, autoestima, problemas emocionales y la forma típica de enfrentarse a ciertas situaciones. El uso de las pruebas objetivas también llamadas psicométricas ha permitido que los psicólogos identifiquen cientos de rasgos de la personalidad.

Las pruebas objetivas se consideran más confiables y válidas que las proyectivas, son más fáciles de administrar, dando la impresión (falsa) de que pueden ser utilizadas por investigadores sin antecedentes profundos en psicología y psicometría. Si bien esto es cierto para la administración inicial de las pruebas, (McDonald & Edwards, 2007) advierten que la interpretación de los resultados y el análisis de sus implicaciones prácticas no son simples y requieren profesionales debidamente capacitados.

Algunas pruebas que pertenecen a esta categoría son (González Llana, 2007): Millon Adolescent Personality Inventory – MAPI, Millon Clinical Multiaxial Inventory Third Edition – MCMI-III, Minnesota Multiphasic Personality Inventory Adolescent – MMPI-A, Minnesota Multiphasic Personality Inventory Second Edition Restructured Form – MMPI-2 RF, Revised NEO Personality Inventory – NEO-PI-R, Sixteen

Personality Factor Questionnaire – 16PF-5, y Big Five Questionnaire – BFQ, entre otras.

### **Las pruebas proyectivas**

En estas pruebas se estimula a las personas para que puedan demostrar sus sentimientos y fantasías. Estas pruebas suponen que la personalidad está formada por deseos reprimidos y conflictos inconscientes. Hay muchas pruebas proyectivas de personalidad, algunas requieren que el examinado asocie palabras, que dibuje alguna cosa o que copie diseños.

Una de las más reconocidas es el Test de Rorschach (Aracena, 1967), que consiste en 10 plantillas con manchas de tinta. Quien realiza el test es invitado a responder sobre qué imágenes encuentra en las manchas que serán exhibidas una a una y en orden especial. Otras pruebas que pertenecen a esta categoría son: el Test de Bender, el Test de Apercepción Infantil – CAT-A, el Test de las Fábulas de Düss, el Test de Relaciones Objetales – TRO, y el Test de Apercepción Temática – TAT, entre otras.

#### **2.1.5. El Modelo “Big Five”**

En la actualidad se presentan una gran variedad de modelos y teorías de personalidad que ofrecen diferentes perspectivas sobre cómo abordar la personalidad de una persona. Algunas de estas teorías son: Carl Jung’s Psychological Types (C. G. Jung et al., 1971), Keirsey’s Personality Types Theory (Keirsey, 1998), The “Big Five” Factors Personality Model (Costa & R., 1992), y Myers-Briggs Type Indicator (MBTI) (Myers & McCaulley, 1998), entre otras.

En este trabajo se decidió utilizar el modelo de personalidad denominado “Big Five” o “Five–Factor Model (FFM)” por ser el que ha obtenido mayor consenso en el área de la Psicología y por ser uno de los más utilizados en la literatura (Aguilar, De Antonio, & Imbert, 2007; Mount & Barrick, 1998). El “Big Five” es un modelo jerárquico de rasgos de personalidad compuesto de cinco grandes factores donde cada uno representa características de personalidad a un nivel de abstracción más general. Estos factores o dimensiones suelen denominarse tradicionalmente como:

- **E (*Extraversion o extraversión*)**: Esta dimensión supone una aproximación dinámica y activa hacia el mundo social e incluye rasgos como sociabilidad, asertividad, actividad y emociones positivas. Las personas extrovertidas son sociables, tienen muchos amigos, les gusta estar con gente, suelen ser impulsivos, despreocupados y amantes de la aventura y del riesgo, les gustan las bromas, la variación y están muy implicados con el mundo exterior. Son personas entusiastas y orientadas a la acción, con mucha energía, asertivos, les gusta hablar y dirigir la atención hacia ellos. Los introvertidos, por el contrario, son más reservados y disfrutan más de actividades que se practican en solitario, como leer. Son menos impulsivos, piensan más antes de hablar, les gusta hacer planes a largo plazo, tienen una vida más ordenada, son más tranquilos y retraídos, y tienen pocos amigos, a quienes escogen con cuidado.
- **A (*Agreeableness o amabilidad*)**: Esta dimensión guarda relación con las conductas prosociales y altruistas. Es la tendencia a ser agradable con los demás, cooperar con ellos y mantener la armonía social. Las personas con niveles altos en esta dimensión son empáticas, consideradas, generosas, amables y serviciales. Perciben a los demás de un modo positivo y tienden a pensar que la mayoría de las personas son amistosas, honestas y dignas de confianza. Por el contrario, las personas que obtienen puntuaciones bajas en esta dimensión son poco empáticas, y menos dispuestas a ayudar a los demás. Son también más escépticos y desconfiados y menos amistosos con los demás, más dispuestos a competir que a cooperar. Los que obtienen puntuaciones extremadamente bajas pueden ser manipuladores y antisociales.
- **C (*Conscientiousness o responsabilidad*)**: Esta dimensión hace referencia a la capacidad para controlar los propios impulsos, la autodisciplina y la organización, así como el conjunto de habilidades necesarias para llevar a cabo cualquier conducta orientada hacia una meta, como pensar antes de actuar, saber aplazar las gratificaciones, seguir reglas, planificar, o establecer prioridades. Las personas con puntuaciones altas en esta dimensión suelen ser trabajadoras, puntuales y fiables. Son también más organizadas y ordenadas tanto en sus trabajos como en sus vidas personales y es típico en ellas utilizar listas de cosas que hacer o agendas. Por el contrario, las personas con bajas puntuaciones en esta escala son más impulsivas, menos preocupadas por el logro o la consecución de objetivos y más relajadas. Tienen problemas para motivarse a sí mismas para alcanzar una meta o realizar una tarea que desearían hacer.

- ***N (Neuroticism o inestabilidad emocional)***: Las personas con baja estabilidad emocional (neuroticismo) toleran muy mal la frustración o el estrés. No son capaces de funcionar bien cuando las condiciones de su vida no son totalmente satisfactorias y ante las dificultades, imprevistos o frustraciones de la vida diaria reacciona con intensas emociones negativas, como ansiedad, tristeza, ira o culpa. Las personas con una alta estabilidad emocional, por el contrario, tienen un mayor control de sus emociones y no se ven afectadas con facilidad por los problemas de la vida. Sus emociones son más estables, no presentan síntomas neuróticos ni hipocondríacos, tienen un enfoque realista de la vida, son pacientes, tranquilas, perseverantes y confiables. Son personas emocionalmente maduras y estables, con una buena capacidad para manejar sus emociones y planear su vida, resistir sus impulsos y funcionar de una manera flexible y a la vez controlada.
- ***(Openness o apertura a nuevas experiencias)***: Esta dimensión de la personalidad describe la apertura mental, originalidad, creatividad, imaginación y curiosidad intelectual de una persona. Las personas que poseen valores altos en esta dimensión son personas con mentes flexibles y abiertas, con ideas no convencionales y gran cantidad de intereses diferentes y variados, que se interesan tanto en su propio mundo interior como en el exterior. Las personas con bajas puntuaciones en esta dimensión tienen mentes más cerradas y rígidas, con intereses más convencionales, prefieren aquello que es más directo, simple y obvio antes que lo sutil, abstracto, complejo o ambiguo. Se trata de personas más conservadoras y resistentes al cambio, prefieren lo familiar a lo novedoso y están menos interesadas en el arte. En general, tienen menos intereses, prefieren la rutina, y no suelen utilizar mucho la fantasía o imaginación.

Cada combinación de valores en las diferentes dimensiones genera un tipo de personalidad particular con diferente tendencia a comportarse, interactuar, reaccionar y razonar. Cada personalidad posee distinta preferencia para realizar cierta tarea o comodidad trabajando con cierto tipo de personas. Por este motivo, el objetivo del análisis de personalidad es conocer las habilidades y como aprovechar las mismas, y a su vez también, saber qué debilidades podría manifestar para poder equilibrarlas con habilidades de otras personas.

### ***Instrumentos para medir los Cinco Grandes***

Dado que el modelo de los Cinco Grandes es un modelo puramente descriptivo de la personalidad, los psicólogos han desarrollado diversos test y cuestionarios que evalúan cada uno de los cinco factores o dimensiones en los individuos. En la Tabla 2.1 se presenta un resumen de los más empleados.

Tabla 2.1. Instrumentos más empleados para medir los Cinco Grandes.

<b>INSTRUMENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>NEO-PI-R</b> (Costa & R., 1992)	<i>Revised NEO Personality Inventory.</i> La denominación NEO se refiere a las tres dimensiones que el inventario medía originalmente: Neuroticism, Extraversión y Openess. Es uno de los instrumentos más utilizados para medir los Cinco Grandes, ya que además de medir las cinco dimensiones, analiza también seis características específicas de cada dimensión. Esta herramienta, desarrollada por McRae y Costa, consta de 240 frases en las que el individuo que lo está realizando debe indicar si está de acuerdo o no, mediante una escala del 1 al 5. A través de estas frases se puede centrar la atención en las diferencias individuales obteniendo 35 puntuaciones diferentes.
<b>16PF-5</b> (Cattell et al., 2011)	<i>Sixteen Personality Factor Questionnaire.</i> Es la versión más nueva del clásico Test de Personalidad desarrollado a partir de la teoría de los 16 Factores de Personalidad de Catell. Este instrumento se utiliza tanto en práctica clínica como en la selección de personal, ya que proporciona un informe muy descriptivo, ofreciendo una visión general de los Cinco Grandes y una interpretación más profunda de los 16 factores definidos originalmente por Catell.
<b>BFQ</b> (Caprara, Barbaranelli, Borgogni, & Perugini, 1993)	<i>Big Five Questionnaire.</i> Es el cuestionario específico derivado directamente de la teoría de los Cinco Grandes. Consta de 132 elementos que la persona debe ir contestando situándose en una escala de múltiple elección. Está especialmente recomendado para los procesos de selección de personal, ya que se ha determinado que las dimensiones evaluadas por este test se relacionan de forma bastante directa con las actividades habituales de la vida laboral.
<b>BFQ-C</b> (Barbaranelli, Caprara, Rabasca, & Pastorelli, 2003)	<i>Children Big Five Questionnaire.</i> Es la variación del BFQ especialmente diseñado para niños y adolescentes. Consta de 65 ítems que se van valorando, uno a uno, en una escala de 5 opciones. La ventaja que ofrece este cuestionario es que puede ser complementado por el propio niño o por sus padres o profesores, ya que los ítems se pueden formular en tercera persona para hacer referencia al sujeto de evaluación.
<b>TDA-100</b> (L. R. Goldberg, 1992)	<i>Trait Descriptive Adjectives.</i> Llamados también los Marcadores de Goldberg. Consisten en 100 adjetivos unipolares, considerados marcadores de los Cinco Grandes, que permiten evaluar las dimensiones de Extraversión, Amabilidad, Responsabilidad, Estabilidad Emocional e Intelecto. En la actualidad (L. R. Goldberg, 1999) propone utilizar las escalas IPIP <sup>2</sup> para evaluar, a través de un conjunto de ítems, estos mismos factores además de otras diferencias individuales.
<b>BFI</b> (John, Donahue, & Kentle, 1991)	<i>Big Five Inventory.</i> Está compuesto por 44 ítems que consisten de frases cortas y fáciles de entender. Así se retiene la ventaja de los adjetivos como brevedad y simplicidad, evitando sus desventajas como ambigüedad o definiciones múltiples y deseabilidad aparente. En algunos casos, se añade información sobre el contexto o se aclaran los adjetivos. Los encuestados responden con base en

<sup>2</sup> International Personality Item Pool.

INSTRUMENTO	DESCRIPCIÓN
	una escala de 5 puntos que va desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo”. Estas escalas han mostrado alta consistencia interna, confiabilidad en el re-testeo y una clara estructura factorial, así como una convergencia fuerte con versiones más extensas usadas para medir los Cinco Grandes, lo que favorece su uso.
<b>HPI (Hogan, 1986)</b>	<i>Hogan Personality Inventory</i> . Mide los atributos que caracterizan a la persona bajo condiciones normales y es utilizado para pronosticar con éxito el desempeño laboral. Es una herramienta ideal para fortalecer la selección de empleados, el desarrollo de liderazgo, la planificación de sucesiones y los procesos de gestión de talento. Fue el primer inventario de prueba de personalidad basado en el modelo de los Cinco Grandes y desarrollado específicamente para la comunidad empresarial. Es una evaluación psicométrica de alta calidad de las características necesarias de la personalidad para lograr el éxito en las carreras, en las relaciones, en la educación y en la vida.
<b>FFPI (Hendriks, Hofstee, &amp; Raad, 1999)</b>	<i>Five-Factor Personality Inventory</i> . Evalúa los cinco factores principales de la personalidad, tanto para autoevaluaciones como para evaluaciones de los demás. Consiste en 100 declaraciones breves y concretas y puede complementarse de 10 a 15 minutos. Además de los puntajes de los cinco factores, el FFPI puede usarse para evaluar 40 puntajes de facetas bipolares que surgen como mezcla de los Cinco Grandes, con el propósito de obtener información más específica sobre los individuos.

## 2.2. El Trabajo y el Aprendizaje Colaborativo

### 2.2.1. Algunas conceptualizaciones

El trabajo colaborativo, en un contexto educativo, constituye un modelo de aprendizaje interactivo, que invita a los estudiantes a construir juntos, lo cual demanda conjugar esfuerzos, talentos y competencias, mediante una serie de transacciones que les permitan lograr las metas establecidas consensuadamente. Más que una técnica, el trabajo colaborativo es considerado una filosofía de interacción y una forma personal de trabajo, que implica el manejo de aspectos tales como el respeto a las contribuciones individuales de los miembros del grupo (Maldonado, 2007).

En la Tabla 2.2 se presentan algunas de las conceptualizaciones sobre trabajo colaborativo que se encuentran en la literatura especializada, con el propósito de apreciar sus aspectos constitutivos; entre los que más se destacan están la *autoridad*, la *negociación* y los procesos de diálogo que se dan al interior del grupo, la *reciprocidad*, la *responsabilidad* y las *relaciones sociales*.

Tabla 2.2. Conceptualizaciones de Trabajo Colaborativo.

AUTORES	CONCEPTUALIZACIONES
<b>(Guitert &amp; Giménez, 1997)</b>	Proceso en el que cada individuo aprende más de lo que aprendería por sí solo, fruto de la interacción de los integrantes del equipo. El trabajo colaborativo se da cuando existe una <i>reciprocidad</i> entre un conjunto de individuos que saben diferenciar y contrastar sus puntos de vista de tal manera que llegan a generar un proceso de construcción de conocimiento.
<b>(Panitz &amp; Panitz, 2014)</b>	Proceso de interacción cuya premisa básica es la construcción de consenso. Se comparte la <i>autoridad</i> y entre todos se acepta la <i>responsabilidad</i> de las acciones del grupo.
<b>(Gros, 2000)</b>	Proceso en el que las partes se comprometen a aprender algo juntas. Lo que debe ser aprendido solo puede conseguirse si el trabajo del grupo es realizado en colaboración. Es el grupo el que decide cómo realizar la tarea, qué procedimientos adoptar, y cómo dividir el trabajo o tareas a realizar. La <i>comunicación</i> y la <i>negociación</i> son claves en este proceso.
<b>(Salinas, 2000)</b>	Considera fundamental el análisis de la interacción profesor-estudiante y estudiante-estudiante, por cuanto el trabajo busca el logro de metas de tipo académico y también la mejora de las propias <i>relaciones sociales</i> .
<b>(Lucero, 2003)</b>	Conjunto de métodos de instrucción y entrenamiento apoyados con estrategias para propiciar el desarrollo de habilidades mixtas (aprendizaje y desarrollo personal y social), donde cada miembro del grupo es <i>responsable</i> tanto de su aprendizaje como del de los demás miembros del grupo.

Para (Echazarreta, Prados, Poch, & Soler, 2009), el trabajo colaborativo posee una serie de características que lo diferencian del trabajo en grupo y de otras modalidades de organización grupal. Algunas de ellas son las siguientes:

- Se encuentra basado en una fuerte relación de interdependencia entre los diferentes miembros del grupo, de manera que el alcance final de las metas concierna a todos sus miembros.
- Hay una clara responsabilidad individual de cada miembro del grupo para el alcance de la meta final.
- La formación de los grupos en el trabajo colaborativo es heterogénea en habilidades y características de los miembros; en el trabajo tradicional de grupos, estas son más homogéneas.
- Todos los miembros tienen su parte de responsabilidad para la ejecución de las acciones en el grupo.
- La responsabilidad de cada miembro del grupo es compartida.
- Se persigue el logro de objetivos a través de la realización (individual y conjunta) de tareas.
- Existe una interdependencia positiva entre los sujetos.



- El trabajo colaborativo exige de los participantes habilidades comunicativas, relaciones simétricas y recíprocas, así como un deseo de compartir la resolución de las tareas.

Según (Chaljub, 2015), para poder entender el concepto de Trabajo Colaborativo como metodología, es preciso detenerse en el encuadre teórico que sustenta este modelo de enseñanza. Si se parte de la idea de que un proceso pedagógico está impregnado de habilidades sociales y que la comunicación es inherente en todo grupo humano, la construcción colectiva de los aprendizajes a través del diálogo se mantiene presente a través de los tiempos. Trabajar en el aula, para fines comunes, utilizando las estrategias adecuadas, hace que los estudiantes vayan desarrollando estrategias interpersonales y altos niveles de pensamiento para un profundo conocimiento del contenido.

De lo anterior, surge el constructo de *Aprendizaje Colaborativo*. Éste se sustenta en enfoques cognitivistas. Si se parte de una enseñanza centrada en el estudiante, como promueve el constructivismo, se tiene cuenta lo que pasa al interior de cada aprendiz, pero también la forma conjunta y social de promover los aprendizajes nuevos y engancharlos con los que ya existen para crear una estructura de pensamiento cada vez más pertinente con los procesos de enseñanza y aprendizaje. No solo importa el producto; son importantes también los procedimientos y rutas para la consecución de nuevos saberes. De ahí la referencia al constructivismo social como el eje central de este enfoque. Sin embargo, cabe destacar que no se trata solamente de un enfoque centrado en el estudiante. De acuerdo con (Echazarreta et al., 2009), se requiere reforzar y entender la necesidad de *“desplazar la responsabilidad de los aprendizajes a los propios estudiantes que necesariamente pasa a convertirlos en sujetos activos de la construcción y gestión de su propio conocimiento”*. Es, ir estimulando la autogestión de los conocimientos y el control de los aprendizajes en manos de los mismos estudiantes.

El aprendizaje colaborativo según (David. W. Johnson, Johnson, & Johnson, 1999), es un sistema de interacciones cuidadosamente diseñado que organiza e induce la influencia recíproca entre los integrantes de un equipo. Se desarrolla a través de un proceso gradual en el que cada miembro y todos se sienten mutuamente comprometidos con el aprendizaje de los demás generando una interdependencia

positiva que no implique competencia. El aprendizaje colaborativo se adquiere a través del empleo de métodos de trabajo grupal caracterizado por la interacción y el aporte de todos en la construcción del conocimiento. En el aprendizaje colaborativo el trabajo grupal apunta a compartir la autoridad, a aceptar la responsabilidad y el punto de vista del otro, y a construir consenso con los demás.

*“El Aprendizaje Colaborativo es un resultado del Trabajo Colaborativo”* (Chaljub, 2015). Como se ha venido exponiendo en las líneas anteriores, este último es una técnica que se centra en el razonamiento para el pensamiento divergente o pensamiento de la creatividad, a través de actividades de aprendizaje basadas en el principio de la socialización didáctica y la interdependencia positiva entre los aprendices. Esa interdependencia es el corazón de las actividades colaborativas que definen la colaboración y transforman el trabajo grupal en trabajo en equipo. Para lograr una interdependencia positiva entre los estudiantes, organizarlos en grupos y decirles que trabajen juntos puede no ser suficiente (César A. Collazos, Guerrero, Pino, & Ochoa, 2003).

### **2.2.2. Objetivos del aprendizaje colaborativo**

Hsu determina que el objetivo del aprendizaje colaborativo es inducir a los participantes a la construcción de conocimiento mediante exploración, discusión, negociación y debate (Hsu, 2002).

Por su parte, (Escribano González, 1995) establece que los objetivos que persigue el aprendizaje colaborativo se centran en el desarrollo de estrategias de comprensión y explicación, de preguntas y respuestas. La discusión y el debate sirven, en primer lugar, para desarrollar las habilidades de comunicación con otros y la utilización precisa del lenguaje. En segundo lugar, genera el desarrollo de competencias intelectuales y profesionales, como, por ejemplo: analizar, razonar, pensar críticamente, sintetizar, y diseñar, entre otras. Y, por último, el aprendizaje colaborativo también promueve el crecimiento personal de los estudiantes, que incluye el desarrollo de estrategias de comunicación y pensamiento, el desarrollo de la autoestima, dirige el propio aprendizaje, el estudiante aprende a trabajar con otros y a conocerse a sí mismo y a los demás (Lavigne, Ovando, Sandoval, & Salas, 2012).

En este modelo de colaboración, los profesores “invitan” a sus estudiantes a definir los objetivos específicos dentro de la temática que se está trabajando, brindando opciones para actividades y tareas que logren atraer la atención de los estudiantes, animándolos a evaluar lo que han aprendido (Cesar Alberto Collazos, Guerrero, & Vergara, 2001).

### 2.2.3. Beneficios del aprendizaje colaborativo

Los beneficios del aprendizaje colaborativo están ampliamente documentados en la literatura del ámbito. (Roberts, 2005) agrupa los principales efectos que el aprendizaje colaborativo puede aportar a los estudiantes de la siguiente manera:

- **Académicos**, puesto que enfatiza en la participación y construcción activa de conocimiento, promoviendo habilidades de alto orden de pensamiento e incrementando los resultados de la clase.
- **Sociales**, teniendo en cuenta que fomenta la creación de una atmósfera positiva para el aprendizaje a la vez que permite desarrollar un sistema de apoyo social para los estudiantes, fomentando la comprensión y enseñanza entre ellos.
- **Psicológicos**, ya que desarrolla actitudes positivas hacia los profesores y puede incrementar la autoestima de los estudiantes.

### 2.2.4. Elementos del aprendizaje colaborativo

Términos tales como pasivo, memorización, individual y competitivo, son elementos que no están asociados con el aprendizaje colaborativo (David W. Johnson & Johnson, 1997). Por el contrario, los elementos que siempre están presentes en este tipo de aprendizaje son:

- **Cooperación**. Los estudiantes se apoyan mutuamente para cumplir con un doble objetivo: lograr ser expertos en el conocimiento del contenido, además de desarrollar habilidades de trabajo en equipo. Los estudiantes comparten metas, recursos, logros y entendimiento del rol de cada uno. Un estudiante no puede tener éxito a menos que todos en el equipo lo tengan.
- **Responsabilidad**. Los estudiantes son responsables de manera individual de la parte de la tarea que les corresponde. Al mismo tiempo, todos en el equipo deben comprender todas las tareas que les corresponden a los demás compañeros.

- **Comunicación.** Los miembros del equipo intercambian información importante y materiales, se ayudan mutuamente de forma eficiente y efectiva, ofrecen retroalimentación para mejorar su desempeño en el futuro y analizan las conclusiones y reflexiones de cada uno para lograr pensamientos y resultados de mayor calidad.
- **Trabajo en equipo.** Los estudiantes aprenden a resolver juntos los problemas, desarrollando las habilidades de liderazgo, comunicación, confianza, toma de decisiones y solución de conflictos.
- **Autoevaluación.** Los equipos deben evaluar cuáles acciones han sido útiles y cuáles no. Los miembros de los equipos establecen las metas, evalúan periódicamente sus actividades e identifican los cambios que deben realizarse para mejorar su trabajo en el futuro.

### 2.2.5. Técnicas de aprendizaje colaborativo

Para incorporar en el aula el trabajo colaborativo como una estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje, y, que como se mencionó anteriormente, redunde en un aprendizaje colaborativo, se hace necesaria la utilización de técnicas que lleven a la práctica la estrategia.

Las Técnicas de Aprendizaje Colaborativo – TAC más comunes y las que vayan surgiendo de la experiencia educativa, según (Barkley, Cross, & Major, 2007), pueden organizarse en categorías que comparten aspectos fundamentales, a pesar de que las líneas divisorias no son precisas. Esta organización se muestra en la Tabla 2.3.

Es importante destacar que cada TAC representa un propósito o un enfoque particular. Sin embargo, no son competencia entre sí o mutuamente excluyentes, por el contrario, son complementarias. De hecho, en la práctica, una estrategia didáctica basada en trabajo colaborativo se puede componer de enfoques y recursos de varias TAC.

Tabla 2.3. Categorías de TAC.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CASOS TIPO
<b>Diálogo</b>	La interacción y los intercambios de los estudiantes se consiguen principalmente mediante la palabra hablada.	Piensa, forma una pareja y comenta; Rueda de ideas; Grupos de conversación; Para hablar, paga ficha; Entrevista en tres pasos; Debates críticos.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	CASOS TIPO
<b>Enseñanza recíproca entre compañeros</b>	Los estudiantes se enseñan mutuamente con decisión a dominar temáticas y a desarrollar competencias relacionadas con ellas.	Toma de apuntes por parejas; Celdas de aprendizaje; La pecera; Juego de rol; Rompecabezas; Equipos de exámenes.
<b>Resolución de problemas</b>	Los estudiantes se centran en practicar estrategias de resolución de problemas.	Resolución de problemas por parejas pensando en voz alta; Pasa el problema; Estudio de casos; Resolución estructurada de problemas; Equipos de análisis; Investigación en grupo.
<b>Organizadores de información gráfica</b>	Los grupos utilizan medios visuales para organizar y mostrar información.	Agrupamiento por afinidad; Tabla de grupo; Matriz de equipo; Cadenas secuenciales; Redes de palabras.
<b>Redacción</b>	Los estudiantes escriben para aprender contenidos y competencias importantes.	Diarios para el diálogo; Mesa redonda; Ensayos diádicos; Corrección por el compañero; Escritura colaborativa; Antologías de equipo; Seminario sobre una ponencia.

## 2.3. Conformación de Grupos

Fuera del ámbito académico, los grupos constituyen una estructura social básica. Se forman y reforman de muy distintas maneras para muy diversos fines: las personas se reúnen en situaciones sociales, se coordinan para realizar tareas relacionadas con el trabajo o constituyen comisiones a causa de unos intereses cívicos comunes. Aunque, en los ámbitos académicos también se forman grupos con facilidad y con fines muy diversos, la constitución de grupos en el aula puede ser un proceso complicado y poco natural. Sin embargo, para que el aprendizaje colaborativo tenga éxito, es importante constituir grupos eficaces. En esta sección se presentan algunos elementos clave acerca de cuatro aspectos a tener en cuenta en la conformación de grupos: los tipos de grupos, el tamaño de los grupos, los miembros de los grupos y algunas técnicas empleadas para tal fin.

### 2.3.1. Tipos de grupos

El tipo de grupo para el aprendizaje colaborativo varía según el objetivo, la actividad y la cantidad de tiempo de trabajo conjunto de los estudiantes. Los grupos pueden ser formales, informales o básicos (D W Johnson, Johnson, & Smith, 1991). El tipo de grupo que se decida utilizar informal, formal o básico, depende de la tarea y del tiempo que lleve su realización.

Los **grupos informales** se constituyen rápida y aleatoriamente, con el objetivo de que sus miembros trabajen juntos durante un breve período de tiempo. Se crean para responder a una pregunta, suscitar ideas o participar en alguna otra tentativa que sirva de paréntesis dentro de una actividad de clase más larga. Estos grupos pueden crearse con frecuencia y tener nuevos miembros en cada clase.

Los **grupos formales** se constituyen con el fin de alcanzar un objetivo más complejo, como redactar un informe o elaborar una presentación. Estos grupos trabajan como tales hasta finalizar la tarea, lo que, en general, supone varias clases o incluso varias semanas.

Los **grupos básicos** permanecen durante un trimestre o incluso durante todo un período académico. Los grupos básicos pretenden formar una comunidad de aprendices que trabajen en distintas tareas. A causa de la larga duración de estos grupos, su finalidad consiste en conseguir un objetivo general del curso y en ofrecer apoyo y estímulo a sus miembros (D W Johnson et al., 1991).

### 2.3.2. Tamaño de los grupos

Para que el trabajo colaborativo sea eficaz, el tamaño del grupo suele estar entre 2 y 6 personas, aunque su número pueda venir influenciado por una serie de factores y preferencias. (Bean, 2011) aporta un argumento convincente para fijar en 5 el tamaño más eficaz para los grupos de clase formales e informales; señala que 6 trabajarán casi igual de bien, pero, en grupos más amplios, la experiencia se diluye; los grupos de 4 tienden a dividirse en parejas, y los grupos de 3 suelen dividirse en una pareja y otro miembro no integrado. Por supuesto, muchas veces, las parejas trabajan mejor, sobre todo en intercambios rápidos, como en la interrupción de una lección magistral, en la que es deseable que el paréntesis sea mínimo. Bean indica que los grupos básicos trabajan bien cuando son más reducidos: 3 parece el número óptimo. Por su parte (Smith, 1996) prefiere que los grupos sean pequeños (2 o 3), sobre todo al principio, con el fin de maximizar la participación. Los grupos más pequeños también pueden programar las reuniones con más facilidad. Asimismo, su tamaño puede estar influenciado por las instalaciones.

El tamaño depende, por tanto, del tipo de grupo, de la naturaleza del trabajo, de la duración de la tarea, y, hasta cierto punto, del medio físico. En general, los defensores del aprendizaje colaborativo aconsejan que el grupo sea lo bastante pequeño para que los estudiantes puedan participar plenamente y fomentar su mutua confianza, pero, al mismo tiempo, lo bastante amplio para que haya suficiente diversidad y los recursos necesarios para realizar la tarea de aprendizaje.

### **2.3.3. Miembros de los grupos**

Hay muchas formas de constituir grupos; sus miembros pueden ser asignados al azar, seleccionados por los estudiantes o determinados por el profesor; la pertenencia al grupo puede basarse en intereses, en habilidades, en actitudes o en un conjunto de otras características, y pueden ser heterogéneos u homogéneos. En líneas generales, la investigación respalda el agrupamiento heterogéneo porque, al tener que trabajar con estudiantes diferentes, las personas están en contacto con otras que tienen ideas, antecedentes y experiencias diversas. Este es un importante valor educativo del aprendizaje colaborativo. Hay también algunas pruebas de que los grupos no homogéneos son más productivos y se adaptan mejor a tareas multidimensionales (Aronson, Blaney, Stephin, Sikes, & Snapp, 1978; Cranton, 1996; D W Johnson et al., 1991; Sharan & Sharan, 1992).

No obstante, los grupos heterogéneos presentan algunas desventajas. Los estudiantes pueden sentirse incómodos ante la diversidad de opiniones y las posibles tensiones que se deriven de los desacuerdos. La distribución de estudiantes de minorías o de estudiantes de sexo femenino entre distintos grupos con el fin de lograr la heterogeneidad puede acabar aislándolos o aislándolas, con la posibilidad de quedar en la situación de ser la única representación de su grupo. Esto puede ir en detrimento de su éxito académico, porque pueden quedar al margen, desempeñando roles estereotípicos, sin que se les permita desarrollarse (Felder, Felder, Mauney, Hamrin, & Dietz, 1995; Rosser, 1997; Sandler, Sivlerberg, & Hall, 1996). Por último, cuando el rendimiento académico se utiliza para crear un grupo heterogéneo, es posible que los estudiantes con peores resultados tengan insuficientes oportunidades de demostrar su liderazgo (si domina un estudiante con mejores resultados) o que los de mayor rendimiento no tengan suficiente contacto entre ellos (desapareciendo sus estímulos académicos).

El agrupamiento homogéneo presenta ciertas ventajas para algunos tipos de actividades de aprendizaje. Por ejemplo, los estudiantes que comparten características comunes pueden sentirse lo bastante cómodos para hablar o examinar cuestiones muy delicadas o personales (Brookfield & Preskill, 1999). Los grupos homogéneos también pueden dominar con más eficacia las tareas muy estructuradas de construcción de competencias, dado que los estudiantes pueden comunicarse entre sí partiendo de un nivel similar de conocimientos. Los grupos homogéneos pueden ser muy útiles para el aprendizaje del lenguaje o para el dominio de otros contenidos específicos en los que sea importante el refuerzo del grupo de semejantes conocimientos o competencias (Cooper et al., 1990; David W. Johnson & Johnson, 1984). Además, los estudiantes suelen preferir trabajar con compañeros semejantes a ellos, por lo que la satisfacción con el aprendizaje colaborativo aumenta a menudo cuando los grupos son homogéneos. La mayor desventaja de estos grupos es que los estudiantes no experimentan las ricas interacciones e intercambios que pueden producirse cuando se trabaja en un grupo de compañeros diferentes.

La forma de constituirse los grupos depende de los objetivos del curso y de las tareas de aprendizaje que se propongan. A falta de una base clara para distribuir a los estudiantes en los grupos, los profesores pueden optar por una distribución aleatoria o por combinar de distintas maneras los grupos, de manera que unas veces sean homogéneos y otras heterogéneos.

### **Selección de los miembros de los grupos**

Básicamente, hay tres métodos de distribución de los estudiantes entre los distintos grupos: selección aleatoria, selección determinada por los estudiantes y selección determinada por el profesor.

**Selección aleatoria:** Los profesores pueden formar grupos de manera rápida y eficaz mediante diversas técnicas de selección aleatoria. Con el fin de dar variedad, la selección aleatoria es ideal para la mayoría de los grupos informales organizados para tareas a corto plazo y también es útil para romper los grupos formales de mayor duración o los grupos básicos. Los estudiantes consideran que este procedimiento de reparto es "justo" y, aunque la selección aleatoria no garantiza la heterogeneidad, si se utiliza con frecuencia, ofrece a los estudiantes la oportunidad de trabajar con todos



o con la mayoría de sus compañeros. Varias técnicas pueden ayudar a constituir grupos aleatoriamente (McKeachie, 1994; Millis & Cottell, 1998; Silberman, 1996). Algunas de estas se describen brevemente a continuación:

- **Selección libre:** Se pasa entre los estudiantes y se forma grupos sobre la marcha, señalando y diciendo: "ustedes cinco son un grupo", "ustedes cuatro son otro grupo" y así sucesivamente. Si se señala a estudiantes que estén sentados al lado unos de otros, este método tiende a formar grupos homogéneos.
- **Par-impar:** Se recorre los pasillos del aula, nombrando cada fila: "impar", "par", "impar", "par". Después, se pide a los estudiantes de cada fila impar que se den la vuelta para hablar con los de la siguiente fila par, formando así grupos de entre cuatro y seis.
- **Recuento:** Se pide a los estudiantes que se enumeren. El primer estudiante empieza diciendo "uno", el segundo, "dos" y así sucesivamente hasta el número de grupos que se quiera formar, comenzando de nuevo el ciclo. Todos los "uno" formarán un grupo, todos los "dos", otro, etcétera. Este método tiende a romper los grupos de estudiantes que se sientan juntos.
- **Papeletas numeradas:** Se distribuye números escritos en papeletas o se pide a los estudiantes que saquen un número de una bolsa o de otro recipiente. Este sistema es adecuado para clases numerosas en las que el número de estudiantes puede crear confusión con el procedimiento de recuento.
- **Cartas:** Se proporciona una carta a cada estudiante, distribuyendo cuatro cartas de cada palo (por ejemplo, cuatro ases, cuatro reyes, cuatro reinas). Los estudiantes buscan a los compañeros que tengan cartas del mismo valor que la suya para formar grupos de cuatro. Si se quiere formar grupos de cinco, se añade cartas de otra baraja. Si la clase no se divide de forma exacta, los estudiantes que forman el resto reciben un comodín y pueden escoger el grupo al que adscribirse, pero no se adscribirá al mismo grupo más de un estudiante con comodín.
- **Cartas creadas por uno mismo:** Se crean cartas propias. Se escribe en cada carta: A-1 (grupo A, miembro 1), A-2, B-1, B-2, etcétera, o se utiliza distintos nombres de equipos que tengan relación con la disciplina, puntos de colores o etiquetas decorativas para identificar los equipos.
- **Forme y divida:** Se indica a los estudiantes que se formen por orden de fecha de nacimiento (o alfabético de apellido o nombre, por altura o cualquier otra

ordenación). Se va rompiendo la fila para formar grupos con el número de estudiantes necesario.

- **Unir fichas del rompecabezas:** Se toman diversas fotos o imágenes, se recortan formando fichas y se pide a los estudiantes que busquen a los compañeros que tengan aquellas que coincidan con la suya. Este procedimiento es adecuado en cursos en los que sea importante la parte visual.
- **Concordancia de textos:** Se utiliza un verso de un poema o una línea de otro texto y se pide a los estudiantes que busquen a compañeros que tengan líneas del mismo poema o texto. Este procedimiento resulta especialmente adecuado en cursos en los que es importante el reconocimiento de lengua, literatura o pasajes textuales.

**Selección determinada por los estudiantes:** El hecho de permitir que los estudiantes escojan a sus compañeros o miembros del grupo puede ser una técnica rápida y eficiente de formación de grupos. Los estudiantes se sentirán más cómodos y estarán más motivados para trabajar juntos si se les permite escoger a los miembros de su grupo (Brookfield & Preskill, 1999). Sin embargo, la elección de los estudiantes tiende a crear grupos basados en amistades, haciendo que algunos se sientan desplazados, con el riesgo de verse apartados de la tarea. La elección de los estudiantes tiende también a reforzar la homogeneidad y puede impedir que se enfrenten a una rica diversidad de ideas, valores y perspectivas (Feichtner & Davis, 1984). A menos que haya una razón específica para dejar que los estudiantes escojan a los miembros de sus grupos, probablemente sea mejor asignarlos a los distintos grupos. A continuación, se presentan algunas técnicas en las que los estudiantes seleccionan a los miembros de su grupo.

- **Selección libre:** Se pide a los estudiantes que formen grupos con unas mínimas instrucciones. Se puede fijar el número aproximado de estudiantes que puedan trabajar en cada grupo. El proceso debe asegurar que todos tengan cabida en un grupo.
- **Elección del líder del grupo:** Se nombra a los líderes de los estudiantes y se les pide después que seleccionen a los miembros de sus grupos. Se puede considerar la posibilidad de darles unos criterios, como pedirles que escojan a estudiantes que tengan las competencias que más complementen las suyas propias, a quienes aseguren la máxima diversidad o a aquellos con quienes los líderes de equipos no hayan trabajado antes.

- **Contratar al equipo:** Se establece un método de contratación del equipo (Millis & Cottell, 1998). Se señala a los estudiantes que actuarán como "empresarios". Estos estudiantes tendrán la responsabilidad de identificar las características que más contribuyan al éxito de su equipo. Dependiendo de la tarea, estas cualidades pueden incluir conocimientos, una competencia específica de trabajo en grupo (como las competencias de facilitación, investigación o presentación) o determinadas características demográficas. Otros estudiantes prepararán sus historiales que recogerán sus cualificaciones en relación con aquellas características. Los líderes de los equipos recibirán idénticas cantidades de "dinero" y un presupuesto de contrataciones para pujar por los miembros que deseen. Tras tabular las ofertas, el profesor forma los equipos.

**Selección determinada por el profesor:** Frecuentemente para la conformación de grupos formales o básicos, son los profesores quienes determinan su composición. La organización puede basarse en los intereses o en las características de los estudiantes. El agrupamiento por intereses es útil para motivar a los estudiantes y para asignarles roles basados en un punto de vista determinado. Los inconvenientes del agrupamiento por intereses son que se puede reforzar la homogeneidad y es posible que los estudiantes no estén a gusto teniendo que manifestar públicamente sus puntos de vista sobre ciertos temas.

La selección de los miembros de los grupos en virtud de las características de los estudiantes se conoce como *estratificación*. En los grupos estratificados, los profesores organizan las características de los estudiantes (como las demográficas o el nivel de rendimiento académico) en "estratos" similares, utilizando después esta información para crear los grupos. Aunque este enfoque suele utilizarse para formar grupos heterogéneos (con grupos formados escogiendo a personas de distintos estratos), los mismos datos pueden usarse para crear grupos homogéneos. Las siguientes técnicas son útiles para conformar grupos por intereses o características (Cooper et al., 1990; Feichtner & Davis, 1984; Krupp, 1995; Millis & Cottell, 1998; Silberman, 1996).

- **Levanten las manos:** Se pide a los estudiantes que levanten la mano para responder a una serie de preguntas y se designa los grupos basándose en sus respuestas.

- **Inscripción de los estudiantes:** Se escogen temas para que los trabajen los estudiantes, se los escribe en una hoja de inscripción o en carteles distribuidos por el aula, y se pide a los estudiantes que se apunten en el que sea de su preferencia. Se puede determinar la cantidad de miembros para cada tema y seleccionarlos de acuerdo con el orden de inscripción, o no poner ninguna limitación y organizar los grupos después de que todos hayan indicado sus preferencias.
- **Escala Likert de valoración de un único enunciado:** Se prepara una frase que recoja un tema importante o discutido de la disciplina sobre el que varíen las actitudes y opiniones. Se pide a los estudiantes que seleccionen el número que mejor describa su opinión (desde 1 = completamente de acuerdo, hasta 5 = completamente en desacuerdo). Se forma grupos basados en los números escogidos. Si se desean grupos homogéneos, se pide a los estudiantes que formen grupos de cuatro con estudiantes que hayan seleccionado el mismo número. Si se desean grupos heterogéneos, se les pide que formen grupos de manera que haya un 1, un 2, un 3 y un 4 en cada grupo.
- **Rincones:** Se asigna un tipo de característica o "interés" específico a cada uno de los rincones del aula. Por ejemplo, los rincones pueden representar conjuntos de cursos principales o respuestas a una pregunta de opción múltiple como: "El mayor valor de la vida universitaria proviene de: a) las materias académicas estudiadas; b) las competencias sociales adquiridas; c) las redes formadas con compañeros y profesores; d) la oportunidad de interactuar con personas de distintas procedencias, culturas y puntos de vista" (Millis & Cottell, 1998). Si se buscan grupos homogéneos, se asigna al mismo grupo los estudiantes de cada rincón; si se buscan grupos heterogéneos, se destina a un mismo grupo un estudiante de cada rincón.
- **Ensayo:** Se pide a los estudiantes que redacten un ensayo sobre una declaración o cuestión en discusión, y se forman grupos basados en el análisis cualitativo de sus comentarios.
- **Hoja de datos:** Se elabora una hoja de datos, que pueda distribuirse con el grupo de trabajo, que sirva para poner de manifiesto características demográficas, competencias o información académica, como dominio de la tecnología, curso principal, número de cursos escogidos correspondientes al curso principal, experiencia laboral, etcétera. Se utiliza esta información para constituir grupos homogéneos o heterogéneos. Se considera la posibilidad de pedir el número de teléfono, la dirección de correo electrónico, la disponibilidad horaria, etcétera, para dar a los grupos aquellos datos que faciliten la comunicación. Se pide a los

estudiantes que indiquen si aceptan que esta información quede a disposición de otros estudiantes.

- **Puntuaciones obtenidas en una prueba basada en el curso:** Se utilizan las puntuaciones obtenidas en un pre-test o en una prueba reciente para formar grupos basados en los niveles de conocimientos.
- **Estilo de aprendizaje.** Se selecciona un inventario de personalidad o de estilo de aprendizaje (como el indicador de tipo Meyers-Briggs<sup>3</sup> o el Firo-B<sup>4</sup>) y se forman grupos de acuerdo con los perfiles de estilo de aprendizaje.
- **Productos relacionados con el curso:** Se forman grupos basados en una muestra de trabajo relacionada con la disciplina, como una redacción o una pintura.
- **Clasificación de rendimiento universitario:** Si la información es pública, se pueden utilizar calificaciones precedentes, exámenes estandarizados o exámenes de ingreso para clasificar a los estudiantes y formar grupos basados en el rendimiento académico demostrado. La elección del método de selección puede variarse en el desarrollo del curso, dependiendo de la actividad de aprendizaje. Por ejemplo, las técnicas de selección aleatoria son las mejores para la rápida constitución de grupos informales, mientras que las determinadas por el profesor son preferibles para la constitución de grupos formales y básicos. También pueden combinarse distintas técnicas de selección, como permitir que los estudiantes nombren a tres compañeros con quienes les gustaría trabajar, tratando después de asignar a uno de los nombrados al equipo del estudiante que lo haya pedido.

### Cambiar a los miembros del grupo

A menudo surge la pregunta sobre la conveniencia de cambiar con frecuencia la composición de los grupos (para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar con más personas) o hacerlo en raras ocasiones (para ofrecer a los grupos la oportunidad de establecer unas relaciones de trabajo fuertes). Los profesores con más experiencia

---

<sup>3</sup> El Indicador de Myers-Briggs (*Myers-Briggs Type Indicator - MBTI*) es un test de personalidad diseñado para ayudar a una persona a identificar algunas de sus preferencias personales más importantes. Se utiliza en algunas instituciones de enseñanza superior para orientar las metodologías de enseñanza de acuerdo con los estilos de aprendizaje de los estudiantes (Carl Gustav Jung, 1971).

<sup>4</sup> Orientación Fundamental para las Relaciones Interpersonales (*Fundamental Interpersonal Relations Orientation - FIRO*), es un test indicador de las compatibilidades en las relaciones interpersonales, desarrollado por Willian Schutz. Habiendo investigado sobre el comportamiento de las personas en grupo e interesado por mejorar el trabajo de los equipos en las organizaciones, estableció una teoría, según la cual las interacciones humanas se explicarían en función de tres dimensiones: Inclusión, Control y Afecto.

que utilizan el trabajo en grupo son partidarios de mantenerlos intactos durante el máximo tiempo posible. Incluso cuando parece que los grupos se deterioran, como ocurre a veces. (Miller, Trimbur, & Wilkes, 1994) sostienen que los profesores deben confiar en que saldrán del trance. La intervención inmediata para modificar los grupos puede entorpecerlos, hacerles perder una experiencia ganada con esfuerzo y obligarlos a empezar otra vez desde el principio. Los grupos necesitan tiempo para madurar y algunas de las experiencias de aprendizaje más valiosas proceden de aprender a trabajar en medio de desacuerdos difíciles.

### Asignación de roles a los miembros del grupo

Muchos profesores optan por asignar roles específicos a los miembros de los grupos (o permitir que lo hagan los estudiantes). Un rol específico ofrece una finalidad concreta a la participación de cada estudiante en el grupo y garantiza que se aborden distintos aspectos de la tarea de aprendizaje. Estimula también la interdependencia entre los miembros de los grupos, contribuyendo así a mejorar los procesos grupales.

Los roles más habituales (como el de facilitador o el de secretario) comunican rápidamente la función esperada y pueden hacer que los grupos trabajen rápida y eficientemente. (Millis & Cottell, 1998) definen seis roles habituales, que se describen en la Tabla 2.4, que funcionan bien en los grupos de aprendizaje colaborativo, sobre todo de nivel universitario de pregrado.

Tabla 2.4. Seis roles habituales en los grupos.

ROL	DESCRIPCIÓN
<b>Facilitador</b>	Modera todos los diálogos del equipo, manteniendo en cada trabajo la atención del grupo centrada en la tarea y se ocupa de que todos lleven a cabo su parte del trabajo. Trata de garantizar que todos los miembros tengan oportunidad de aprender, de participar y de ganarse el respeto de los demás miembros del grupo.
<b>Secretario</b>	Registra todas las actividades encargadas al equipo. Toma notas que resumen los diálogos, mantienen al día todos los registros necesarios (incluyendo las hojas de datos, como las de asistencia y las verificaciones de los trabajos para casa) y complementan las hojas de trabajo o redactan los trabajos escritos para su entrega al profesor.
<b>Portavoz</b>	Actúa como tal en nombre del grupo y resume oralmente las actividades o conclusiones del grupo. Ayuda también al secretario en la preparación de informes y hojas de trabajo.
<b>Cronometrador</b>	Indica al grupo las limitaciones de tiempo, trabaja con el facilitador para mantener el grupo centrado en la tarea y puede también asumir el rol de cualquier miembro

ROL	DESCRIPCIÓN
	del grupo ausente. Es responsable de la organización y de garantizar que el área de trabajo del equipo quede en perfectas condiciones al acabar la sesión.
<b>Supervisor de carpetas</b>	Si el profesor ha creado carpetas de trabajo del grupo, el supervisor se encarga de la carpeta del equipo, distribuye todo el material que no sean hojas de datos y traslada todos los papeles, tareas o notas a los miembros del equipo. Garantiza que todos los materiales de clase relevantes estén en la carpeta al final de cada clase.
<b>Comodín</b>	Asume el rol de cualquier miembro ausente y ocupa su puesto siempre que sea necesario.

No hace falta asignar roles a todos los miembros del grupo para cada actividad. Para los grupos formales o básicos de larga duración, la rotación por los distintos roles ofrece la oportunidad de practicar diversas competencias sociales, de comunicación y de liderazgo a todos los estudiantes, evitando que una sola persona domine toda la situación.

(Millis & Cottell, 1998) se presentan a favor de la rotación de roles, señalando que, a menudo los estudiantes optan por tareas que se realizan con facilidad y evitan las que les suponen esfuerzo. La rotación de roles en un grupo, una práctica que se considera equitativa, permite que todos los estudiantes pasen por diversas tareas. Ofrecen sugerencias también para identificar los roles necesarios al tiempo que se constituyen los grupos:

- Utilizar el "*recuento*" para asignar roles. Si se utiliza el método del recuento para la formación de los grupos, puede asignarse el mismo rol a todos los "uno".
- *Cartas*. Si se utilizan las "cartas" de manera que el valor de cada una determine el grupo, el palo de la carta puede determinar el rol. El comodín puede actuar como tal.

#### 2.3.4. Técnicas de conformación de grupos

En lo relacionado con las técnicas de conformación de grupos, existen estudios o investigaciones desde dos ópticas: en primer lugar, estudios o investigaciones que tratan la temática de la conformación de grupos y sus técnicas en general; y, en segundo lugar, estudios o investigaciones que tratan específicamente la técnica de Algoritmos Genéticos y sus variantes como la empleada con mayor frecuencia.

## Desde la óptica general

La revisión de literatura hecha por (Cruz & Isotani, 2014) referente a la conformación de grupos en entornos de aprendizaje colaborativo, encontró que 44 de los 48 estudios seleccionados proponen o implementan un algoritmo no tradicional para apoyar la conformación de grupos, así:

- 18 estudios se basan en algoritmos probabilísticos: 8 en algoritmos genéticos, 3 en enjambre de partículas, 3 en algoritmos de escalada, 2 en colonia de hormigas, 1 en algoritmos meméticos y 1 en recocido simulado.
- 4 estudios se basan en una técnica de minería de datos conocida como *K-means*.
- 2 estudios se basan en sistemas multi-agente.
- 13 estudios se agrupan en una categoría *otros*, que emplean técnicas computacionales como web semántica, ontologías, redes bayesianas y técnicas de máquinas de aprendizaje, entre otras.
- 7 estudios no especifican la técnica empleada.

Estas cifras demuestran el gran interés de los investigadores en el uso la técnica de Algoritmos Genéticos como una solución a la conformación de grupos en entornos de aprendizaje colaborativo, dada su pertinencia al tratar con un gran número de variables y su posibilidad de generar rápidamente soluciones óptimas, es decir, grupos útiles.

La investigación sobre algoritmos adecuados para la conformación de grupos de aprendizaje ha dado lugar a numerosas propuestas. Específicamente, la mayoría de los estudios relacionados se centran en algoritmos de optimización como Algoritmos de Escalada, Colonia de Hormigas o Algoritmos Genéticos. Si bien este tipo de algoritmos tienden a realizar de forma más adecuada la conformación de grupos, ya sea homogéneos, heterogéneos o de tipo mixto (es decir, homogéneos para unos atributos y heterogéneos para otros), su complejidad computacional (polinomial) y de implementación los hacen potencialmente inadecuados para entornos basados en la Web. Con la baja complejidad como un parámetro, el trabajo de (Christodoulopoulos & Papanikolaou, 2007) plantea como alternativa la utilización de algoritmos pertenecientes a la familia de los *C-means*<sup>5</sup>. Compararon los dos más conocidos: K-

---

<sup>5</sup> C-means es una familia de algoritmos iterativos que hacen parte de las técnicas de agrupamiento no supervisado y tienen como objetivo encontrar patrones o grupos interesantes en un conjunto de datos



means y C-means Fuzzy, ambos presentan complejidad lineal y otras características que les hizo buenos candidatos para conformar agrupaciones homogéneas. Ambos algoritmos en su forma estándar fueron evaluados en un entorno simulado y se comprobó que ciertas características de la naturaleza "difusa" de C-means Fuzzy son prometedoras para la conformación de grupos en entornos de aprendizaje.

(Henry, 2013) ofrece una visión general del problema de conformación de grupos. Trata la complejidad del problema e informa sobre un conjunto de experimentos que proporcionan una descripción empírica de la topología de los datos, y posteriormente ilustra las deficiencias de los algoritmos existentes; específicamente menciona que éstos aportan espacios de solución muy dispersos, en donde para los algoritmos probabilísticos es poco probable encontrar una buena solución. Presenta como propuesta la aplicación de un algoritmo de fuerza bruta masiva en paralelo.

La disertación doctoral *Computer-Assisted Learner Group Formation Based on Personality Traits*, explora las posibilidades de desarrollar un modelo matemático suficientemente bueno como para tener en cuenta tanto los rasgos de comportamiento como de la personalidad en la conformación de grupos heterogéneos efectivos. Como resultado de investigaciones preliminares, se han identificado como aspectos críticos del estudio: la identificación de los atributos de la personalidad a ser considerados en la composición de grupos; la construcción y programación de un modelo matemático (basado en los atributos identificados) que apoye en la creación de grupos de forma automática; y, una máquina de aprendizaje (red bayesiana) basada en un modelo de predicción para determinar el nivel de rendimiento de los estudiantes que se asignan a los grupos (Bekele, 2006).

(Costaguta, Menini, Yanacon Atia, Missio, & Méndez, 2014) presentan un nuevo enfoque para realizar la conformación automática de grupos de estudiantes en entornos colaborativos, que considera sus estilos individuales de aprendizaje. Para ello aplican técnicas de minería de datos que permiten descubrir cuáles son las combinaciones de estilos de aprendizaje presentes en los estudiantes que manifiestan un buen rendimiento. El conocimiento descubierto es utilizado para proponer la

---

dado, de tal manera que tales patrones, estructuras o grupos encontrados sirvan para clasificación, diseño de estrategias, soporte de decisiones y organización de la información, entre otras (Rojas Diaz, Jerónimo; Chavarro Porras & Laverde, 2008).

conformación automática de nuevos grupos considerando las combinaciones de estilos de aprendizaje que propicien mejores resultados.

TEAM-MAKER es un sistema de agrupamiento asistido por computador propuesto por (Layton, 2010), en el que la búsqueda de un "mejor" conjunto de equipos se basa en el Algoritmo de Escalada, que encuentra el mejor de los máximos locales. La repetición de este algoritmo desde diversos puntos de partida hace que sea más probable que el máximo encontrado sea el global, pero eso no se puede asegurar.

### **Desde la óptica específica**

El algoritmo genético de agrupamiento GGA (del inglés Grouping Genetic Algorithm) es una clase de algoritmo evolutivo especialmente modificado para hacer frente a los problemas de conformación de grupos, es decir, problemas en los que una serie de elementos deben ser asignados a un conjunto de grupos predefinido. Dado que los algoritmos genéticos tradicionales presentan algunos inconvenientes cuando se aplican a este tipo de problemas (principalmente la codificación tradicional, que aumenta el tamaño del espacio de búsqueda), en los GGA la codificación y los operadores de cruce y mutación son modificados para obtener un algoritmo compacto con un buen desempeño en problemas de agrupamiento (Agustín-Blas, Salcedo-Sanz, Ortiz-García, Portilla-Figueras, & Pérez-Bellido, 2009). El objetivo principal es que los grupos queden conformados con altos factores de compatibilidad y equilibrio. El sentido de equilibrio en este caso es que la diferencia entre el más apto y el menos apto del grupo sea mínima (Illyés, 2007).

El trabajo presentado por (Deleón et al., 2009) pretende ser un aporte para los ambientes colaborativos de aprendizaje, dado que ataca uno de los puntos fundamentales y menos tratados: la conformación de grupos. La propuesta apunta a que los grupos obtenidos sean lo más homogéneos entre sí (que se asemejen en la medida de lo posible a las características generales del grupo total), pero que tengan en cuenta la heterogeneidad al interior de cada uno. Para lograr esto el modelo propuesto se compone de dos partes: primero, considera tres habilidades básicas de los estudiantes, inteligencia, comunicación y liderazgo, proponiendo test específicos para medirlos; segundo, emplea algoritmos genéticos definiendo una función objetivo

para cada individuo (un agrupamiento posible) considerando el agrupamiento como un problema de optimización multiobjetivo.

El problema de obtener grupos homogéneos (equitativos) a partir de un conjunto de elementos donde se tienen en cuenta no sólo uno sino varios atributos, es difícil de resolver por métodos analíticos o de búsqueda exhaustiva, debido a la explosión combinatoria que puede llegar a presentarse dependiendo del número de elementos y de grupos. Un método de búsqueda heurística, como los Algoritmos Genéticos, parece ser un buen candidato para solucionarlo. En la actualidad este método está siendo utilizado para la conformación de grupos de trabajo en entornos colaborativos, donde se busca que dichos grupos estén “bien repartidos” considerando varias habilidades de los estudiantes como rendimiento académico, aptitudes colaborativas y perfiles de trabajo, entre otras (Moreno, Rivera, & Ceballos, 2011).

(Hwang, Yin, Hwang, & Tsai, 2008) modelan la composición de grupos de aprendizaje que cumplan con varios criterios de agrupación para diversos fines de instrucción, como un problema MCGC (del inglés Multi-Criteria Group Composition). Para hacer frente al problema, proponen un algoritmo genético mejorado, adaptando las características del algoritmo genético tradicional a los escenarios de un problema MCGC. Los resultados experimentales muestran que este enfoque es capaz de componer de manera eficiente y efectiva grupos de aprendizaje cooperativo que se ajusten a los criterios de tutoría definidos por los tutores.

Los resultados del estudio de (Ani, Yasin, Husin, & Hamid, 2010), demuestran que los algoritmos genéticos son un buen método de optimización en la conformación de grupos. El método empleado es capaz de producir grupos equilibrados, con miembros que presentan niveles de conocimiento bueno, moderado y bajo, esperando que los estudiantes más “débiles” aprendan de los más “fuertes”. En un trabajo futuro proponen realizar un análisis sistemático de rendimientos tanto a nivel individual como grupal.

Por otra parte, (Mudaliar & Modi, 2011) presentan una forma innovadora de utilizar los algoritmos genéticos para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes mediante la conformación de grupos óptimos. El algoritmo produce buenos resultados para cromosomas de diferentes tamaños. Se evidencia en su aplicación una relación

directa entre el tiempo de ejecución del algoritmo y el número de estudiantes a agrupar: a mayor número de estudiantes, mayor es el tiempo requerido, y viceversa. Establecen una dualidad entre calidad de la solución versus tiempo de ejecución invertido.

Resultados experimentales han demostrado que emplear algoritmos genéticos con TOPSIS (del inglés *Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution*) en la conformación de grupos de aprendizaje colaborativo inter-homogéneos e intra-heterogéneos, considerando múltiples características en los estudiantes, es un método eficiente, efectivo y robusto. Es considerado un método adecuado para resolver problemas de agrupamiento multiobjetivo, que puede facilitar a los instructores el obtener un mejor resultado de agrupación en un tiempo de cálculo razonable, incluso para casos de gran escala (Tien, Lin, Chang, & Chu, 2015).

En su propuesta, (Devasenathipathi & Modi, 2012) emplearon algoritmos genéticos para resolver el problema de la conformación de grupos. Como variante, en este trabajo de investigación se compara la eficiencia de tres operadores de cruce: PMX (del inglés Partially Mixed Crossover), OX (del inglés Order Crossover) y ERX (del inglés Edge Recombination Crossover). Las técnicas utilizadas para la selección (selección por torneo) y para la mutación (mutación por desplazamiento) son las mismas para los tres. El resultado en la eficiencia de estos operadores de cruce hizo concluir a los autores que no existe mayor diferencia en el nivel de rendimiento de éstos en cuanto al problema de conformación de grupos de estudiantes se refiere.

Otro trabajo importante es DIANA (Wang, Lin, & Sun, 2007), presentado como un sistema de agrupamiento asistido por computador, que utiliza algoritmos genéticos. Su objetivo: crear grupos que exhiban diversidad interna y equilibrio externo con otros grupos. Los resultados indican que los grupos conformados con DIANA presentan un mejor desempeño que los grupos asignados al azar y además mostraron menor varianza de rendimiento entre ellos. DIANA puede ser particularmente útil para los profesores que están comenzando a entender las habilidades únicas de sus estudiantes o cuando quieren considerar factores más complejos para la composición de los grupos. DIANA también puede ser útil para los profesores de educación a distancia, que necesitan componer “grupos virtuales” sin los beneficios de los encuentros presenciales. Los gerentes de negocios pueden encontrar una herramienta como DIANA útil para formar grupos de empleados, a pesar de que tendrían que ser

muy específicos en el uso de variables psicológicas. Los autores sugieren como trabajos futuros explorar más técnicas de conformación de grupos que permitan motivar otros aspectos de la personalidad como la interdependencia positiva, la interacción significativa y la responsabilidad individual (Wang et al., 2007).

(Sukstrienwong, 2012) propone el que ha denominado Algoritmo Genético para Agrupación Heterogénea. El algoritmo tiene como objetivo lograr tanto la equidad en la formación de grupos como la maximización de las habilidades de los estudiantes al interior de los grupos. Los resultados experimentales indican que el enfoque propuesto puede asignar eficientemente y de forma óptima a los estudiantes. Como resultado del algoritmo, los estudiantes con bajo desempeño tienen poca oportunidad de estar juntos en el mismo grupo. Por otro lado, los buenos estudiantes serán asignados en grupos que marcan diferencia. Al hacer esto, todos los grupos conformados serían más equilibrados. En un trabajo posterior planea incorporar el Óptimo de Pareto para lograr más justicia y equidad en la conformación de los grupos.

## 2.4. Algoritmos Evolutivos

Los algoritmos evolutivos imitan procesos que suceden en la evolución natural de las especies. La idea general de este tipo de técnicas consiste en mantener durante un periodo definido de tiempo, una población de individuos sometida a una presión ambiental a través de una selección natural o una supervivencia del más apto con un incremento constante en la calidad de los individuos. Este proceso es repetitivo, por lo cual, al final del proceso de evolución, entre los sobrevivientes se encuentran aquellos con las mejores características o considerados más fuertes (Yao, 2003).

### 2.4.1. Principios y estructura general

Resulta destacable que un área con una importante demanda en la investigación actual se base en conceptos tan antiguos como la evolución de las especies, propuesta por Charles Darwin en su libro "*El origen de las especies*", donde se pueden identificar principios de selección natural y supervivencia del más apto como métricas de la evolución natural (Darwin, 2006). Algunos de estos principios son:

- Los individuos de las especies poseen gran fertilidad, por lo que producen descendencia con probabilidad de crecer hasta la adultez.
- Bajo la ausencia de influencias externas (como desastres naturales), el tamaño de la población de las especies tiende a permanecer constante.
- Sin la ocurrencia de influencias externas, las fuentes de alimento son limitadas pero estables a través del tiempo.
- Dado que los individuos cuentan con recursos limitados, se asegura una competencia por la supervivencia.
- En la reproducción de las especies, no existen individuos iguales.
- Algunas variaciones entre los individuos afectarán su aptitud y, por lo tanto, su capacidad de supervivencia.
- Una buena fracción de esas variaciones no es hereditaria.
- Los individuos con menor aptitud son menos propensos a reproducirse, mientras que lo más aptos tienen una mayor probabilidad de sobrevivir y producir descendientes.
- La descendencia de los sobrevivientes conservará rasgos de sus padres.

La computación evolutiva se basa en el neo-Darwinismo (D. B. Fogel, 2005), que al mismo tiempo tiene sus raíces en la teoría de Darwin, los conceptos de selección de Weissman (Baldwin, 1976; Jenkins, 1990) y de genética de Mendel (Baldwin, 1976). (D. B. Fogel, 1994) asegura que la historia de la vida (evolución) está determinada solo por unos cuantos procesos estadísticos que actúan sobre las especies. Los procesos son simples y se definen brevemente de la siguiente forma:

- **Reproducción:** Corresponde a una forma de crear nuevos individuos que tienen como origen la población actual. Se comprende de forma implícita que, en un momento dado, existen dos poblaciones, una población  $\mu$  y una población  $\mu'$ . El número de individuos en la población derivada puede ser mayor que la inicial.
- **Mutación:** Genera modificaciones muy pequeñas en la composición de los individuos de la población, logrando la diversificación de los mismos.
- **Competencia:** Es un mecanismo de comparación entre los individuos de la población, cuyo objetivo es medir la aptitud de un conjunto de ellos.
- **Selección:** Permite conocer los individuos mejor adaptados al ambiente, con el objetivo de mantenerlos o darles prioridad sobre los débiles. En la mayoría de las implementaciones los individuos más fuertes son los únicos que sobreviven.

- **Repetición:** Es un procedimiento usualmente implícito. Solo es necesario recordar que los cuatro subprocesos anteriores se repiten un determinado número de iteraciones.

La Figura 2.2 muestra la conjunción de los elementos presentados con un enfoque de implementación hacia la computación. Al principio es necesario crear una población inicial, la cual, mediante su representación computacional, tiene la capacidad de incluir todas las características encontradas en el contexto de la problemática a solucionar, y que después de pasar a través de los subprocesos en el desarrollo de la evolución, deriven una solución única, satisfactoria con respecto a sus limitantes de espacio de búsqueda y restricciones.

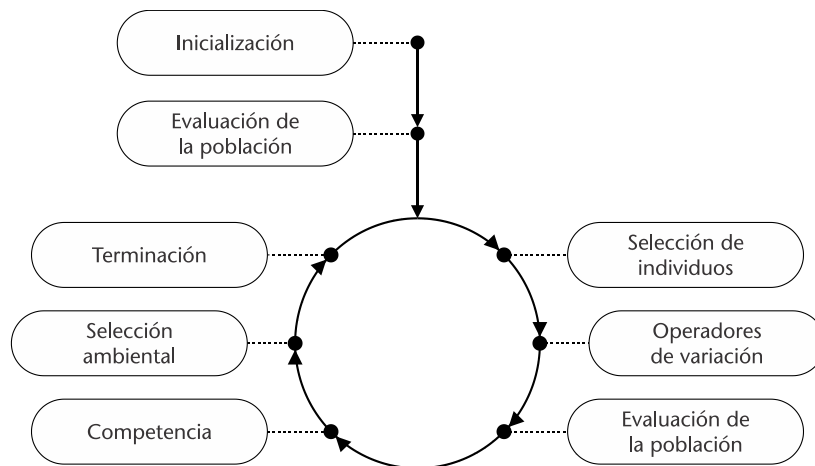


Figura 2.2. Estructura general del proceso evolutivo (D. E. Goldberg, 1989).

Una **población** dentro del contexto de cómputo evolutivo, representa el conjunto de soluciones del problema que se está tratando en ese momento. Se dice población puesto que cada solución representa un individuo, el cual va sufriendo cambios considerados como mejoras (evolución). Cada individuo evoluciona constantemente hasta el fin de las generaciones.

Se selecciona un subconjunto  $\mu'$  de la población general  $\mu$  para modificarlo con operadores de mutación. Los elementos compiten entre sí tomando en cuenta el porcentaje de calidad individual. El concepto "selección ambiental" se diferencia de "selección de individuos" en el sentido de que la primera puede elegir entre una

población formada por  $\mu \cap \mu'$ , mientras que la segunda solo selecciona los mejores entre los que son considerados padres (Bäck & Schwefel, 1993).

Los mejores individuos son seleccionados, quienes forman parte de la población de la siguiente generación, con lo que se considera completa una iteración, recordando que la evolución se puede ver de forma simple como un conjunto de repeticiones de esta secuencia de pasos. Es necesario identificar que cuando se cumple el criterio de parada, el mejor individuo en la población corresponde a la solución final. Si el criterio de parada no ha sido alcanzado, comienza una nueva iteración.

El **criterio de parada** dentro de un algoritmo evolutivo representa la condición que indica el momento en que la ejecución del algoritmo debe detenerse. Usualmente se define por un número determinado de iteraciones, por la obtención de un valor buscado o por la detección de la falta de modificación en este valor, entre otras.

Una **generación** dentro de un algoritmo evolutivo corresponde a una iteración del proceso de búsqueda, a su vez, una iteración se cumple cuando los componentes del proceso evolutivo se completan secuencialmente para un conjunto de individuos. La idea es que el proceso de evolución sea repetitivo.

En la Figura 2.2, la cual representa la estructura general de un proceso evolutivo, el inicio de todo el proceso está determinado por las flechas verticales y las repeticiones por las flechas en forma circular. Al inicio de una iteración (generación) la selección de padres puede tomar en cuenta los individuos recién inicializados o los mejores individuos de la generación anterior. El siguiente algoritmo muestra un criterio técnico para identificar el funcionamiento de un algoritmo evolutivo.

---

#### **Esquema general de un algoritmo evolutivo**

---

Generar los individuos de una población  $P$  de manera aleatoria

Se evalúa en la función objetivo a cada individuo

**Repetir**

    Seleccionar a los padres

    Cruzar padres

    Mutar individuos nuevos (hijos)

    Evaluar hijos

    Aplicar elitismo

**Hasta Que** La condición de paro se satisfaga

---



En resumen, asociado al concepto de Algoritmos Evolutivos se encuentran una serie de términos que se describen en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Terminología utilizada en Algoritmos Evolutivos (Páez & Ruíz, 2004).

TÉRMINO	DESCRIPCIÓN
<b>Individuo</b>	Candidato a la solución del problema.
<b>Genotipo</b>	Representación original de un individuo.
<b>Fenotipo</b>	Representación codificada de un individuo.
<b>Cromosoma</b>	Parte del individuo codificado.
<b>Gen</b>	Parte del cromosoma, con sentido en el problema.
<b>Alelo</b>	Valores que cada gen puede tomar.
<b>Locus</b>	Posición que el gen ocupa en el cromosoma.
<b>Ambiente</b>	Problema representado por medio de una función de costo.
<b>Adaptación</b>	Valor que mide la calidad de un individuo en su ambiente.
<b>Generación</b>	Conjunto de individuos en un determinado tiempo.
<b>Población</b>	Conjunto de individuos de una determinada generación.
<b>Operador</b>	Conjunto de reglas que permite generar nueva descendencia.
<b>Selección</b>	Política de escogencia de individuos en una población.
<b>Cruce</b>	Operador que permite recombinar dos antiguos individuos (padres) para generar dos nuevos (hijos).
<b>Mutación</b>	Operador que permite cambiar el valor de algún alelo en un determinado individuo.

### 2.4.2. Componentes de los algoritmos evolutivos

Esta sección presenta una descripción con mayor detalle de los actores y procedimientos que actúan en todas las implementaciones de algoritmos evolutivos.

#### Representación

Antes de comenzar a tratar el problema, se debe encontrar una manera de representar las variables de tal forma que se pueda constituir cromosomas que serán los que manipule el algoritmo evolutivo. Un cromosoma consta de varios genes, cada uno de los cuales corresponde a una de las variables de decisión (variables del problema planteado). La representación será el **genotipo**, mientras que la decodificación del genotipo arrojará el valor de los parámetros de entrada usados en la función objetivo. Esto es conocido como el **fenotipo**, como se muestra en la Figura 2.3.

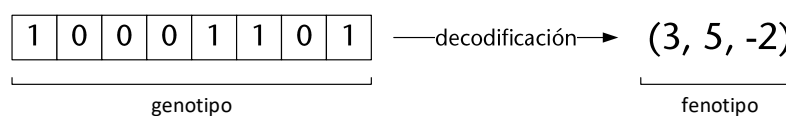


Figura 2.3. Representación del genotipo y fenotipo.

Las codificaciones más usuales son la binaria, la real y la entera; la elección de alguna de ellas depende del tipo de problema que se esté enfrentado. En la Figura 2.4 se muestra un ejemplo de estas tres codificaciones.

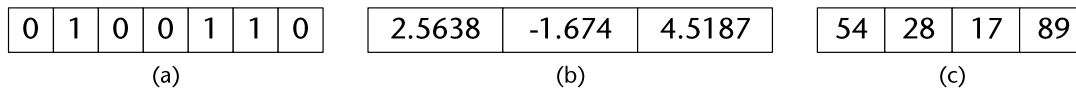


Figura 2.4. Representación binaria (a), real (b) y entera (c).

## Población

Un individuo se define como una solución potencial al problema planteado, el cual contiene un cromosoma donde se codifican los valores de la solución potencial. La población será un conjunto de individuos, donde la aptitud de cada uno corresponderá a la calidad de la solución, es decir, al ser evaluado el individuo en la función objetivo y comparado con los demás individuos se sabrá qué tanto es mejor o peor que los demás individuos de la población.

Los algoritmos evolutivos cuentan con un tamaño de población fijo. Sin embargo, existen propuestas que utilizan tamaños de población variable (Tan, Lee, & Khor, 2001). Además, la población de hijos puede reemplazar totalmente a la de los padres o se puede realizar la unión de ambas poblaciones y elegir solo a los mejores, con el objetivo de tener un tamaño de población fijo de manera que no se vaya incrementando con el paso de las generaciones.

## Función objetivo

La función objetivo es la que se quiere minimizar o maximizar, o sea, la función a optimizar. Así, la función objetivo tomará el papel del ambiente, que dirá qué individuos son más aptos, y éstos tendrán mayor probabilidad de sobrevivir y tener descendencia. Generalmente, el valor devuelto por la función objetivo define la aptitud de un individuo.

## Mecanismos de selección

El objetivo de la selección es obtener un conjunto de padres que participen en el proceso de reproducción para crear la nueva generación, es decir, para la creación de

los hijos. La selección de los padres se basa en la aptitud de cada uno de ellos y en la calidad de ésta con respecto a la de los demás individuos (los otros padres). Lo que se pretende es que los mejores padres tengan una mayor probabilidad de ser seleccionados (como lo indica la selección natural). El objetivo es agregar presión para mejorar la calidad de los individuos, es decir, que la siguiente generación (los hijos) superen a la generación actual (los padres).

Entre las diferentes propuestas que existen en la literatura para realizar este proceso, se pueden distinguir las siguientes:

- **Selección proporcional** (Holland, 1975): Se eligen los individuos de acuerdo con la contribución de aptitud que tengan en comparación con la aptitud total de la población. Algunas propuestas de este tipo de selección son: la ruleta (De Jong, 1975), el muestreo determinístico (De Jong, 1975) y el sobrante estocástico (Booker, 1982; Brindle, 1981).
- **Selección mediante torneo** (Wetzel, 1983): Este método se basa en la comparación directa entre individuos, ya sean dos o más participantes en cada torneo. Esto se realiza tomando una muestra aleatoria de individuos, la cual representa a los participantes del torneo, donde el ganador (el individuo seleccionado) será el de mejor calidad, el de mayor aptitud. Existen dos variantes: la determinística donde siempre se elige al más apto, y la probabilística donde se elige con una cierta probabilidad al individuo más apto, y en el caso contrario, se elige al menos apto.
- **Selección de estado uniforme** (Whitley, 1989): En este caso solamente algunos individuos serán reemplazados por los nuevos (hijos) en cada generación. Esta técnica es utilizada en algoritmos genéticos no generacionales.

### Operador de cruce

La finalidad de este operador es combinar dos o más padres para obtener uno o más hijos tomando las mejores características de los padres para crear mejores hijos. Entre las formas más usuales de realizar el cruce se encuentra la de  $n$  puntos (De Jong, 1975), propuesta para representaciones binarias, de la cual se muestra un ejemplo en la Figura 2.5. Sin embargo, existen variantes para representaciones reales y enteras, que en muchos casos intentan emular el cruce de  $n$  puntos. Este operador se aplica

con cierta probabilidad, es decir, no siempre se va a realizar el intercambio de genes. En los casos en que el cruce no se lleva a cabo, los padres participantes generan hijos que son una copia idéntica de ellos.

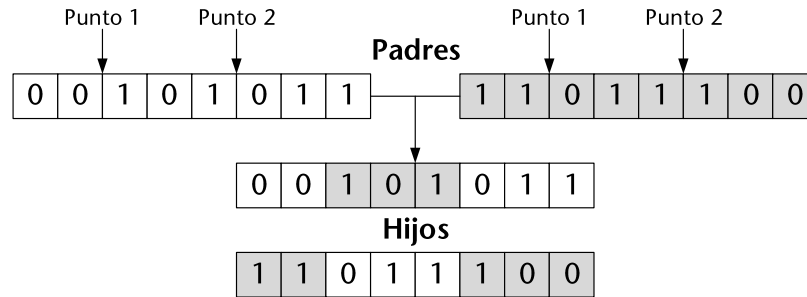


Figura 2.5. Cruce de dos puntos.

### Operador de mutación

Este operador afecta el cromosoma de un solo individuo a la vez, y su objetivo es permitir la generación de soluciones que el cruce no puede producir. Lo que busca es emular la mutación que existe en el ámbito de la biología cuando se realiza la copia de genes y parte de la información sufre alteraciones. Después de realizar el cruce, el nuevo individuo sufre modificaciones que en la mayoría de los casos son muy leves, es decir, se modifica una parte mínima de todo el cromosoma.

Al igual que el cruce, la mutación se realiza con cierta probabilidad, pero a diferencia del cruce, esta probabilidad indica si el alelo o el gene cambiarán de valor (serán mutados). Una de las técnicas de mutación más utilizadas es la uniforme, que recorre el cromosoma completo con alguna probabilidad de realizar el cambio. Un ejemplo se muestra en la Figura 2.6.

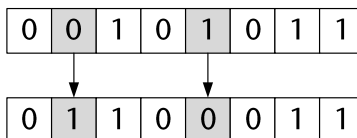


Figura 2.6. Mutación con  $p = 0.25$ .

## **Elitismo**

Este mecanismo pretende asegurar que aquel o aquellos individuos que son los más aptos de la población actual sobrevivan y continúen participando en el proceso evolutivo, pasando a la siguiente generación de manera intacta (sin recombinarse ni mutarse). Implementar este mecanismo asegura que la mejor aptitud encontrada hasta el momento (el mejor individuo hasta el momento) no desaparezca en la siguiente generación. El elitismo es importante, pues existe una prueba matemática que garantiza la convergencia global de un algoritmo evolutivo (Rudolph, 1994).

### **2.4.3. Principales paradigmas**

Dentro del cómputo evolutivo existen diferentes paradigmas. Aunque todos ellos se basan en la misma idea del neo-darwinismo y en el uso de una población de soluciones, difieren entre ellos por la forma de implementar los mecanismos de selección, cruce, mutación y elitismo. Los principales paradigmas son: los algoritmos genéticos, las estrategias evolutivas y la programación evolutiva. Aunque también existen otras técnicas como la programación genética (Koza, 1992), la evolución diferencial (Storn & Price, 1995), la optimización mediante cúmulos de partículas (Kennedy & Eberhart, 2001; Menchaca Méndez, 2008), la optimización por colonia de hormigas (Dorigo, Maniezzo, & Colorni, 1996), los algoritmos culturales (Reynolds, Michalewicz, & Cavaretta, 1995), los sistemas inmunes artificiales (Leandro & De Castro, 2002) y la búsqueda dispersa (Laguna & Martí, 2003). A continuación, se realiza una descripción breve de los paradigmas actuales de computación evolutiva, con el objetivo de diferenciar los esfuerzos realizados en esta área.

### **Algoritmos genéticos**

Para (D. E. Goldberg, 1989), son algoritmos de búsqueda basados en la mecánica de selección natural y de la genética natural. Combinan la supervivencia del más apto entre estructuras de secuencias con un intercambio de información estructurado, aunque de forma aleatoria, para constituir así un algoritmo de búsqueda que tenga algo de la genialidad de las búsquedas realizadas por los humanos.

Estos algoritmos heredan las características de trabajar con una población de individuos, los cuales representan posibles soluciones al problema tratado. Cada individuo está asociado de acuerdo con sus características a un valor de bondad y a un conjunto de generaciones de evolución. Los algoritmos genéticos trabajan a nivel del genotipo (Freisleben & Härtfelder, 1993), por lo cual implementan operadores de cruce y mutación.

---

**Algoritmo genético simple**

---

Inicializar población  $P$  aleatoriamente

Evaluar la aptitud de los individuos en  $P$

**Repetir**

    Seleccionar padres

    Cruzar padres

    Aplicar mutación a los hijos (generados de la cruce)

    Evaluar la aptitud de los hijos

    Seleccionar la nueva población entre los padres e hijos creados

**Hasta Que** La condición de paro se satisfaga

---

Como se puede observar en el anterior algoritmo, una generación se compone por la aplicación de los operadores de reproducción a la población actual, los elementos mutados son almacenados en un subconjunto de individuos temporales (población temporal), la cual es representada por un arreglo de individuos vacío en cada iteración general, la aplicación de estos operadores y la comparación de los individuos cruzados generan una descendencia del mismo tamaño del número de padres (cruce sexual), donde usualmente dos padres generan dos hijos. Si dentro de una generación no se reproducen los individuos, estos mismos individuos (los padres) sobrevivirán a la siguiente generación sin sufrir cambio alguno.

## Programación evolutiva

Su principal diferencia radica en que trabaja a nivel del fenotipo, evolucionando la población a nivel de especies. La programación evolutiva descarta por completo mecanismos sobre el genoma, esto quiere decir que no existen operaciones de cruce. El principal objetivo de la programación evolutiva es maximizar la aptitud de un conjunto de soluciones candidatas, haciendo énfasis en la herencia después de aplicar operadores de mutación (Vitányi, 2000).

Este paradigma fue propuesto por (L. J. Fogel, 1964), quien planteó que el comportamiento inteligente requiere de la capacidad de hacer predicciones correctas

y de traducir dichas predicciones en una respuesta adecuada. En este esquema la inteligencia se ve como un comportamiento adaptativo y le da más importancia al vínculo entre padres e hijos que a los operadores genéticos.

Fogel define a una población de autómatas de estado finito donde el ambiente es una secuencia de símbolos. Cada padre recibe un símbolo de entrada y realiza la predicción pertinente sobre el siguiente símbolo, la cual se compara con el símbolo real proporcionado por el ambiente. El objetivo final es que el autómata sea capaz de predecir la secuencia de símbolos proporcionada por el ambiente con la máxima precisión posible.

Para la representación, utilizaba números reales para los individuos, una mutación de tipo Gaussiana e implementaba un esquema de auto-adaptación (similar a las estrategias evolutivas). Este esquema no implementa un operador de cruce, ya que la simulación del proceso evolutivo se realiza a nivel de las especies, y especies distintas no pueden recombinarse (D. B. Fogel, 1998, 2005).

En cuanto a la mutación, se pueden considerar cinco tipos (López Jaimes, 2005): cambiar el símbolo de salida, cambiar la transición a un estado, agregar un estado, eliminar un estado y cambiar el estado inicial.

El algoritmo básico de la programación evolutiva se muestra a continuación:

---

**Algoritmo básico de la programación evolutiva**

---

Generar población aleatoriamente

**Repetir**

    Aplicar mutación

    Calcular aptitud de cada hijo

    Seleccionar las soluciones para la nueva población

    Reemplazar la población vieja por la nueva

**Hasta Que** La condición de paro se satisfaga

---

### **Estrategias evolutivas**

Este esquema fue propuesto por Peter Bienert (Bienert, 1967; Schwefel, 1995), Ingo Rechenberg (Rechenberg, 1973; Schwefel, 1995) y Hans-Paul Schwefel (Schwefel, 1965, 1981, 1995) y consiste en un método de ajustes discretos aleatorios inspirado en el proceso de mutación biológica (Toscano Pulido, 2001).

La versión original denominada (1+1)-EE usaba un solo padre y con él se generaba un solo hijo, este hijo se mantenía si era mejor que el padre o de lo contrario se eliminaba (a este tipo de selección se le llama extintiva porque los peores individuos tienen una probabilidad cero de ser seleccionados).

(Rechenberg, 1973) introdujo el concepto de población, al proponer una estrategia evolutiva llamada  $(\lambda+1)$ -EE, en la cual hay  $\lambda$  padres y se genera un solo hijo, que puede reemplazar al peor padre de la población (selección extintiva). Schwefel introdujo el uso de múltiples hijos en las estrategias similares denominadas como  $(\mu+\lambda)$ -EE.

Una definición básica del algoritmo de estrategia evolutiva se muestra a continuación:

---

**Pasos genéricos de una estrategia evolutiva**

---

inicializarPoblación(Pob)

evaluarPoblación(Pob)

**Repetir**

    offspring  $\leftarrow$  cruzarPoblación(Pob)

    mutarPoblación(offspring)

    evaluarPoblación(offspring)

    Pob  $\leftarrow$  Seleccionar mejores individuos

**Hasta Que** La condición de paro se satisfaga

---

Existen dos formas de seleccionar los individuos considerados como mejores en cada generación:

- En el primer caso, los  $\mu$  mejores individuos sobreviven.
- En el segundo caso, solo los  $\mu$  mejores hijos de la siguiente generación sobreviven.

Los operadores de recombinación de las estrategias evolutivas pueden ser:

- Sexuales: el operador actúa sobre 2 individuos elegidos aleatoriamente de la población de padres.
- Panmíticos: se elige un solo padre al azar, el cual se mantiene fijo mientras se elige al azar un segundo padre (diferente del primero) para cada componente del conjunto de individuos a recombinar.



## **Capítulo 3**

# **Técnica de Conformación de Grupos Basada en Rasgos de la Personalidad**

En este capítulo se propone un proceso metodológico alternativo para la conformación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo, conformación basada en rasgos de la personalidad, que pueda emplearse como parte de una estrategia didáctica que, para el caso en estudio, apoye la enseñanza de la Programación en cursos iniciales del ámbito universitario. Se presentan de manera detallada cada una de las etapas y las tareas inherentes a tener en cuenta en el proceso.

### **3.1. Propuesta Metodológica**

La propuesta metodológica para la conformación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad se presenta como un proceso secuencial que comprende tres etapas que se describen en las secciones siguientes. Las cajas de la parte superior son las entradas requeridas en cada etapa, y las de la parte inferior, describen las salidas en cada una de ellas. La Figura 3.1 resume de forma esquemática este proceso.

Se aclara que, como tal, la técnica de conformación de grupos propuesta iría solamente hasta la segunda etapa. La etapa tres, relacionada con la actividad o actividades colaborativas a desarrollar, se incorpora al proceso únicamente para efectos de evaluación de la técnica. Esta etapa sería relativa al espacio académico en el cual se vaya a implementar, para el caso en estudio, se propone una actividad colaborativa para los cursos iniciales de programación del ámbito universitario.

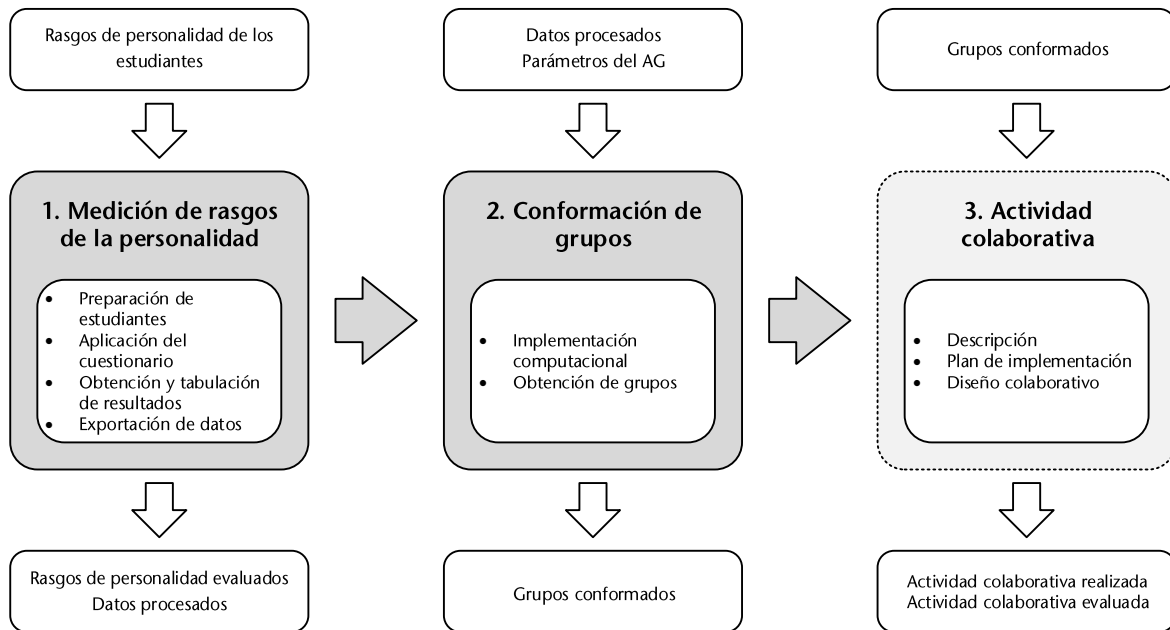


Figura 3.1. Esquema metodológico.

## 3.2. Medición de Rasgos de la Personalidad

Como se describe en la Sección 2.1.5, el modelo de los Cinco Grandes, bajo el cual está fundamentado teórica y psicológicamente este trabajo, es un modelo puramente descriptivo de la personalidad, lo que ha llevado a los psicólogos a desarrollar diversos test y cuestionarios que evalúen cada uno de los cinco factores o dimensiones en los individuos. Para el caso específico de esta propuesta, se emplea como instrumento de medición de los rasgos de personalidad de los estudiantes, una adaptación al español del BFI (Big Five Inventory) de (John et al., 1991), el cual se presenta detalladamente en las siguientes secciones.

El objetivo de utilizar este instrumento es, tener una forma científicamente aceptada para cuantificar los rasgos de personalidad de un individuo, que como se verá más adelante es el insumo requerido por el algoritmo de agrupamiento. En ningún momento se pretende emitir algún tipo de concepto o diagnóstico psicológico de los participantes en el estudio, pues esto se encuentra fuera del alcance del mismo.

### 3.2.1. El cuestionario

Se emplea, con el correspondiente consentimiento para efectos investigativos, la adaptación al español de Oliver P. John (actualmente profesor en el Departamento de Psicología de la Universidad de California, Berkeley) y Verónica Benet-Martínez (actualmente profesora en el Departamento de Psicología de la Universidad de California) del BFI. En la Figura 3.2, se muestra el “*Spanish Big Five Inventory*” extraído del artículo “*Los Cinco Grandes Across Cultures and Ethnic Groups: Multitrait Multimethod Analyses of the Big Five in Spanish and English*”, en el cual se fundamenta la mencionada adaptación (Benet-Martínez & John, 1998). Consta de 44 ítems de respuesta múltiple (tipo Likert<sup>6</sup>) que miden las dimensiones propuestas para el modelo “*Big Five*”. En la Tabla 3.1 se muestran estos ítems organizados por cada una de las dimensiones.

#### Spanish Big Five Inventory

Las siguientes expresiones le describen a usted con más o menos precisión. Por ejemplo, ¿está de acuerdo en que usted es alguien “*chistoso, a quien le gusta bromear*”? Por favor escoja un número para cada una de las siguientes expresiones, indicando así hasta que punto está de acuerdo o en desacuerdo en como le describe a usted.

Muy en desacuerdo	Ligeramente en desacuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Ligeramente de acuerdo	Muy de acuerdo
1-----	-----2	-----3	-----4	-----5
Me veo a mi mismo-a como <i>alguien que</i> . . .				
___ 1. es bien hablador				___ 23. es inventivo
___ 2. tiende a ser crítico				___ 24. es generalmente confiado
___ 3. es minucioso en el trabajo				___ 25. tiende a ser flojo, vago
___ 4. es depresivo, melancólico				___ 26. se preocupa mucho por las cosas
___ 5. es original, se le ocurren ideas nuevas				___ 27. es a veces tímido, inhibido
___ 6. es reservado				___ 28. es indulgente, no le cuesta perdonar
___ 7. es generoso y ayuda a los demás				___ 29. hace las cosas de manera eficiente
___ 8. puede a veces ser algo descuidado				___ 30. es temperamental, de humor cambiante
___ 9. es calmado, controla bien el estrés				___ 31. es ingenioso, analítico
___ 10. tiene intereses muy diversos				___ 32. irradia entusiasmo
___ 11. está lleno de energía				___ 33. es a veces frío y distante
___ 12. prefiere trabajos que son rutinarios				___ 34. hace planes y los sigue cuidadosamente
___ 13. inicia disputas con los demás				___ 35. mantiene la calma en situaciones difíciles
___ 14. es un trabajador cumplidor, digno de confianza				___ 36. le gusta reflexionar, jugar con las ideas
___ 15. con frecuencia se pone tenso				___ 37. es considerado y amable con casi todo el mundo
___ 16. tiende a ser llamado				___ 38. se pone nervioso con facilidad
___ 17. valora lo artístico, lo estético				___ 39. es educado en arte, música, o literatura
___ 18. tiende a ser desorganizado				___ 40. es asertivo, no teme expresar lo que quiere
___ 19. es emocionalmente estable, difícil de alterar				___ 41. le gusta cooperar con los demás
___ 20. tiene una imaginación activa				___ 42. se distrae con facilidad
___ 21. persevera hasta terminar el trabajo				___ 43. es extrovertido, sociable
___ 22. es a veces maleducado con los demás				___ 44. tiene pocos intereses artísticos

Por favor, compruebe que ha escrito un número delante de cada frase.

Note. Copyright 1996 by Oliver P. John and Verónica Benet-Martínez.

Figura 3.2. Spanish Big Five Inventory.

<sup>6</sup> En honor al Psicólogo Rensis Likert. Es una escala psicométrica comúnmente utilizada en cuestionarios, y es la escala de uso más amplio en encuestas para la investigación, principalmente en las Ciencias Sociales. Al responder a una pregunta de un cuestionario elaborado con la técnica de Likert, se especifica el nivel de acuerdo o desacuerdo con una declaración, elemento, ítem, o pregunta.

Tabla 3.1. Ítems del BFI organizados por dimensión.

DIMENSIÓN	ÍTEM	DESCRIPCIÓN
<b>Extraversión (Extraversión)</b>	1	Es bien hablador.
	6	Es reservado.
	11	Está lleno de energía.
	16	Tiende a ser callado.
	27	Es a veces tímido, inhibido.
	32	Irradia entusiasmo.
	40	Es asertivo, no teme expresar lo que quiere.
	43	Es extrovertido, sociable.
<b>Agreeableness (Amabilidad)</b>	2	Tiende a ser crítico.
	7	Es generoso y ayuda a los demás.
	13	Inicia disputas con los demás.
	22	Es a veces maleducado con los demás.
	24	Es generalmente confiado.
	28	Es indulgente, no le cuesta perdonar.
	33	Es a veces frío y distante.
	37	Es considerado y amable con casi todo el mundo.
41	Le gusta cooperar con los demás.	
<b>Conscientiousness (Responsabilidad)</b>	3	Es minucioso en el trabajo.
	8	Puede ser a veces algo descuidado.
	14	Es un trabajador, digno de confianza.
	18	Tiende a ser desorganizado.
	21	Persevera hasta terminar el trabajo.
	25	Tiende a ser flojo, vago.
	29	Hace las cosas de manera eficiente.
	34	Hace planes y los sigue cuidadosamente.
42	Se distrae con facilidad.	
<b>Neuroticism (Inestabilidad Emocional)</b>	4	Es depresivo, melancólico.
	9	Es clamado, controla bien el estrés.
	15	Con frecuencia se pone tenso.
	19	Es emocionalmente estable, difícil de alterar.
	26	Se preocupa mucho por las cosas.
	30	Es temperamental, de humor cambiante.
	35	Mantiene la calma en situaciones difíciles.
	38	Se pone nervioso con facilidad.
<b>Openness (Apertura a Nuevas Experiencias)</b>	5	Es original, se le ocurren ideas nuevas.
	10	Tiene intereses muy diversos.
	12	Prefiere trabajos que son rutinarios.
	17	Valora lo artístico, lo estético.
	20	Tiene una imaginación activa.
	23	Es inventivo.
	31	Es ingenioso, analítico.
	36	Le gusta reflexionar, jugar con las ideas.
39	Es educado en arte, música o literatura.	
44	Tiene pocos intereses artísticos.	

### 3.2.2. Instrucciones de puntuación

Para calificar el BFI, primero se debe recodificar todos los ítems con clave negativa:

- Extraversión: 6, 16, 27
- Amabilidad: 2, 13, 22, 33
- Responsabilidad: 8, 18, 25, 42
- Neuroticismo: 9, 19, 35
- Apertura a nuevas experiencias: 12, 44

Para recodificar estos ítems, se debe restar el puntaje de todos los ítems con puntaje inverso de 6. Por ejemplo, si se dio un 5, se calcula 6 menos 5 y su puntaje recodificado es 1. Es decir, un puntaje de 1 se convierte en 5, 2 se convierte en 4, 3 permanece 3, 4 se convierte en 2 y 5 se convierte en 1. A continuación, se calcula las puntuaciones promediando los siguientes ítems para cada dimensión (donde R indica el uso del ítem con puntuación inversa).

- Extraversión:  $(1 + R6 + 11 + R16 + R27 + 32 + 40 + 43) / 8$
- Amabilidad:  $(R2 + 7 + R13 + R22 + 24 + 28 + R33 + 37 + 41) / 9$
- Responsabilidad:  $(3 + R8 + 14 + R18 + 21 + R25 + 29 + 34 + R42) / 9$
- Neuroticismo:  $(4 + R9 + 15 + R19 + 26 + 30 + R35 + 38) / 8$
- Apertura a nuevas experiencias:  $(5 + 10 + R12 + 17 + 20 + 23 + 31 + 36 + 39 + R44) / 10$

Por ejemplo, en la Tabla 3.2 se muestra las puntuaciones registradas por el Individuo A en el BFI.

Tabla 3.2. Puntuaciones BFI para Individuo A.

ÍTEM	PUNT.	ÍTEM	PUNT.	ÍTEM	PUNT.	ÍTEM	PUNT.
1	5	12	1	23	5	34	3
2	4	13	1	24	2	35	4
3	5	14	5	25	1	36	5
4	1	15	1	26	3	37	5
5	5	16	1	27	1	38	2
6	4	17	5	28	2	39	1
7	5	18	5	29	5	40	5
8	4	19	4	30	5	41	5
9	4	20	5	31	5	42	4
10	2	21	5	32	5	43	5
11	4	22	1	33	1	44	2

Recodificando los ítems con clave negativa:

Tabla 3.3. Puntuaciones BFI para Individuo A recodificadas.

ÍTEM	PUNT.	ÍTEM	PUNT.	ÍTEM	PUNT.	ÍTEM	PUNT.
1	5	12	6 - 1 = 5	23	5	34	3
2	6 - 4 = 2	13	6 - 1 = 5	24	2	35	6 - 4 = 2
3	5	14	5	25	6 - 1 = 5	36	5
4	1	15	1	26	3	37	5
5	5	16	6 - 1 = 5	27	6 - 1 = 5	38	2
6	6 - 4 = 2	17	5	28	2	39	1
7	5	18	6 - 5 = 1	29	5	40	5
8	6 - 4 = 2	19	6 - 4 = 2	30	5	41	5
9	6 - 4 = 2	20	5	31	5	42	6 - 4 = 2
10	2	21	5	32	5	43	5
11	4	22	6 - 1 = 5	33	6 - 1 = 5	44	6 - 2 = 4

Se obtienen las siguientes puntuaciones para cada dimensión:

Tabla 3.4. Obtención de puntuaciones para cada dimensión.

DIMENSIÓN	OPERACIONES	RESULTADO
Extraversión	$(5 + 2 + 4 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5) / 8$	4.50
Amabilidad	$(2 + 5 + 5 + 5 + 2 + 2 + 5 + 5 + 5) / 9$	4.00
Responsabilidad	$(5 + 2 + 5 + 1 + 5 + 5 + 5 + 3 + 2) / 9$	3.67
Neuroticismo	$(1 + 2 + 1 + 2 + 3 + 5 + 2 + 2) / 8$	2.25
Apertura	$(5 + 2 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 4) / 10$	4.60

Estos serían los resultados que en conjunto se suministran al algoritmo de agrupamiento, como se describe más adelante.

### 3.2.3. Preparación de los estudiantes

Antes de aplicar el cuestionario, es importante que el profesor a cargo explique a los estudiantes el por qué y el para qué de todo el proceso que se va a desarrollar. Para el caso del cuestionario, se debe recomendar a los estudiantes que lo contesten todos en completitud con la mayor sinceridad posible, dado que no hay respuestas "correctas" o "incorrectas"; aclarar que los resultados brindan un perfil general de personalidad de los participantes el cual será empleado *únicamente* como insumo para el proceso de agrupamiento.

Asimismo, los expertos recomiendan dejar constancia de lo anterior mediante el diligenciamiento individual de un "Consentimiento Informado", con el cual se acepta la utilización de los resultados para un fin específico, en este caso, la conformación de grupos como estrategia didáctica. Este diligenciamiento puede hacerse a través de un

formato físico o a través de un medio informático. En el Anexo A se presenta una muestra del que se empleó en el presente estudio.

### 3.2.4. Aplicación del cuestionario

Una vez realizada la ambientación correspondiente con los estudiantes, se procede a la aplicación del cuestionario, en este caso el “Spanish BFI” que se muestra en la Figura 3.2. A este formato se le puede adicionar información de los estudiantes que se considere relevante obtener, por ejemplo, la identificación, el nombre, la edad y el sexo, entre otros datos.

La aplicación del cuestionario puede hacerse directamente en formatos impresos o digitalmente a través de un formulario en PDF, una hoja electrónica, o a través de aplicaciones informáticas diseñadas específicamente para tal fin. Para el presente estudio, se desarrolló la aplicación web “BF-Manager”, la cual permite automatizar todo el proceso, desde la aplicación de los cuestionarios, hasta la obtención de los resultados correspondientes. En el Anexo B se presenta una captura de pantalla de la aplicación con su correspondiente URL, la cual es de acceso libre para efectos académicos o de investigación, previo contacto con los desarrolladores.

### 3.2.5. Obtención y tabulación de resultados

Luego de aplicar los cuestionarios, se procede a la obtención de puntuaciones para cada uno de los estudiantes en cada una de sus dimensiones, mediante el proceso descrito en la Sección 3.2.2. Al igual que la tarea anterior, la obtención de resultados puede hacerse de forma manual o de forma automatizada a través de una herramienta computacional. En cualquiera de los casos, se sugiere realizar una tabulación similar a la que se muestra a continuación:

Tabla 3.5. Tabulación sugerida de resultados.

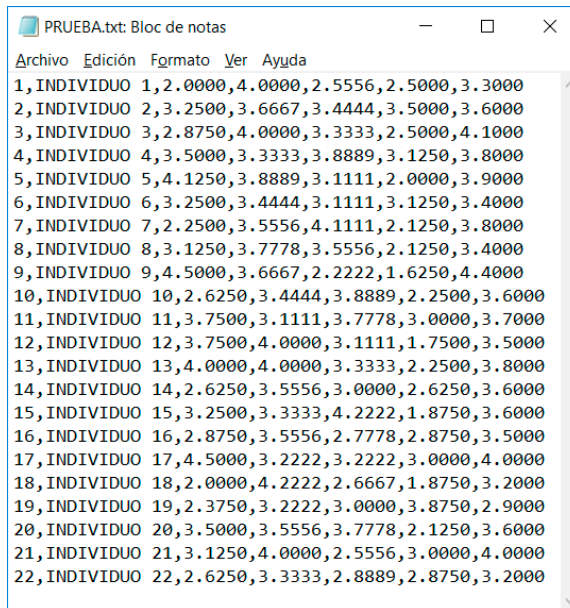
ID	NOMBRE	E	AM	R	N	AP
1	Individuo A	4.50	4.00	3.67	2.25	4.60
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

### 3.2.6. Exportación de datos

Una vez tabulados los resultados, se procede a preparar con ellos un archivo de texto plano, con valores separados por comas, el cual será el insumo para el algoritmo de agrupamiento. En este punto es importante tener en cuenta dos situaciones que eventualmente pueden presentarse:

1. En el listado aparecen estudiantes que diligenciaron el instrumento, pero en el momento de requerir la conformación de grupos, ya no pertenecen al curso, posiblemente debido a que se retiraron del mismo. Ante esta situación, se deben eliminar estos registros.
2. En el listado no aparecen algunos estudiantes, seguramente porque no diligenciaron el instrumento y definitivamente no lo van a hacer. Ante esta situación, se complementa el listado con los estudiantes faltantes, asignándoles como valores a cada una de las características consideradas, la media del grupo total en cada una de ellas.

En la Figura 3.3 se presenta una muestra de cómo se prepararía el mencionado archivo.



```
PRUEBA.txt: Bloc de notas
Archivo Edición Formato Ver Ayuda
1, INDIVIDUO 1,2.0000,4.0000,2.5556,2.5000,3.3000
2, INDIVIDUO 2,3.2500,3.6667,3.4444,3.5000,3.6000
3, INDIVIDUO 3,2.8750,4.0000,3.3333,2.5000,4.1000
4, INDIVIDUO 4,3.5000,3.3333,3.8889,3.1250,3.8000
5, INDIVIDUO 5,4.1250,3.8889,3.1111,2.0000,3.9000
6, INDIVIDUO 6,3.2500,3.4444,3.1111,3.1250,3.4000
7, INDIVIDUO 7,2.2500,3.5556,4.1111,2.1250,3.8000
8, INDIVIDUO 8,3.1250,3.7778,3.5556,2.1250,3.4000
9, INDIVIDUO 9,4.5000,3.6667,2.2222,1.6250,4.4000
10, INDIVIDUO 10,2.6250,3.4444,3.8889,2.2500,3.6000
11, INDIVIDUO 11,3.7500,3.1111,3.7778,3.0000,3.7000
12, INDIVIDUO 12,3.7500,4.0000,3.1111,1.7500,3.5000
13, INDIVIDUO 13,4.0000,4.0000,3.3333,2.2500,3.8000
14, INDIVIDUO 14,2.6250,3.5556,3.0000,2.6250,3.6000
15, INDIVIDUO 15,3.2500,3.3333,4.2222,1.8750,3.6000
16, INDIVIDUO 16,2.8750,3.5556,2.7778,2.8750,3.5000
17, INDIVIDUO 17,4.5000,3.2222,3.2222,3.0000,4.0000
18, INDIVIDUO 18,2.0000,4.2222,2.6667,1.8750,3.2000
19, INDIVIDUO 19,2.3750,3.2222,3.0000,3.8750,2.9000
20, INDIVIDUO 20,3.5000,3.5556,3.7778,2.1250,3.6000
21, INDIVIDUO 21,3.1250,4.0000,2.5556,3.0000,4.0000
22, INDIVIDUO 22,2.6250,3.3333,2.8889,2.8750,3.2000
```

Figura 3.3. Muestra del archivo de texto plano.



Como puede observarse, cada campo se encuentra separado por una coma, siguiendo la sugerencia de tabulación hecha en la Sección 3.2.5, respectivamente con el siguiente orden: identificación, nombre (se ha suprimido el nombre real por razones de confidencialidad de la información de los participantes), extraversión, amabilidad, responsabilidad, neuroticismo y apertura a nuevas experiencias.

### 3.3. Propuesta para la Conformación de Grupos

El agrupamiento de elementos es un problema combinatorio general que consiste en la repartición de un conjunto de elementos a un número definido de grupos, generalmente del mismo tamaño, de tal manera que se satisfaga una cierta condición. Aunque a primera vista parezca simple, la complejidad de este problema se focaliza principalmente en dos aspectos. El primero se refiere a la condición que debe ser satisfecha, la cual en el caso más común se trata de obtener grupos “equitativos” u homogéneos considerando una cierta medida de valor para cada elemento. Por ejemplo, el caso que atañe al presente estudio; supóngase que en una clase se desea formar varios grupos de estudio. Un método sencillo de alcanzar cierta homogeneidad (académicamente hablando) sería ordenar los estudiantes de mayor a menor según algún tipo de evaluación previa, y empezar a asignar uno a cada grupo de manera secuencial. Sin embargo, ¿qué sucede cuando de cada elemento no se tiene en cuenta solamente un atributo sino varios y se desea que cada grupo sea equitativo considerándolos todos? Peor aún, ¿qué pasa cuando tales atributos no son proporcionales entre sí? En estos casos el criterio de repartición ya no es trivial, sino que requiere de alguna búsqueda inteligente que permita encontrar una solución que satisfaga la condición requerida.

El segundo aspecto es la explosión combinatoria que va de la mano con el número de elementos totales que se tengan y la cantidad de grupos que quieran formarse. De manera general el número de grupos diferentes de  $q$  elementos que pueden obtenerse a partir de un conjunto total de  $p$  elementos ( $q \leq p$ ), considerando relevante el ordenamiento de los grupos, es:

$$\binom{p}{q} = \frac{p!}{(p-q)!q!} \quad (3.1)$$

Así, por ejemplo, si se desea repartir 50 estudiantes en grupos de 5, este valor ascendería a 2.118.760 posibles combinaciones (aplicando 3.1), lo cual hace que encontrar la mejor solución a partir de una búsqueda exhaustiva sea poco factible en muchos casos.

Al considerar estos dos aspectos en conjunto es fácil intuir que este problema puede ser tratado como una optimización multi objetivo, donde cada objetivo consiste en alcanzar el mayor nivel de similitud posible entre el promedio de cada grupo respecto a cada atributo y el promedio de la totalidad de los elementos.

Una forma de abordar este problema, como se mencionó anteriormente, es mediante una búsqueda exhaustiva, lo cual dependiendo de los valores de  $p$  y  $q$  no siempre será posible dadas las limitaciones de cómputo inherentes. En estos casos métodos de búsqueda heurística pueden ser una buena alternativa pues, aunque estos métodos no garantizan hallar la solución óptima, generalmente si encuentran una que sea satisfactoria, empleando para ello un esfuerzo de cómputo considerablemente menor. Entre estos métodos se pueden mencionar (Glover & Kochenberger, 2010; Reeves, 1993; Resende & Pinho de Sousa, 2004): la búsqueda local, la búsqueda tabú, y los algoritmos genéticos, entre otros, siendo este último el objeto de estudio en esta propuesta.

Como se menciona en la Sección 2.3.4.1, el caso específico del problema combinatorio de la conformación de grupos solucionado a través de la técnica de algoritmos genéticos ha sido ampliamente abordado por los investigadores, dada su pertinencia al tratar con un gran número de variables y su posibilidad de generar rápidamente soluciones óptimas.

A continuación, se presenta la fundamentación matemática y algorítmica de la propuesta para la conformación de grupos basada en rasgos de la personalidad, la cual utiliza como técnica de optimización un algoritmo genético, asimismo, lo que podría ser su implementación computacional.

### 3.3.1. Fundamentación matemática y algorítmica de la propuesta

Teniendo en cuenta los principios de los Algoritmos Genéticos, así como la naturaleza del problema de interés, el método propuesto para la conformación de grupos se describe en detalle en esta sección. Este método se basa en el trabajo de (Moreno et al., 2011), quienes proponen un método para agrupar elementos (no necesariamente estudiantes) de forma homogénea. Se describe de forma general la formulación matemática y algorítmica del modelo, desde la representación de los elementos a agrupar (estudiantes), las soluciones (agrupamientos factibles) y sus medidas de aptitud, hasta los operadores empleados para la aplicación del algoritmo genético.

#### Representación de los estudiantes

Dado que la idea es considerar no sólo una, sino varias características de los estudiantes, cada estudiante  $n$  puede ser representado por medio de un vector de la siguiente manera, siendo  $M$  el número de características:

$$E_n = \{C_1, C_2, \dots, C_M\} \quad (3.2)$$

Estas características podrían tener diferente naturaleza, por ejemplo, demográfica (edad, sexo, etcétera), psicológica (rasgos de personalidad, habilidades, capacidades, etcétera), académica (calificaciones, pre-pruebas, autoevaluación, etc.), y cognitiva (estilos de aprendizaje, tipos de inteligencia, etcétera), entre otras.

Dos estudiantes diferentes, considerando cinco características, por ejemplo, las cinco dimensiones del modelo “Big Five”, podrían visualizarse como se muestra en la Figura 3.4.

Esta representación requiere que toda característica  $m$  ( $1 \leq m \leq M$ ) sea un valor numérico en un rango predefinido, lo que no significa que se puedan considerar atributos categóricos. En estos casos se requeriría un proceso previo de discretización numérica. Por ejemplo, si un atributo toma valores “alto”, “medio” y “bajo”, estos podrían cambiarse por 1, 2 y 3 respectivamente.

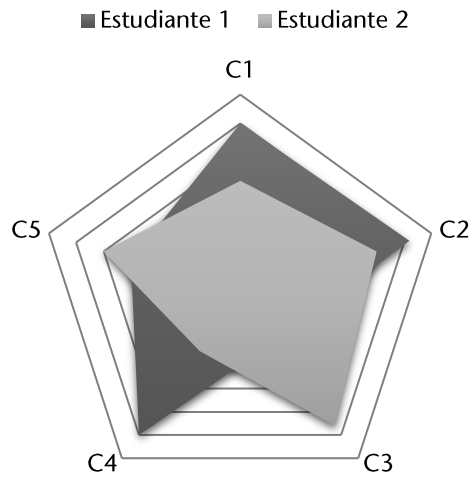


Figura 3.4. Representación de dos estudiantes.

El total de estudiantes puede representarse mediante una matriz de  $M \times N$ , siendo  $N$  el número de estudiantes, como se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Representación de un conjunto total de estudiantes.

ID	$C_1$	$C_2$	...	$C_M$
1	70	0.50	...	25
2	20	0.83	...	-10
⋮	⋮	⋮		⋮
N	45	1.22	...	13

Una vez se tienen los datos organizados de esta manera, estos deben ser escalados a un rango común con el fin de que no se presenten perturbaciones en el cálculo de la función objetivo. Una forma sencilla de lograr esto, es que todos los datos queden en el rango 0 – 1, aplicando normalización estadística basada en la unidad (Dodge, Cox, & Commenges, 2003), mediante la siguiente fórmula:

$$X' = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3.3)$$

Donde  $X_{\max}$  y  $X_{\min}$  son los valores máximo y mínimo de la característica correspondiente.

### Representación de los individuos

En el caso de agrupamiento, un individuo corresponde a una colección determinada de  $G$  grupos, cada uno con hasta  $N/G$  estudiantes, siendo  $N$  el número total de estudiantes. En la mayoría de trabajos que emplean algoritmos genéticos, la estructura de datos empleada es un vector donde cada posición corresponde a un gen de la solución. En el modelo planteado se propone utilizar una matriz, donde el número de filas corresponde al número de grupos deseado  $G$  y el número de columnas corresponde al tamaño máximo de cada grupo  $N/G$ . De esta manera cada gen que compone el cromosoma contiene el identificador de un elemento, y su posición dentro de la matriz define el grupo al que pertenecería. Esta representación, además de la claridad que supone, facilita el uso del operador genético de cruce que se propone más adelante.

En el problema de conformación de grupos, así como en otros problemas combinatorios, un cromosoma no puede tener genes repetidos, lo que significa que un individuo (solución) factible es aquel en el que cada elemento está en una única posición del cromosoma. Por ejemplo, si se tiene un total de 20 estudiantes y se desea formar 4 grupos, cada uno contendría exactamente 5 estudiantes. En este caso un posible individuo, si los estudiantes son numerados consecutivamente, podría ser como el que se presenta en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Representación de un individuo.

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20

### Medida de aptitud

Dado que el objetivo al que apunta este método es obtener grupos homogéneos respecto a la totalidad de los estudiantes, es necesario definir una medida de esta homogeneidad. Una posible forma de hacerlo se describe a continuación. Primero se calcula el promedio de cada característica de la totalidad de los estudiantes ( $TM$ ):

$$TM = \{\overline{C_1}, \overline{C_2}, \dots, \overline{C_M}\} \quad (3.4)$$

Luego para cada grupo  $g$  ( $1 \leq g \leq G$ ) de cada individuo se calcula el promedio de cada característica. Como cada individuo  $i$  se representa como una matriz  $X^i$ , dichos promedios ( $IM$ ) se pueden representar así:

$$IM_g^i = \left\{ \overline{X_{g,1}^i}, \overline{X_{g,2}^i}, \dots, \overline{X_{g,M}^i} \right\} \quad (3.5)$$

Posteriormente se calcula la sumatoria de las diferencias al cuadrado entre las  $M$  características para cada grupo  $g$  del individuo  $i$  y el promedio de cada característica en la totalidad de los elementos, así:

$$D^i = \sum_{g=1}^G \left[ \left( \overline{C_1} - \overline{X_{g,1}^i} \right)^2 + \left( \overline{C_2} - \overline{X_{g,2}^i} \right)^2 + \dots + \left( \overline{C_M} - \overline{X_{g,M}^i} \right)^2 \right] \quad (3.6)$$

Entre menor sea este valor (con un mínimo de 0), más similares serán en promedio cada uno de los grupos con respecto al total de los estudiantes. Por lo tanto, la función objetivo podría expresarse como sigue:

$$\min Z = \sum_{g=1}^G \left[ \left( \overline{C_1} - \overline{X_{g,1}^i} \right)^2 + \left( \overline{C_2} - \overline{X_{g,2}^i} \right)^2 + \dots + \left( \overline{C_M} - \overline{X_{g,M}^i} \right)^2 \right] \quad (3.7)$$

Para clarificar esta métrica y aplicar los conceptos presentados hasta el momento, se considera el siguiente ejemplo donde se tienen 6 estudiantes y 3 características valoradas, como se muestra en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Estudiantes de ejemplo.

ID	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
1	15	0,93	469
2	44	0,05	230
3	11	0,61	498
4	45	0,45	507
5	23	0,11	479
6	31	0,79	114

Luego de escalar estos valores según el procedimiento descrito al final de la Sección 3.3.1.1, se obtiene la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Valores escalados.

ID	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
1	0,12	0,93	0,90
2	0,97	0,05	0,30
3	0,00	0,61	0,98
4	1,00	0,45	1,00
5	0,35	0,11	0,93
6	0,59	0,79	0,00

Ahora se desean formar dos grupos, cada uno con tres estudiantes. Dos posibles individuos se muestran en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Individuos de ejemplo.

Individuo 1			Individuo 2		
1	2	3	1	3	5
4	5	6	2	4	6

Al aplicar (3.4), se obtiene:

$$TM = \{0.505, 0.490, 0.684\}$$

Al calcular  $IM_g^i$  según (3.5) a partir de las Tablas 3.9 y 3.10 se obtiene:

$$IM_g^1 = \begin{Bmatrix} 0.363 & 0.530 & 0.725 \\ 0.647 & 0.449 & 0.643 \end{Bmatrix} \text{ y } IM_g^2 = \begin{Bmatrix} 0.157 & 0.552 & 0.936 \\ 0.853 & 0.427 & 0.432 \end{Bmatrix}$$

Finalmente, calculando las medidas de aptitud aplicando (3.6) se obtienen  $D^1 = 0.047$  y  $D^2 = 0.377$ . Se puede observar que el agrupamiento representado por el Individuo 1 es más inter-homogéneo que el Individuo 2, es decir, con esta distribución, todos los grupos del Individuo 1 reflejan el conjunto total de estudiantes con mayor precisión cuando se buscan todas las características en conjunto. Estos resultados se representan en la Figura 3.5.

### Población inicial y evolución

En el ejemplo representado en la Tabla 3.10, se muestra una conformación de grupos trivial: asignar cada estudiante en orden a un grupo según el identificador que tengan. Los primeros  $N/G$  estudiantes (en este caso 3) pertenecen al Grupo 1, los siguientes

$N/G$  al Grupo 2 y así sucesivamente. Si bien esta conformación es válida, la idea de la población inicial es generar  $k$  individuos de manera aleatoria, utilizando la representación matricial descrita en la Sección 3.3.1.2 y cumpliendo la restricción que cada elemento debe estar en una y sólo una de las posiciones de la matriz.

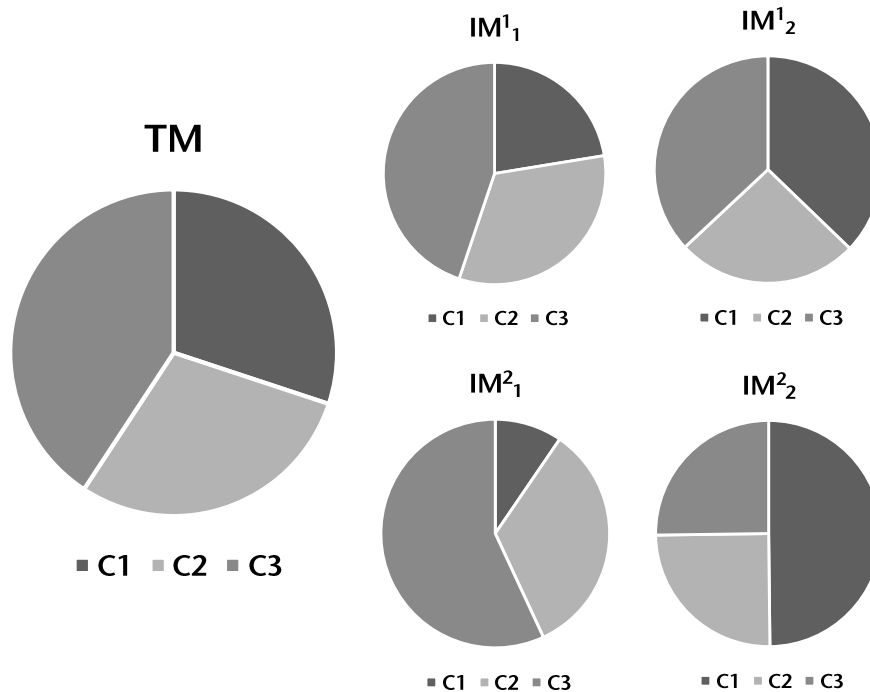


Figura 3.5. Representación de los resultados.

Una vez se obtiene la población inicial, y de acuerdo con el esquema representado en la Figura 2.2, se procede a llevar a cabo el proceso de evolución en el que se pasa de una generación a otra empleando los operadores genéticos que se describen a continuación, hasta obtener una medida de aptitud deseada o hasta que se alcance un total de  $h$  generaciones.

### Operadores genéticos

Los tres operadores genéticos básicos (Holland, 1992) son: selección, cruce y mutación. Estos operadores se describen a continuación de manera puntal, incluyendo las adaptaciones realizadas para el caso concreto en estudio.



**Selección:**

Una manera de llevar a cabo la selección de individuos es mediante el método denominado “*selección proporcional o por ruleta*” (Araujo & Cervigón, 2009), en el cual los individuos de una generación pueden ser imaginados como porciones de una ruleta, donde el área de cada porción es proporcional a la función de aptitud de dicho individuo. La *probabilidad de selección*  $p_i$  de un individuo  $i$  con este método está dada por:

$$p_i = \frac{f(i)}{TF} \quad (3.8)$$

Donde  $TF$  es la *adaptación total* de la población calculada así:

$$TF = \sum_{i=1}^N f(i) \quad (3.9)$$

El procedimiento para aplicar *selección por ruleta* es el siguiente:

- (a) Calcular la *adaptación total* de la población ( $TF$ ).
- (b) Calcular las *probabilidades de selección* de los individuos ( $p_i$ ).
- (c) Calcular las *probabilidades acumuladas* ( $q_i$ ).
- (d) Generar un número aleatorio  $r \in [0,1]$ .
- (e) Seleccionar al individuo  $i$  que cumpla:  $q_{i-1} < r < q_i$ .

Este proceso se repite para cada individuo que se desee seleccionar, hasta que una parte  $\alpha$  de la generación sea seleccionada y sus cromosomas sean “clonados” a la siguiente generación.

A continuación, se presenta un ejemplo de aplicación del método de selección descrito. Para ello, en la Tabla 3.11 se presenta información correspondiente a una población de 8 individuos.

Tabla 3.11. Población de ejemplo.

<b>Individual</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Fitness</b>	0,21	0,24	0,25	0,75	0,34	0,49	0,28	0,80

(a) Cálculo de la *adaptación total* de la población aplicando (3.9):

$$TF = 0,21 + 0,24 + 0,25 + 0,75 + 0,34 + 0,49 + 0,28 + 0,80 = 3,36$$

(b) Cálculo de las *probabilidades de selección* de los individuos aplicando (3.8):

Tabla 3.12. Cálculo de probabilidades de selección.

<b>Individual</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Fitness</b>	0,21	0,24	0,25	0,75	0,34	0,49	0,28	0,80
<b><math>p_i</math></b>	0,06	0,07	0,07	0,22	0,10	0,14	0,08	0,24

(c) Cálculo de las *probabilidades acumuladas*:

Tabla 3.13. Cálculo de probabilidades acumuladas.

<b>Individual</b>	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Fitness</b>	0,21	0,24	0,25	0,75	0,34	0,49	0,28	0,80
<b><math>p_i</math></b>	0,06	0,07	0,07	0,22	0,10	0,14	0,08	0,24
<b><math>q_i</math></b>	0,06	0,14	0,21	0,43	0,53	0,68	0,76	1,00

(d) Generación de números aleatorios, asumiendo que se desean seleccionar 3 individuos:

$$r_1 = 0,7112$$

$$r_2 = 0,9456$$

$$r_3 = 0,4547$$

(e) Selección de individuos. De acuerdo con el método de la ruleta, los individuos seleccionados serían  $i_5$ ,  $i_7$  e  $i_8$ , ya que se cumplen las siguientes condiciones:

$$q_6 < 0,7112 < q_7 \rightarrow i_7$$

$$q_7 < 0,9456 < q_8 \rightarrow i_8$$

$$q_4 < 0,4547 < q_5 \rightarrow i_5$$

Si se representa gráficamente, la situación es la que se muestra en la Figura 3.6.

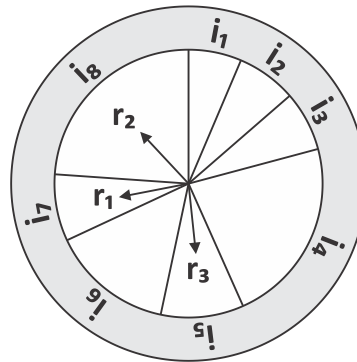


Figura 3.6. Representación del método de la ruleta.

El mecanismo de selección descrito se emplea en la maximización de funciones asignando probabilidades de selección proporcionales al valor de la función de adaptación. Sin embargo, en una minimización, como es el caso en estudio, lo que interesan son los valores más pequeños de dicha función. Luego no se puede aplicar el mecanismo de selección tal cual. Tampoco se puede limitar a cambiar el signo de la función, puesto que el mecanismo trabaja con valores positivos que representan probabilidades.

La solución está en realizar una modificación de los valores de la función de adaptación, de forma que se obtengan valores positivos y que cuanto menor sea el valor de la función (más cercano al óptimo) mayor sea el correspondiente valor normalizado. A continuación se define el marco para dicha selección proporcional de aptitud normalizada (Weise, 2009).

(a) Obtener la *menor adaptación* ( $\min V$ ) de toda la población:

$$\min V = \min \{f(i), \forall i \in Pop\} \quad (3.10)$$

(b) Obtener la *mayor adaptación* ( $\max V$ ) de toda la población:

$$\max V = \max \{f(i), \forall i \in Pop\} \quad (3.11)$$

(c) Calcular los *valores normalizados* ( $normV$ ) para la aptitud de los individuos:

$$\text{norm}V(i) = \frac{\max V - f(i)}{\max V - \min V} \quad (3.12)$$

(d) Calcular la *probabilidad de selección* de los individuos ( $p_i$ ):

$$p_i = \frac{\text{norm}V(i)}{TNF} \quad (3.13)$$

Donde *TNF* es la *adaptación total normalizada* de la población calculada así:

$$TNF = \sum_{i=1}^N \text{norm}V(i) \quad (3.14)$$

A continuación, se presenta como ejemplo de aplicación de la selección proporcional de aptitud normalizada el caso anterior, que toma como base la Tabla 3.11.

(a) Obtención de la *menor adaptación* aplicando (3.10):

$$\min V = 0,21$$

(b) Obtención de la *mayor adaptación* aplicando (3.11):

$$\max V = 0,80$$

(c) Cálculo de los *valores normalizados* de los individuos aplicando (3.12):

Tabla 3.14. Cálculo de valores normalizados.

Individual	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Fitness</b>	0,21	0,24	0,25	0,75	0,34	0,49	0,28	0,80
<b>normV(i)</b>	1,00	0,95	0,93	0,08	0,78	0,53	0,88	0,00

(d) Cálculo de la *adaptación total normalizada* de la población aplicando (3.14):

$$TNF = 1,00 + 0,95 + 0,93 + 0,08 + 0,78 + 0,53 + 0,88 + 0,00 = 5,15$$

(e) Cálculo de las *probabilidades de selección* de los individuos aplicando (3.13):

Tabla 3.15. Cálculo de probabilidades de selección.

Individual	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Fitness</b>	0,21	0,24	0,25	0,75	0,34	0,49	0,28	0,80
<b>normV(i)</b>	1,00	0,95	0,93	0,08	0,78	0,53	0,88	0,00
<b>p<sub>i</sub></b>	0,19	0,18	0,18	0,02	0,15	0,10	0,17	0,00

Para la selección de los individuos, el proceso continuaría de manera similar que para el caso de maximización, como se muestra a continuación.

(f) Cálculo de las *probabilidades acumuladas*:

Tabla 3.16. Cálculo de probabilidades acumuladas.

Individual	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Fitness</b>	0,21	0,24	0,25	0,75	0,34	0,49	0,28	0,80
<b>normV(i)</b>	1,00	0,95	0,93	0,08	0,78	0,53	0,88	0,00
<b>p<sub>i</sub></b>	0,19	0,18	0,18	0,02	0,15	0,10	0,17	0,00
<b>q<sub>i</sub></b>	0,19	0,37	0,55	0,57	0,72	0,82	0,99	0,99

(g) Generación de números aleatorios, asumiendo que se desean seleccionar 3 individuos:

$$r_1 = 0,7112$$

$$r_2 = 0,9456$$

$$r_3 = 0,4547$$

(h) Selección de individuos. De acuerdo con el método de la ruleta, pero considerando ahora un criterio de minimización, los individuos seleccionados serían  $i_3$ ,  $i_5$  e  $i_7$ , ya que se cumplen las siguientes condiciones:

$$q_4 < 0,7112 < q_5 \rightarrow i_5$$

$$q_6 < 0,9456 < q_7 \rightarrow i_7$$

$$q_2 < 0,4547 < q_3 \rightarrow i_3$$

Si se representa gráficamente, la situación es la que se muestra en la Figura 3.7.

**Cruce:**

Para llevar a cabo el cruce de genes entre cromosomas de varios individuos para producir uno o varios hijos existe una amplia gama de operadores de cruce, los cuales en su mayoría consideran la representación vectorial de los cromosomas. Algunos de los operadores más comunes en problemas donde no se presentan genes repetidos son: cruce de dos puntos – 2X, cruce de orden lineal – LOX, cruce por emparejamiento parcial – PMX, cruce por ciclo – CX, operador C1, operador NABEL, cruce multipadres – MPX, y cruce de la subsecuencia común más larga – LCSX (Reza H. & Saghafian, 2005).

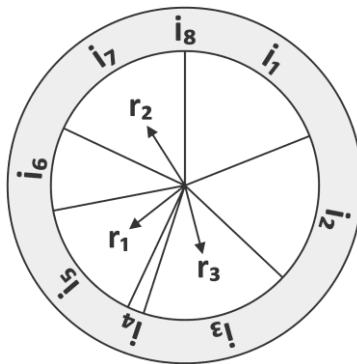


Figura 3.7. Representación del método de la ruleta (Minimización).

El operador de cruce seleccionado es una modificación del *Operador C1*, en el cual se escoge un punto de cruce (fijo o aleatorio) entre los cromosomas de los padres, se combina el primer segmento del primer padre con el segundo padre, pero en el orden en que los genes correspondientes aparezcan en el segundo padre, y viceversa. La modificación propuesta consiste en aprovechar la representación matricial de los individuos y usar múltiples puntos de cruce aleatorios (tantos como el número de filas), tal como se muestra en la Figura 3.8. Este operador preserva las posiciones absolutas tomadas del primer padre y las posiciones relativas del segundo padre, por lo que se espera proporcione suficiente espacio para la modificación del cromosoma, sin interrumpirla excesivamente.

Si el punto de cruce entre dos individuos  $X^1$  y  $X^2$  es el vector  $R_j$  ( $0 \leq R_j \leq N/G$ ), los estudiantes  $X^1_{j,b}$  ( $R_j + 1 \leq b \leq N/G$ ) se reordenarían de acuerdo con sus posiciones en  $X^2$  generando así el primer hijo, y de manera análoga se haría con  $X^2$  para generar el

segundo. En la Tabla 3.17 se ilustra este procedimiento con un ejemplo usando  $R_j = \{2,1,3,2\}$ , donde  $X^1$  y  $X^2$  son los padres y,  $X^{1*}$  y  $X^{2*}$  son los hijos correspondientes.

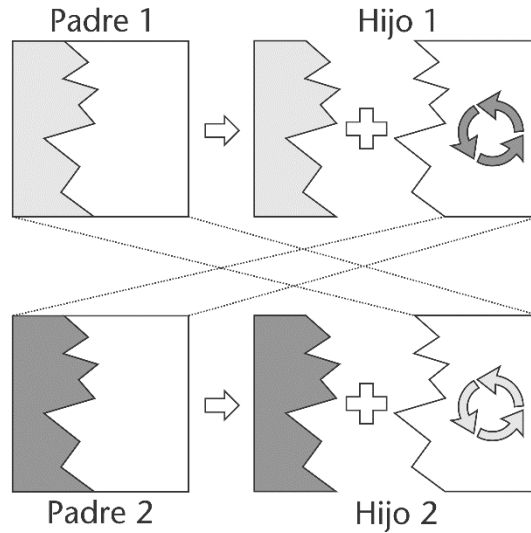


Figura 3.8. Operador C1 modificado.

Tabla 3.17. Ejemplo del Operador C1.

$X^1$				$X^2$				$X^{1*}$				$X^{2*}$			
14	1	6	12	1	6	10	15	14	1	6	15	1	6	14	10
10	15	5	13	8	11	4	13	10	13	5	12	8	15	13	11
11	8	9	16	5	12	9	2	11	8	9	2	5	12	9	3
3	4	7	2	7	16	14	3	3	4	7	16	7	16	4	2

Para que el número de individuos entre generaciones permanezca constante, la restante  $(1 - \alpha)$  parte de cada nueva generación se obtiene mediante la operación de cruce descrita previamente, seleccionando los padres por medio del mecanismo de ruleta.

**Mutación:**

Dada la naturaleza del problema, se emplea una variación del operador de mutación por intercambio. Se plantea en dos pasos. En el primer paso se seleccionan aleatoriamente los individuos a mutar mediante una probabilidad  $p_m$ . En el segundo paso se seleccionan aleatoriamente dos genes a mutar. La mutación de genes consistirá en el intercambio de valores de un alelo específico en cada gen, seleccionado también aleatoriamente.

Considerando la representación matricial empleada es necesario hacer la salvedad de que el alelo con el que se realice el intercambio no puede estar situado en la misma fila pues el cambio no tendría incidencia alguna (el orden al interior de un grupo no tiene relevancia).

### ***Reemplazo:***

Habitualmente los algoritmos genéticos mantienen el tamaño de la población constante. Para ello los nuevos individuos creados mediante los operadores genéticos deben reemplazar a otros de la población anterior. Para el caso en estudio, la descendencia de los individuos seleccionados en cada generación se incluye en la población actual, reemplazando a algunos individuos de la población anterior, se conserva parte de la población de generación en generación. Es decir, se trabaja con un algoritmo genético de estado estacionario, empleando el reemplazo de los padres (los hijos sustituyen a sus padres).

### ***Parámetros del Algoritmo Genético:***

Un aspecto importante a tener en cuenta en la implementación de un algoritmo genético es la fijación de sus parámetros: el tamaño de la población, la probabilidad de cruce y la probabilidad de mutación. Sin embargo, se ha observado que los valores de estos parámetros se pueden ir adaptando durante el proceso de búsqueda del algoritmo genético.

El tamaño de la población indica el número de individuos que se tienen en la población para una generación determinada. Las poblaciones pequeñas corren el riesgo de no cubrir adecuadamente el espacio de búsqueda, mientras que el trabajar con poblaciones de gran tamaño puede acarrear problemas relacionados con el excesivo costo computacional. De hecho, estudios revelan que hay un límite a partir del cual es ineficiente elevar el tamaño de la población puesto que no se consigue una mayor velocidad en la resolución del problema, como en (Schaffer, Caruana, Eshelman, & Das, 1989).

La probabilidad de cruce (denotada por  $p_c$ ) se define como la relación entre el número de hijos producidos en cada generación y el tamaño de la población. Esta probabilidad



controla el número esperado de cromosomas que se someten a la operación de cruce. Una alta probabilidad de cruce permite una mayor exploración del espacio de soluciones, reduciendo la posibilidad de establecerse en un óptimo falso; pero si la probabilidad es muy alta, provoca un gran desperdicio en cuanto a cantidad de tiempo de computo en la exploración de regiones no prometedoras del espacio de soluciones. Valores propuestos para la probabilidad de cruce son  $p_c = 0.6$  (De Jong, 1975),  $p_c = 0.95$  (Grefenstette, 1986) y  $p_c \in [0.75, 0.95]$  (Schaffer et al., 1989).

Por su parte, la probabilidad de mutación controla el porcentaje en el cual se introducen nuevos genes en la población. Si es muy baja, muchos genes que podrían haber sido producidos nunca se prueban. Si es muy alta, habrá mucha perturbación aleatoria, los hijos comenzarán a perder su parecido a los padres. El algoritmo perderá la habilidad de aprender de la historia de la búsqueda. Valores comunes para la probabilidad de mutación son  $p_m = 0.001$  (De Jong, 1975),  $p_m = 0.01$  (Grefenstette, 1986) y  $p_m \in [0.005, 0.01]$  (Schaffer et al., 1989).

Para el caso específico del problema en cuestión, se prueban valores para cada uno de los parámetros en los rangos sugeridos por los estudios antes mencionados, y otros ligeramente fuera de ellos, seleccionando el conjunto de los que mejores resultados arrojen.

### 3.3.2. Implementación computacional

La descripción algorítmica anterior, es necesario implementarla en un lenguaje de programación, teniendo en cuenta que dicha implementación debe considerar la importación del archivo de texto plano que se describe en la Sección 3.2.6. Se recomienda, al momento de realizar la importación de los datos, tener en cuenta el caso cuando el número total de estudiantes no es múltiplo del tamaño de los grupos requeridos. En esta situación, se sugiere complementar con “dummies” los estudiantes faltantes para generar grupos completos, asignándoles como valores a cada una de las características consideradas, la media del grupo total en cada una de ellas.

Para el caso específico del presente estudio, la implementación se la hizo en Java, con la creación de la librería “TEAM-B”. La librería está diseñada para una fácil creación de aplicaciones Java (de escritorio, web o móviles) para la conformación

homogénea y automática de grupos para escenarios de aprendizaje colaborativo, con individuos que presenten diferentes características cuantificables, a través de la implementación del algoritmo evolutivo descrito en la sección anterior, empleado como técnica de optimización.

Dadas sus inherentes características de reutilización y de escalabilidad, TEAM-B permite la creación rápida de aplicaciones independientes, o ser utilizada como un “*add-in*” de aplicaciones más complejas, como por ejemplo de un “LMS” de código abierto, con las adecuaciones correspondientes.

En la Figura 3.9 se presenta el diagrama de clases de la librería TEAM-B, la cual puede tomarse como referencia para implementaciones personalizadas. En la Figura 3.10 se presenta la captura de pantalla de una sencilla aplicación Java de escritorio, creada haciendo uso de la librería TEAM-B, con la cual se realizaron las validaciones correspondientes a la implementación del algoritmo genético, y cuyos resultados se emplearon en la evaluación de la técnica de conformación de grupos propuesta.

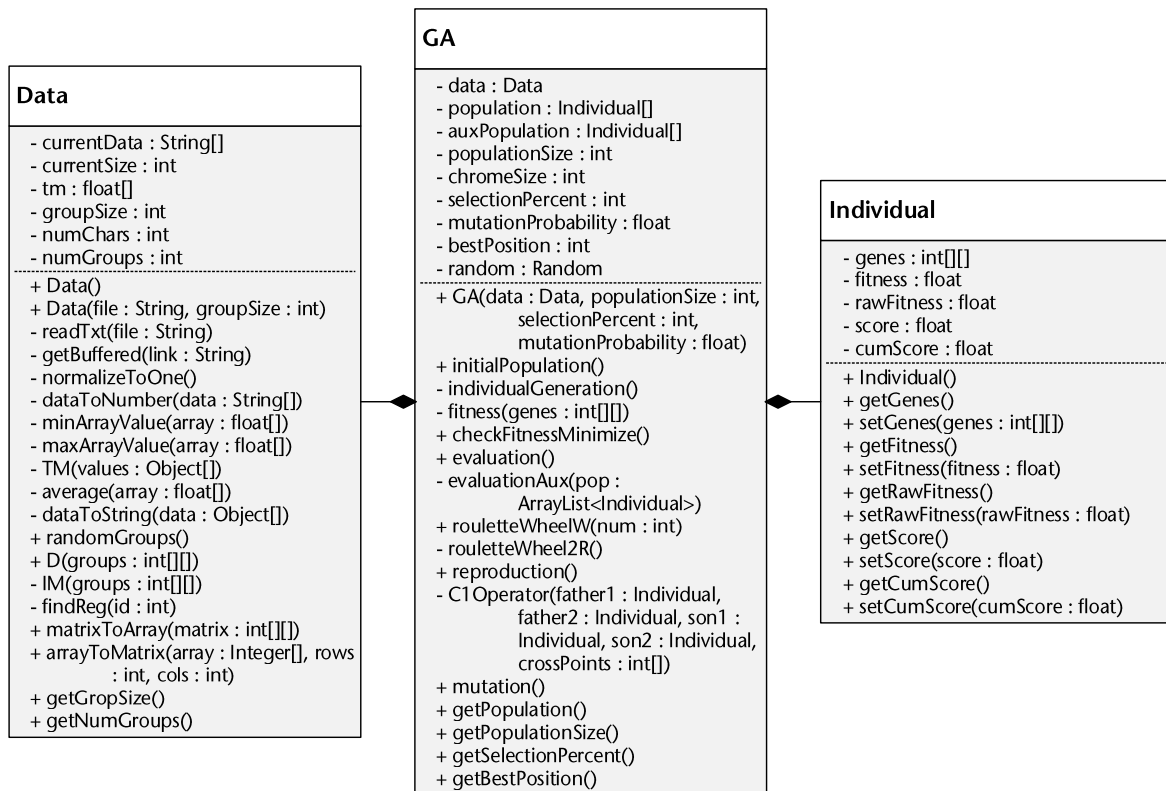


Figura 3.9. Diagrama de clases de la librería TEAM-B.

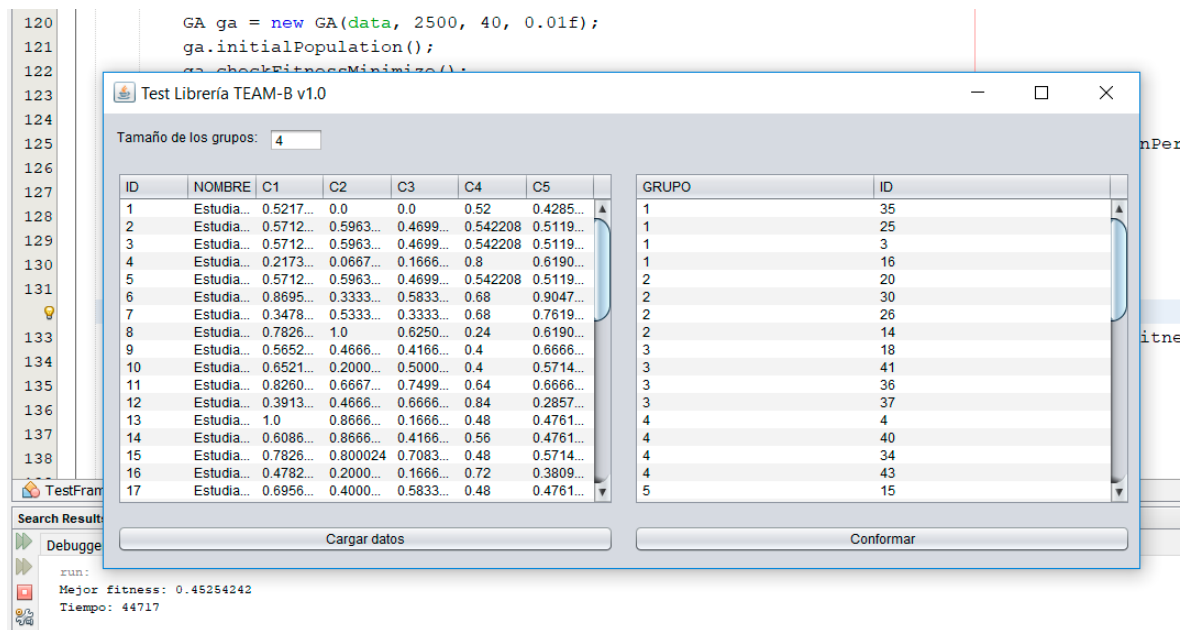


Figura 3.10. Captura de pantalla de Aplicación Java de Prueba.

### 3.3.3. Obtención de grupos

La implementación computacional que se realice debe permitir de alguna manera obtener la conformación “ideal” de los grupos, atendiendo a los rasgos de personalidad de los estudiantes participantes, cuantificados mediante el proceso descrito en la Sección 3.2, y optimizada mediante el algoritmo genético anteriormente descrito.

Para el caso específico de la librería TEAM-B, como se observa en su diagrama de clases, dispone de unos métodos que permiten obtener la mencionada conformación óptima de grupos. Estos métodos son:

- ***getBestPosition()***: Método que permite obtener el índice del individuo con el mejor valor de adaptación en la población. Retorna un valor entero (int).
- ***getPopulation()***: Método que permite obtener todos los individuos de la población. Retorna un arreglo de individuos (Individual[]).
- ***getGenes()***: Método que permite obtener los genes de un individuo, que en este caso corresponden a la conformación de los grupos. Retorna una matriz de enteros (int[][]), cuyas filas representan a cada uno de los grupos y las columnas a cada uno de sus miembros.

En la aplicación de prueba (ver Figura 3.10) se observa que se requiere conformar grupos de 4 estudiantes. Se ha suministrado a través de un archivo de texto plano, los datos correspondientes a 22 estudiantes. Al realizar la conformación de grupos se observa que el Grupo 1 está conformado por los estudiantes 22, 24, 9 y 23, el Grupo 2 por los estudiantes 12, 10, 18 y 13, y así sucesivamente. En el panel de salida (Output), puede observarse cuál es el valor de la mejor adaptación y en qué generación fue obtenido.

## **3.4. Actividad Colaborativa**

Como se menciona en la Sección 3.1, la actividad colaborativa se incorpora al proceso únicamente para efectos de validación de la técnica. Para el caso en estudio, se propone una actividad colaborativa para los cursos iniciales de programación del ámbito universitario. En esta sección se describe la actividad propuesta, se plantea un plan de implementación y se especifica su diseño colaborativo.

### **3.4.1. Evaluación por pares**

Topping et al. (Topping, Smith, Swanson, & Elliot, 2000) definen la evaluación por pares como "un acuerdo para que los compañeros consideren el nivel, el valor, la calidad o el éxito de los productos o los resultados del aprendizaje de otros con un estatus similar". La evaluación por pares es una técnica que generalmente se considera efectiva para promover las habilidades cognitivas superiores de los estudiantes, ya que estos usan sus conocimientos y habilidades para interpretar, analizar y evaluar el trabajo de los demás a fin de aclararlo y corregirlo (Sitthiworachart & Joy, 2004). Esta técnica ha sido satisfactoriamente empleada en variedad de disciplinas académicas.

La evaluación por pares es una extensión natural del cambio de un modo de educación centrado en el profesor a uno centrado en el estudiante, que enfatiza la responsabilidad y la participación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, así como las habilidades metacognitivas y un modelo dialógico y colaborativo de enseñanza / aprendizaje. Debe diseñarse para mejorar el aprendizaje profundo mediante rondas de revisión y comentarios (Spiller, 2012) (ver Figura 3.11).



Figura 3.11. La evaluación por pares. Rondas de revisión y comentarios de los estudiantes.

La evaluación por pares, propuesta por Topping et al. (Topping et al., 2000), puede verse como una estrategia de enseñanza que brinda a los estudiantes la posibilidad de evaluar las fortalezas y debilidades de los trabajos de sus pares, permitiéndoles realizar modificaciones a objetivos no alcanzados, para desarrollar sus capacidades metacognitivas y de pensamiento crítico, su rendimiento en pruebas y sus habilidades profesionales. La evaluación por pares se puede aplicar como una evaluación formativa o sumativa, al proporcionar a los estudiantes las rúbricas de los profesores para evaluar el trabajo de los compañeros y dar sugerencias. Durante el proceso de evaluación entre pares, los estudiantes deben ver los trabajos desde el punto de vista de los profesores y pensar si el rendimiento de los compañeros cumple con los requisitos establecidos. Por otra parte, al evaluar el trabajo de los compañeros, los estudiantes también tienen la oportunidad de reflexionar y pensar cómo mejorar su propio trabajo; dicho proceso puede beneficiar el rendimiento académico de los “revisores” y de los “revisados”, y promover la creatividad de los estudiantes (Hwang, Liang, & Wang, 2016).

La evaluación por pares es fundamentalmente una actividad de colaboración que se produce entre al menos dos pares. Al reconocer esto, un tema crucial es el grado de interactividad que se permite durante el proceso de evaluación. En una versión más

interactiva, la evaluación por pares puede permitir o incluso requerir que los compañeros negocien sobre cómo abordar una tarea determinada, cómo dar su opinión y cómo usar los comentarios durante la revisión (van Gennip, Segers, & Tillema, 2010). Tal intercambio interactivo puede ser beneficioso porque puede evocar procesos cognitivos y discursivos que desencadenan una elaboración más profunda del material y, por lo tanto, conducen a un mejor aprendizaje (King, 2007).

### 3.4.2. Evaluación de código por pares

Se propone una actividad colaborativa, la cual se ha denominado “Evaluación de Código por Pares”, que permita a los estudiantes de un curso inicial de Programación, seguir trabajando en grupo fuera del aula.

#### Identificación de roles:

Para la realización de la actividad propuesta, se identifican los roles que se muestran en la Figura 3.12, y que se describen a continuación:

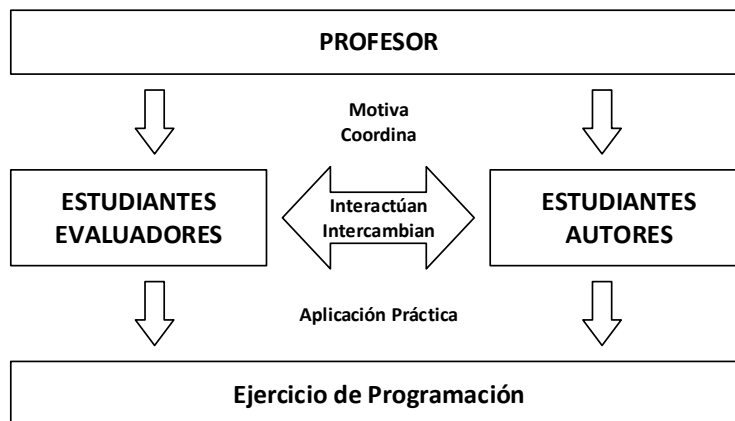


Figura 3.12. Identificación de roles en la evaluación de código por pares.

- Profesor: quien es el encargado de motivar y coordinar la actividad.
- Estudiantes evaluadores: son los grupos de estudiantes quienes en la etapa de proceso toman el rol de evaluadores del código de sus compañeros autores.
- Estudiantes autores: son los grupos de estudiantes quienes en la etapa de proceso toman el rol de autores del código y son evaluados por sus compañeros evaluadores.

El rol de evaluador y de autor se desempeña en paralelo, dado que mientras el estudiante se encuentra evaluando el código de sus compañeros, al mismo tiempo, su código está siendo también evaluado por sus compañeros.

### **Etapas:**

Teniendo en cuenta que un proceso de aprendizaje colaborativo está formado por varias tareas o actividades que deben ser desarrolladas tanto por el mediador cognitivo o facilitador como por los grupos de aprendices, como lo proponen (Guerrero, Alarcon, Franco, Hiberico, & Collazos, 1999), éstas se organizan en tres etapas:

**Primer etapa (pre-proceso):** Se desarrolla una actividad colaborativa en línea donde los estudiantes deben resolver un problema planteado por el docente (ver Anexo C) realizando el análisis, el diseño y la implementación en el lenguaje de programación seleccionado para el curso. Para la parte del análisis y el diseño en pseudocódigo de la solución se utilizan documentos compartidos en línea a través de Google Docs. Cada estudiante desde su computador accede a Google Docs y al documento compartido. La participación de cada estudiante se incorpora al mismo documento y todos tendrán la misma versión para trabajar. Esta participación puede ser realizada en forma asincrónica, y también se puede hacer en forma sincrónica donde todos los estudiantes que comparten el documento pueden ver que están haciendo sus compañeros. Una vez que el equipo acuerda una solución en Google Docs, deben convertir el pseudocódigo al lenguaje de programación. Esta actividad dura 7 días.

**Segunda etapa (proceso):** Cada grupo entrega el código fuente y el código ejecutable al docente del curso. Esto se realiza a través de un LMS. El docente realiza un cruce de soluciones en forma anónima entre los diferentes grupos, de manera que cada equipo pueda corregir y verificar la solución que le fue asignada. Se le envía a cada grupo el código escrito en el lenguaje seleccionado, el programa ejecutable, las pautas para realizar la actividad y las pautas de corrección. Para llevar a cabo esta tarea y como parte del trabajo del equipo se deberá establecer quien cumple el rol de “autor” de la solución y quien cumple el rol “evaluador” de la solución. Cada equipo presenta un informe en línea con las correcciones y comentarios efectuados al código. Estas correcciones son visualizadas por el grupo evaluador y el docente a través del LMS. Esta actividad dura 4 días.

**Tercera etapa (post-proceso):** El docente recibe las correcciones de cada grupo evaluador y las redistribuye a cada grupo autor. El docente revisa las correcciones y selecciona una o varias soluciones que mejor representen la solución al problema y que cumplan con las pautas de calidad de programación establecidas. Con las soluciones seleccionadas, se trabaja en el aula presencial y se ponen en discusión los códigos presentados y se construye, junto al docente, una solución acordada entre todos los participantes. Por último, se publica esa solución en el LMS. En este nuevo espacio compartido cada grupo compartirá su solución corregida. Las actividades del tercer momento duran 4 días.

### 3.4.3. Plan de implementación

A continuación, en la Tabla 3.18 se describe, como lo proponen Collazos y Mendoza (C. Collazos & Mendoza, 2006), un plan de implementación, en el que se incluyen las actividades en la etapa de inicio (configuración inicial) y aquellas que se requieren para garantizar los principios básicos de una actividad colaborativa.

Tabla 3.18. Plan de implementación de la actividad colaborativa.

Configuración Inicial				
Objetivos	Duración	Recursos/Materiales	Conformación de Grupos	Distribución de estudiantes
<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolver un problema de programación realizando el análisis, el diseño y la implementación en lenguaje.</li> <li>Enviar a cada grupo el código, las pautas para realizar la actividad y las pautas de corrección.</li> <li>Presentar un informe en línea con las correcciones y comentarios efectuados al código.</li> <li>Construir conjuntamente la solución al problema.</li> </ul>	15 días	<ul style="list-style-type: none"> <li>Documentación de análisis, diseño y pseudocódigo compartida en GD.</li> <li>Código fuente y ejecutable implementado en lenguaje de programación y publicado en LMS.</li> <li>Solución final publicada en LMS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Homogéneos con respecto a los rasgos de personalidad de los estudiantes</li> <li>3 o 4 estudiantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para la primera y segunda etapas, trabajo virtual sincrónico y asincrónico en GD y LMS.</li> <li>Para el tercer momento, trabajo en aula física de clase.</li> </ul>
Principios Básicos				
Principios		Actividades		
1. Interdependencia positiva		<ul style="list-style-type: none"> <li>Productos solicitados: documentación de análisis, diseño y pseudocódigo, y, código fuente y ejecutable.</li> <li>Roles secundarios asignados: para los autores, analista, diseñador e implementador; para los evaluadores, relator y revisores. Por cada ronda se intercambian estos roles.</li> <li>Evaluación grupal y bonificaciones por promedio grupal que exceda un mínimo establecido por el profesor.</li> </ul>		
2. Responsabilidad individual		<ul style="list-style-type: none"> <li>Conformación de grupos de máximo 4 integrantes.</li> <li>Evaluación individual y bonificaciones por promedio grupal que exceda un mínimo establecido por el profesor.</li> </ul>		
3. Habilidades cognitivas e interpersonales		<ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación adecuada de la solución</li> <li>Comunicación</li> </ul>		



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colaboración</li> <li>• Solución de conflictos</li> </ul>
4. Interacción simultánea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interacción sincrónica y asincrónica en GD.</li> <li>• Interacción sincrónica y asincrónica en LMS a través de chat y foro de discusión.</li> </ul>
5. Evaluación y reflexión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las entregas en las fechas acordadas</li> <li>• Envío o no de la solución ejecutable</li> <li>• La cantidad de accesos y la cantidad y calidad de líneas de código en el documento compartido en GD</li> <li>• La entrega de la corrección solicitada</li> <li>• La corrección realizada de acuerdo a las pautas fijadas</li> <li>• Los tipos de correcciones realizadas</li> <li>• Nivel de participación en clase.</li> <li>• La actividad finalmente conforma una nota que será promediada junto a otras evaluaciones que se realizan en el curso para conformar la nota final de cada estudiante.</li> </ul>
6. Actividades de extensión	N/A (Dado el diseño de la actividad)

#### 3.4.4. Diseño colaborativo

Para el diseño colaborativo de la actividad propuesta, se emplea la metodología para el desarrollo de procesos colaborativos propuesta por (Kolfshoten & De Vreede, 2007), la cual se especifica a continuación en cada una de sus fases.

#### DIAGNÓSTICO DE LA ACTIVIDAD:

**Meta:** Realizar evaluación de código por pares como actividad colaborativa, que permita a los estudiantes de un curso inicial de Programación, continuar trabajando fuera del aula de clase.

**Entregables:** Documentos de análisis, diseño y pseudocódigo, y, código fuente y ejecutable, tanto grupales como unificados.

**Objetivo:** Colaborar para obtener una perspectiva más amplia de la temática en desarrollo.

**Grupo:** Estudiantes de cursos iniciales de programación del ámbito universitario, organizados homogéneamente por rasgos de personalidad en grupos de 3 o 4 estudiantes.

**Roles:** Profesor, quien es el encargado de motivar y coordinar la actividad; estudiantes evaluadores, son los grupos de estudiantes quienes en la etapa de proceso toman el rol de evaluadores del código de sus compañeros autores; y, estudiantes autores, son

los grupos de estudiantes quienes en la etapa de proceso toman el rol de autores del código y son evaluados por sus compañeros evaluadores.

**Requerimientos:** Documentos compartidos en línea (Google Docs), soporte de LMS disponible, aula física de clase, tres momentos de interacción con una duración aproximada de 15 días entre los estudiantes de un curso inicial de programación.

**DESCOMPOSICIÓN DE LA ACTIVIDAD:** Utilizando en el enfoque de descomposición del proceso (Kolfschoten & De Vreede, 2007), la actividad se podría descomponer bajo la siguiente estructura:

<b>Nombre de la actividad: Evaluación de código por pares.</b>		
<b>No.</b>	<b>Sub-Actividades</b>	<b>Colaborativa</b>
1	Análisis, diseño e implementación inicial de la solución	Si
2	Corrección y verificación de soluciones	Si
3	Construcción de una solución acordada	Si
Participantes: Profesor, estudiantes. Tiempo de duración estimado: 15 días		
<b>Sub-Actividad 1: Análisis, diseño e implementación inicial de la solución.</b>		
<b>Actividades relacionadas:</b> Utilización de documentos compartidos en línea y de LMS. <b>Descripción:</b> Se desarrolla una actividad colaborativa en línea donde los estudiantes deben resolver un problema planteado por el profesor realizando el análisis, el diseño y la implementación en el lenguaje de programación seleccionado para el curso. <b>Entradas:</b> Problema planteado por el profesor; documento base de análisis, diseño y pseudocódigo. <b>Resultados esperados:</b> Documentación de análisis, diseño y pseudocódigo compartida en GD; código fuente y ejecutable implementado en lenguaje de programación y publicado en LMS. <b>Participantes:</b> Estudiantes		
<b>Patrón</b>	<b>Justificación</b>	
Generación	Este patrón permite a los estudiantes al interior de cada grupo, realizar aportes para la construcción colectiva de una solución al problema planteado por el profesor. El objetivo de este patrón es pasar de tener pocos a tener muchos conceptos e ideas compartidas por el grupo.	
<b>Sub-Actividad 2: Corrección y verificación de soluciones.</b>		
<b>Actividades relacionadas:</b> Utilización de documentos compartidos en línea y de LMS. <b>Descripción:</b> Se desarrolla una actividad colaborativa en línea en la que el profesor realiza un cruce de soluciones en forma anónima entre los diferentes grupos, de manera que cada equipo pueda corregir y verificar la solución que le fue asignada. <b>Entradas:</b> Código fuente y ejecutable de las soluciones de los diferentes grupos; pautas para realizar la actividad, pautas de corrección. <b>Resultados esperados:</b> Informe en línea con las correcciones y comentarios efectuados al código. <b>Participantes:</b> Profesor, estudiantes.		
<b>Patrón</b>	<b>Justificación</b>	
Generación	Este patrón permite a los estudiantes al interior de cada grupo, realizar aportes para la corrección y verificación colectiva de las diferentes soluciones al problema planteado por el profesor. El objetivo de este patrón es pasar de tener pocos a tener muchos conceptos e ideas compartidas por el grupo.	
<b>Sub-Actividad 3: Construcción de una solución acordada.</b>		
<b>Actividades relacionadas:</b> Utilización de documentos compartidos en línea y de LMS.		

<b>Nombre de la actividad: Evaluación de código por pares.</b>	
<p><b>Descripción:</b> Se desarrolla una actividad colaborativa en aula presencial, en la que el profesor revisa las correcciones y selecciona una o varias soluciones que mejor representen la solución al problema y que cumplan con las pautas de calidad de programación establecidas; esas soluciones seleccionadas se ponen en discusión y se construye, junto al profesor, una solución acordada entre todos los participantes de la actividad.</p> <p><b>Entradas:</b> Soluciones corregidas y comentadas.</p> <p><b>Resultados esperados:</b> Código fuente y ejecutable de la solución acordada.</p> <p><b>Participantes:</b> Profesor, estudiantes.</p>	
<b>Patrón</b>	<b>Justificación</b>
Construcción de consenso	Este patrón permite a los estudiantes al interior de cada grupo, realizar aportes para la construcción consensuada de una solución al problema planteado por el profesor. El objetivo de este patrón es pasar de tener pocos a tener muchos miembros del grupo que estén dispuestos a comprometerse con una propuesta.

**SELECCIÓN DE THINKLETS:** A continuación, se presenta la descripción de los ThinkLets a emplearse en las sub-actividades definidas como colaborativas. Algunos aspectos de la estructura de los ThinkLets han sido modificados levemente, pero manteniendo la estructura básica y objetivo de cada uno de ellos.

<b>ThinkLet ComparativeBrainstorm</b>	
<b>Escoger este ThinkLet...</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para generar una lluvia de ideas sobre soluciones de problemas.</li> <li>▪ Cuando sepa de antemano cuál será el criterio para juzgar si una solución es buena o no.</li> <li>▪ Cuando el tiempo es esencial.</li> </ul>
<b>No escoger este ThinkLet...</b>	Cuando desea dar libertad a las personas en su búsqueda de soluciones. Use <i>FreeBrainstorm</i> en su lugar.
<b>Información general</b>	<p>El equipo genera una lluvia de ideas de soluciones para un problema en respuesta a una secuencia de pautas comparativas ofrecidas por un moderador.</p> <p><b>Entradas:</b> Un conjunto de criterios para decidir qué soluciones son buenas y cuáles no lo son.</p> <p><b>Salidas:</b> Un conjunto de soluciones potenciales.</p>
<b>Configuración</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrolle un conjunto de pautas comparativas basado en los criterios de calidad requeridos para la solución.</li> <li>2. Publique un enunciado como pregunta para la lluvia de ideas.</li> <li>3. Cree una página de lluvia de ideas para cada participante, más una adicional, más otra adicional por cada 10 personas en el grupo (si es el caso).</li> </ol>
<b>Pasos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asegúrese de que los participantes entiendan el problema.</li> <li>2. Diga esto: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. <i>“Cada uno tome su página de lluvia de ideas”.</i></li> <li>b. <i>“Cada uno de ustedes está comenzando una página diferente”.</i></li> <li>c. <i>“Escriba la mejor solución que se le ocurra para el problema”.</i></li> <li>d. <i>“Cuando termine de escribir su solución, no la diga. Solo cruce sus brazos para saber que ya terminó”.</i></li> </ol> </li> <li>3. Espere hasta que todos hayan terminado de escribir su primera idea, luego diga esto:</li> </ol>

<b>ThinkLet ComparativeBrainstorm</b>	
	a. <i>“Ahora intercambien páginas”</i> . b. Dé una de las indicaciones comparativas. 4. Repita el patrón de intercambio de páginas y responda a las indicaciones comparativas hasta que el grupo se quede sin tiempo o ideas.
<b>¿Por qué el nombre?</b>	Este ThinkLet lleva su nombre porque se le pide a los participantes que comparen sus nuevas ideas con las ideas que ya existen, y que rechacen cualquier contribución.

<b>ThinkLet MoodRing</b>	
<b>Escoger este ThinkLet...</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Para detectar patrones de consenso sobre un solo tema en tiempo real.</li> <li>▪ Para saber cuándo es el momento de dejar de hablar y tomar una decisión.</li> </ul>
<b>No escoger este ThinkLet...</b>	Si necesita abordar varios problemas al mismo tiempo. Use <i>StrawPoll</i> en su lugar.
<b>Información general</b>	Los participantes registran su opinión sobre un solo tema, luego comienzan una discusión oral. Mientras hablan, si escuchan algo que cambia su opinión en cualquier dirección, cambian su voto. <b>Entradas:</b> Una sola opinión de un problema. <b>Salidas:</b> Un patrón siempre cambiante de consenso grupal.
<b>Configuración</b>	1. Publique una opinión sobre un problema en un medidor de opinión. 2. De a conocer el medidor de opinión a los participantes.
<b>Pasos</b>	1. Asegúrese de que el grupo entienda el problema. Diga esto: <i>“Si tiene preguntas aclaratorias sobre el tema en cuestión, por favor levantar la mano”</i> . 2. Si alguien levanta la mano, facilite una discusión verbal para abordar cualquier dificultad de comprensión. Si es necesario, vuelva a formular el problema. 3. Diga esto: <ol style="list-style-type: none"> <li>a. <i>“Por favor registre su opinión en el medidor de opinión”</i>.</li> <li>b. <i>“Ahora hablemos del problema. Si escucha algo que le haga cambiar de parecer en cualquier dirección, cambie su voto. Seguiremos hablando hasta que hayamos llegado a algún tipo de consenso sobre este tema”</i>.</li> </ol>
<b>¿Por qué el nombre?</b>	Este ThinkLet lleva su nombre dada la novedad del “anillo anímico” que apareció en el mercado en la década de los 60’s. Se suponía que el anillo debía revelar el estado de ánimo de la persona que lo portaba. Si la persona se sentía deprimida, se decía que el anillo se volvía negro. Si la persona se sentía feliz, el anillo se ponía azul. Si la persona se sentía enojada, se suponía que el anillo se ponía rojo. De hecho, los colores eran sensibles a la temperatura y no al estado de ánimo. No obstante, al igual que el legendario anillo anímico, este ThinkLet revela la actitud de los miembros del grupo en tiempo real. Proporciona una idea del estado de ánimo del equipo.

**DOCUMENTACIÓN DEL DISEÑO:** A partir de la información obtenida en las etapas anteriores, a continuación, se documenta el diseño colaborativo de la actividad propuesta.

**Construcción de agenda:** La agenda es el documento que presenta de manera clara y detallada la información de las actividades que forman parte del proceso diseñado. En la Tabla 3.19 se muestra en detalle la construcción de este documento.

Tabla 3.19. Agenda detallada.

Actividad	Descripción	Pregunta / Asignación	Entregable	ThinkLet & Patrón	Tiempo (días)
1	Análisis, diseño e implementación inicial de la solución	Utilizar documentos compartidos en línea a través de GD. Convertir el pseudocódigo a lenguaje de programación.	Documentación de análisis, diseño y pseudocódigo compartida en GD; código fuente y ejecutable implementado en lenguaje de programación y publicado en LMS.	ComparativeBrainstorm (Generación)	7
2	Corrección y verificación de soluciones	Enviar el código, las pautas para realizar la actividad y las pautas de corrección.	Informe en línea con las correcciones y comentarios efectuados al código.	ComparativeBrainstorm (Generación)	4
3	Construcción de una solución acordada	Publicar la solución acordada.	Código fuente y ejecutable de la solución acordada.	MoodRing (Construcción de consenso)	4

**Modelo de facilitación del proceso (FPM):** Es un diagrama utilizado para mostrar el flujo del proceso y los elementos del mismo. En la Figura 3.13 se muestra la especificación de este diagrama para la actividad bajo diseño.

**VALIDACIÓN DEL DISEÑO:** Se valida la especificación del proceso colaborativo a través de una prueba piloto con estudiantes de cursos iniciales de programación del ámbito universitario, con el fin de verificar si la ejecución del diseño se puede llevar a cabo en el tiempo estimado y con los recursos definidos.

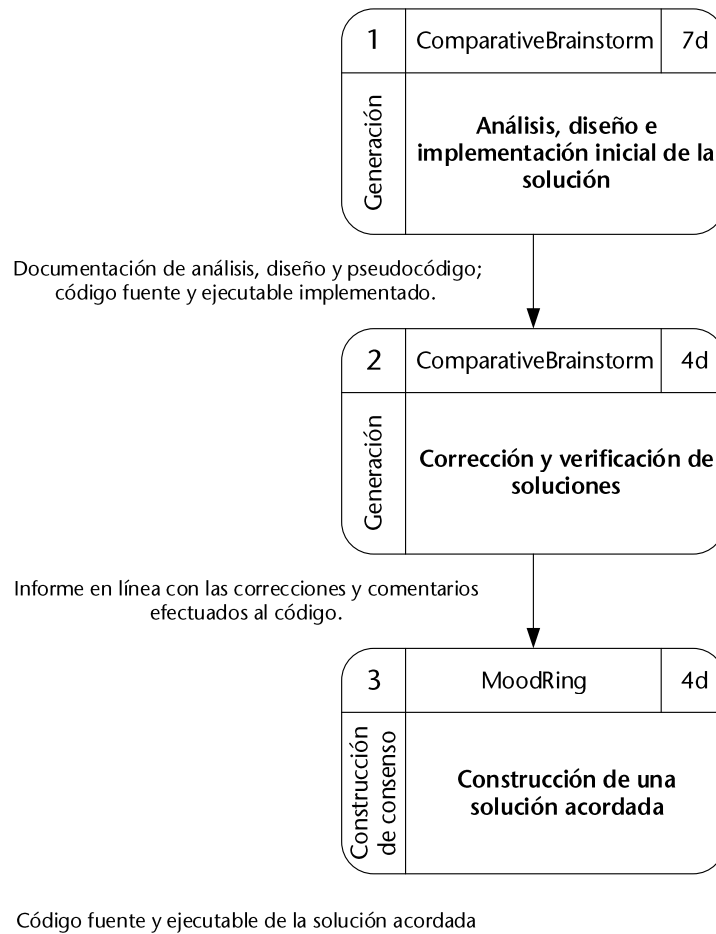


Figura 3.13. Modelo de facilitación del proceso.

## **Capítulo 4**

### **Resultados Obtenidos**

En este capítulo se presentan en detalle los resultados que se obtuvieron en el desarrollo de la investigación, iniciando por una descripción de cómo se llevaría a cabo una sesión de clase aplicando la técnica propuesta, luego se describe la caracterización de los grupos con los cuales se llevó a cabo la experimentación, posteriormente se presentan los resultados de la aplicación del instrumento para la medición de rasgos de personalidad en los estudiantes, se continúa con la presentación de los resultados específicos de la aplicación del algoritmo genético para la conformación de grupos, y se finaliza con los resultados obtenidos en el desarrollo de la actividad colaborativa propuesta.

#### **4.1. Sesión de Clase**

Antes de presentar los resultados obtenidos en el proceso investigativo, es conveniente mostrar a nivel de ejemplo cómo se llevaría a cabo una sesión de clase en la que se desee conformar grupos con la técnica propuesta. Se toma como ejemplo una sesión de clase para apoyar la temática de “Estructuras de Control (condicionales y ciclos)” en un curso inicial de Programación. Para ello, el profesor, teniendo en cuenta el esquema metodológico presentado en la Figura 3.1, realiza los pasos indicados en el diagrama de actividades que se muestra en la Figura 4.1.

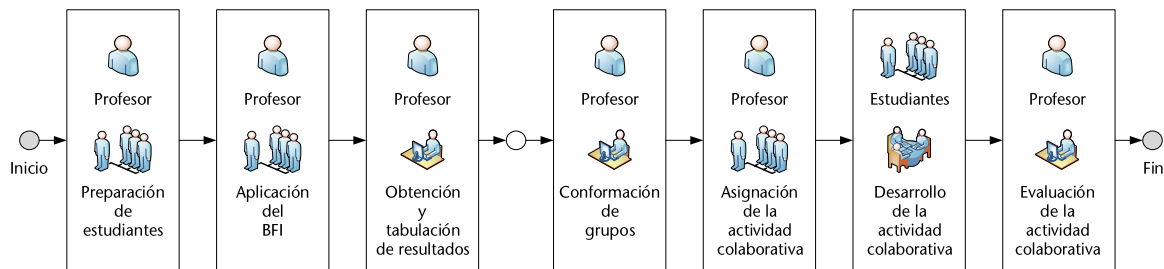


Figura 4.1. Diagrama de actividades clase “Estructuras de Control”.

En la Figura 4.1 se visualiza la realización de las siguientes actividades:

- 1. Preparación de estudiantes:** Es importante que el profesor a cargo explique a los estudiantes el por qué y el para qué de todo el proceso que se va a desarrollar. Se debe recomendar a los estudiantes que contesten todos el cuestionario, en completitud, con la mayor sinceridad posible, dado que no hay respuestas "correctas" o "incorrectas"; aclarar que los resultados brindan un perfil general de personalidad de los participantes el cual será empleado únicamente como insumo para el proceso de agrupamiento. Se recomienda dejar constancia de lo anterior mediante el diligenciamiento individual de un “Consentimiento Informado”, con el cual se acepta la utilización de los resultados para un fin específico, en este caso, la conformación de grupos como estrategia didáctica. Este diligenciamiento se hace a través de un formato físico o a través de un medio informático.
- 2. Aplicación del BFI:** Una vez realizada la ambientación correspondiente, se procede a la aplicación del “Spanish BFI”. La aplicación del cuestionario se hace directamente en formatos impresos o digitalmente a través de un formulario en PDF, una hoja electrónica, o a través de aplicaciones informáticas diseñadas específicamente para tal fin (en este caso a través de la aplicación “BF-Manager” descrita en la sección 3.2.4). Esta actividad los estudiantes la pueden realizar en casa o en alguna franja especial de la clase destinada para tal fin, teniendo en cuenta reservar un espacio de 10 a 15 minutos para el diligenciamiento del instrumento.
- 3. Obtención y tabulación de resultados:** Luego de aplicar los cuestionarios, el profesor procede a la obtención de puntuaciones para cada uno de los estudiantes en cada una de sus dimensiones. Al igual que la tarea anterior, la obtención de resultados se hace de forma manual o de forma automatizada a través de una



herramienta computacional (en este caso a través de la aplicación “BF-Manager” descrita en la sección 3.2.4).

En este punto, es importante aclarar que estas tres primeras actividades, correspondientes a la medición de los rasgos de personalidad de los estudiantes, se realizan una vez en el período académico (para el caso en estudio, una vez al semestre), dado que el grupo, por lo general, permanece estable durante todo el período, y los resultados pueden emplearse las veces que se desee para la conformación de nuevos grupos de trabajo, en cuanto a miembros o a cantidad de los mismos.

4. **Conformación de grupos:** La medición de rasgos de personalidad de los estudiantes, es suministrada por el profesor a la herramienta computacional que implementa la propuesta algorítmica planteada. En este caso, la implementación de la librería TEAM-B, como se describe en la sección 3.3.2, la cual permite obtener la conformación homogénea “ideal” de los grupos, teniendo en cuenta los rasgos de personalidad de los participantes.
5. **Asignación de la actividad colaborativa:** Atendiendo a la planeación curricular del curso, el profesor asigna al grupo la actividad colaborativa correspondiente, estableciendo las reglas de ejecución y evaluación, informando también cómo quedaron conformados los diferentes grupos de trabajo para su desarrollo.
6. **Desarrollo de la actividad colaborativa:** Los estudiantes en los diferentes grupos de trabajo, desarrollan la actividad planteada por el profesor bajo su orientación y supervisión. Para el caso particular descrito en la sección 3.4.2, los tres momentos a considerar, requieren aproximadamente de 15 días para su ejecución.
7. **Evaluación de la actividad colaborativa:** Una vez finalizada la actividad por parte de los estudiantes, el profesor procede a realizar la valoración de la actividad, teniendo en cuenta la rúbrica de evaluación establecida en los diferentes momentos.

En la tabla 4.1 se describen los roles, la realización y la duración de cada una de las actividades para apoyar la temática de “Estructuras de Control (condicionales y ciclos) con la técnica propuesta.

Tabla 4.1. Acciones para apoyar la temática de “Estructuras de Control”.

Acción	Responsable (Rol)	Realización	Duración
Preparar estudiantes	Profesor	Al iniciar período académico	20 minutos
Aplicar BFI	Profesor Estudiantes	En casa o franja dedicada	10 a 15 minutos
Obtener y tabular resultados	Profesor	Antes de la asignación de la actividad colaborativa	Inmediato
Conformar grupos	Profesor	Antes de la asignación de la actividad colaborativa	Inmediato
Asignar actividad colaborativa	Profesor	En sesión de clase	20 minutos
Desarrollar la actividad colaborativa	Estudiantes	En casa a través de LMS y GD	15 días
Evaluar la actividad colaborativa	Profesor	Antes de iniciar nueva temática	5 días

## 4.2. Caracterización de los Grupos de Experimentación

El proceso investigativo se desarrolló bajo el paradigma positivista, dado que se fundamentó en el conocimiento científico, con un enfoque cuantitativo que permitió examinar datos de manera numérica, utilizando el método empírico analítico ya que los datos fueron tratados con técnicas estadísticas, bajo un tipo de investigación correlacional que permitió medir el grado de relación que tuvieron las variables en estudio, y con un diseño experimental general basado en un cuasiexperimento como lo muestra la Figura 4.2.

	Pre-Prueba	Estímulo Experimental	Post-Prueba
<b>G<sub>1</sub></b> Grupo Experimental	<b>O<sub>1</sub></b>	<b>X</b>	<b>O<sub>2</sub></b>
<b>G<sub>2</sub></b> Grupo Experimental	-	<b>X</b>	<b>O<sub>3</sub></b>
<b>G<sub>3</sub></b> Grupo de Control	<b>O<sub>4</sub></b>	-	<b>O<sub>5</sub></b>
<b>G<sub>4</sub></b> Grupo de Control	-	-	<b>O<sub>6</sub></b>

Figura 4.2. Diseño experimental.

La validación de la técnica de conformación de grupos propuesta fue realizada en cuatro grupos diferentes pertenecientes a los Programas Académicos de la Facultad

de Ingeniería de la Universidad de Nariño Sede Pasto, Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Electrónica, para el curso inicial de Programación en el período académico B-2017. En la Tabla 4.2 se muestra el diseño experimental aplicado en cada curso:

Tabla 4.2. Diseño experimental por programa.

Programa	Curso	Diseño Experimental			
Ingeniería de Sistemas	Programación I	G <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	X	O <sub>2</sub>
		G <sub>3</sub>	O <sub>4</sub>	-	O <sub>5</sub>
Ingeniería Electrónica	Fundamentos de Programación	G <sub>2</sub>	-	X	O <sub>3</sub>
		G <sub>4</sub>	-	-	O <sub>6</sub>

Los grupos G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> corresponden a los grupos experimentales de cada programa y G<sub>3</sub> y G<sub>4</sub> fueron los grupos de control respectivamente, además X fue el tratamiento experimental que consistió en conformar los grupos requeridos aplicando la técnica propuesta y en la realización de la actividad colaborativa de aprendizaje durante las sesiones de trabajo programadas para la temática. A su vez, O<sub>1</sub> y O<sub>4</sub> fueron las pre-pruebas (ver Anexo D) aplicadas al iniciar el experimento a los grupos del Programa de Ingeniería de Sistemas; O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, O<sub>5</sub> y O<sub>6</sub>, fueron las post-pruebas (ver Anexo D) aplicadas al finalizar el experimento tanto para los grupos experimentales como para los de control.

El primer grupo experimental G<sub>1</sub> estuvo conformado por 43 estudiantes del curso de Programación I – Grupo 1 de primer semestre de Ingeniería de Sistemas, a quienes se les aplicó una pre-prueba (O<sub>1</sub>), el tratamiento experimental X y finalmente una post-prueba (O<sub>2</sub>). El grupo de control G<sub>3</sub> estuvo conformado por 36 estudiantes del curso de Programación I – Grupo 2, del mismo semestre y período académico, a quienes también se les aplicó una pre-prueba (O<sub>4</sub>), y no se les aplicó el tratamiento experimental.

El segundo grupo experimental G<sub>2</sub> estuvo conformado por 32 estudiantes del curso de Fundamentos de Programación – Grupo 1 del primer semestre de Ingeniería Electrónica, a quienes se les aplicó el tratamiento experimental X y finalmente una post-prueba (O<sub>3</sub>). El grupo de control G<sub>4</sub> estuvo conformado por 21 estudiantes del curso de Programación I – Grupo 2, del mismo semestre y período académico, a quienes no se les aplicó el tratamiento experimental.

En la Tabla 4.3 se detallan las características de los grupos participantes.

Tabla 4.3. Caracterización de los grupos de experimentación.

Programa	Curso	Grupo	Tipo de Grupo	Cantidad de Estudiantes
Ingeniería de Sistemas	Programación I (Grupo I)	G <sub>1</sub>	Experimental	43
	Programación I (Grupo II)	G <sub>3</sub>	Control	36
Ingeniería Electrónica	F. de Programación (Grupo I)	G <sub>2</sub>	Experimental	32
	F. de Programación (Grupo II)	G <sub>4</sub>	Control	21

### 4.3. Resultados BFI

Como se menciona en la sección anterior, los grupos G<sub>1</sub> y G<sub>2</sub> son los grupos a los cuales se les aplicó el tratamiento experimental, requiriendo para ellos inicialmente la aplicación del instrumento de medición de rasgos de la personalidad descrito anteriormente. Los resultados del BFI obtenidos a través de la aplicación “BF-Manager” para cada uno de los grupos se muestran en las Tablas 4.4 y 4.5, en las cuales se ha suprimido el nombre de los estudiantes por efectos de confidencialidad de la información.

Tabla 4.4. Resultados BFI en G<sub>1</sub>.

No.	ESTUDIANTE	E	AM	R	N	AP
1	Estudiante 1	3,0000	2,4444	2,2222	2,6250	3,4000
<b>2</b>	<b>Estudiante 2</b>	<b>3,1424</b>	<b>3,4383</b>	<b>3,4753</b>	<b>2,6944</b>	<b>3,5750</b>
<b>3</b>	<b>Estudiante 3</b>	<b>3,1424</b>	<b>3,4383</b>	<b>3,4753</b>	<b>2,6944</b>	<b>3,5750</b>
4	Estudiante 4	2,1250	2,5556	2,6667	3,5000	3,8000
<b>5</b>	<b>Estudiante 5</b>	<b>3,1424</b>	<b>3,4383</b>	<b>3,4753</b>	<b>2,6944</b>	<b>3,5750</b>
6	Estudiante 6	4,0000	3,0000	3,7778	3,1250	4,4000
7	Estudiante 7	2,5000	3,3333	3,1111	3,1250	4,1000
8	Estudiante 8	3,7500	4,1111	3,8889	1,7500	3,8000
9	Estudiante 9	3,1250	3,2222	3,3333	2,2500	3,9000
10	Estudiante 10	3,3750	2,7778	3,5556	2,2500	3,7000
11	Estudiante 11	3,8750	3,5556	4,2222	3,0000	3,9000
12	Estudiante 12	2,6250	3,2222	4,0000	3,6250	3,1000
13	Estudiante 13	4,3750	3,8889	2,6667	2,5000	3,5000
14	Estudiante 14	3,2500	3,8889	3,3333	2,7500	3,5000
15	Estudiante 15	3,7500	3,7778	4,1111	2,5000	3,7000
16	Estudiante 16	2,8750	2,7778	2,6667	3,2500	3,3000
17	Estudiante 17	3,5000	3,1111	3,7778	2,5000	3,5000
18	Estudiante 18	3,7500	4,1111	4,3333	1,8750	4,3000
19	Estudiante 19	3,3750	3,8889	3,8889	2,0000	4,3000
20	Estudiante 20	2,7500	2,8889	3,3333	2,1250	3,2000
21	Estudiante 21	4,2500	3,5556	3,4444	1,0000	3,8000
22	Estudiante 22	3,1250	4,1111	3,6667	2,5000	3,1000

No.	ESTUDIANTE	E	AM	R	N	AP
23	Estudiante 23	3,6250	3,2222	4,0000	2,7500	4,0000
24	Estudiante 24	2,5000	3,5556	4,0000	2,8750	3,0000
25	Estudiante 25	3,0000	3,6667	3,6667	2,6250	2,6000
26	Estudiante 26	4,1250	3,8889	4,2222	2,5000	4,2000
27	Estudiante 27	2,0000	3,3333	3,3333	4,1250	3,1000
28	Estudiante 28	3,7500	3,1111	3,2222	2,2500	3,0000
29	Estudiante 29	2,8750	3,3333	2,6667	2,7500	3,5000
30	Estudiante 30	2,6250	3,6667	3,8889	2,5000	3,1000
31	Estudiante 31	1,5000	2,7778	3,0000	4,0000	2,6000
<b>32</b>	<b>Estudiante 32</b>	<b>3,1424</b>	<b>3,4383</b>	<b>3,4753</b>	<b>2,6944</b>	<b>3,5750</b>
<b>33</b>	<b>Estudiante 33</b>	<b>3,1424</b>	<b>3,4383</b>	<b>3,4753</b>	<b>2,6944</b>	<b>3,5750</b>
34	Estudiante 34	3,2500	4,0000	3,0000	2,3750	3,5000
35	Estudiante 35	3,3750	4,0000	3,7778	3,3750	4,5000
36	Estudiante 36	2,7500	2,7778	2,7778	3,6250	2,5000
37	Estudiante 37	3,0000	4,1111	4,8889	4,0000	3,5000
<b>38</b>	<b>Estudiante 38</b>	<b>3,1424</b>	<b>3,4383</b>	<b>3,4753</b>	<b>2,6944</b>	<b>3,5750</b>
39	Estudiante 39	4,1250	3,0000	3,4444	2,8750	3,9000
40	Estudiante 40	2,5000	3,6667	3,6667	2,7500	3,0000
41	Estudiante 41	1,8750	3,4444	3,0000	1,6250	3,8000
<b>42</b>	<b>Estudiante 42</b>	<b>3,1424</b>	<b>3,4383</b>	<b>3,4753</b>	<b>2,6944</b>	<b>3,5750</b>
43	Estudiante 43	2,8750	4,0000	2,5556	1,7500	4,6000
	<b>PROMEDIO</b>	<b>3,1424</b>	<b>3,4383</b>	<b>3,4753</b>	<b>2,6944</b>	<b>3,5750</b>

Tabla 4.5. Resultados BFI en G<sub>2</sub>.

No.	ESTUDIANTE	E	AM	R	N	AP
1	Estudiante 1	4,5000	3,5556	3,4444	2,7500	4,8000
2	Estudiante 2	2,6250	4,0000	3,5556	3,0000	4,0000
3	Estudiante 3	3,2500	3,4444	4,2222	2,0000	4,2000
4	Estudiante 4	2,3750	3,5556	2,2222	4,0000	4,0000
5	Estudiante 5	4,0000	3,8889	3,6667	3,3750	4,5000
6	Estudiante 6	2,2500	3,3333	3,5556	2,5000	3,7000
7	Estudiante 7	3,0000	3,3333	3,4444	2,8750	3,7000
8	Estudiante 8	2,7500	3,0000	3,6667	3,1250	4,1000
<b>9</b>	<b>Estudiante 9</b>	<b>3,0833</b>	<b>3,4676</b>	<b>3,3519</b>	<b>2,8333</b>	<b>3,8750</b>
10	Estudiante 10	4,2500	3,2222	4,7778	3,1250	3,4000
11	Estudiante 11	3,1250	3,7778	3,7778	2,5000	3,6000
<b>12</b>	<b>Estudiante 12</b>	<b>3,0833</b>	<b>3,4676</b>	<b>3,3519</b>	<b>2,8333</b>	<b>3,8750</b>
13	Estudiante 13	2,8750	3,1111	3,8889	3,5000	3,1000
14	Estudiante 14	2,1250	4,1111	3,0000	3,8750	4,1000
15	Estudiante 15	4,0000	3,4444	2,1111	2,5000	4,0000
<b>16</b>	<b>Estudiante 16</b>	<b>3,0833</b>	<b>3,4676</b>	<b>3,3519</b>	<b>2,8333</b>	<b>3,8750</b>
17	Estudiante 17	3,1250	3,4444	3,1111	3,5000	3,7000
18	Estudiante 18	3,1250	3,0000	3,8889	2,7500	3,6000
<b>19</b>	<b>Estudiante 19</b>	<b>3,0833</b>	<b>3,4676</b>	<b>3,3519</b>	<b>2,8333</b>	<b>3,8750</b>
20	Estudiante 20	3,0000	3,7778	3,7778	2,2500	3,8000
21	Estudiante 21	3,6250	3,1111	2,4444	1,3750	3,9000
22	Estudiante 22	3,8750	3,1111	3,7778	2,1250	3,7000
23	Estudiante 23	2,3750	3,4444	3,1111	3,2500	2,6000
<b>24</b>	<b>Estudiante 24</b>	<b>3,0833</b>	<b>3,4676</b>	<b>3,3519</b>	<b>2,8333</b>	<b>3,8750</b>
25	Estudiante 25	2,8750	3,2222	3,5556	3,0000	4,2000

No.	ESTUDIANTE	E	AM	R	N	AP
26	Estudiante 26	3,1250	3,7778	3,1111	2,2500	4,7000
27	Estudiante 27	2,7500	3,5556	3,2222	3,1250	4,1000
28	Estudiante 28	1,8750	3,4444	2,4444	2,7500	3,6000
<b>29</b>	<b>Estudiante 29</b>	<b>3,0833</b>	<b>3,4676</b>	<b>3,3519</b>	<b>2,8333</b>	<b>3,8750</b>
30	Estudiante 30	3,1250	3,5556	2,6667	2,5000	3,9000
<b>31</b>	<b>Estudiante 31</b>	<b>3,0833</b>	<b>3,4676</b>	<b>3,3519</b>	<b>2,8333</b>	<b>3,8750</b>
<b>32</b>	<b>Estudiante 32</b>	<b>3,0833</b>	<b>3,4676</b>	<b>3,3519</b>	<b>2,8333</b>	<b>3,8750</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>3,0833</b>	<b>3,4676</b>	<b>3,3519</b>	<b>2,8333</b>	<b>3,8750</b>

Como se puede observar en ambas tablas hay algunos registros marcados en “negrilla”. Estos corresponden a estudiantes que no diligenciaron el instrumento, a los cuales, como se menciona en la Sección 3.2.6, debe asignárseles como valores a cada una de las dimensiones consideradas, la media del grupo total en cada una de ellas.

Con estas tablas se prepararon los correspondientes archivos de texto plano, los cuales fueron suministrados a la aplicación de prueba descrita en la Sección 3.3.2, y cuyos resultados de procesamiento se presentan más adelante.

## 4.4. Resultados del Algoritmo

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación del algoritmo genético, teniendo en cuenta la configuración inicial del mismo, las pruebas de ejecución para determinar un tamaño de la población y un número de generaciones adecuado, y, por último, la conformación “ideal” de grupos que suministra el algoritmo.

### 4.4.1. Configuración del algoritmo

Para el primer operador genético, la selección, se definió que el 40% de los individuos de la población se clonarían a la siguiente generación, según el mecanismo de la ruleta para un problema de minimización. El operador de cruce se utilizó en el 60% restante de la población, manteniendo el tamaño de la población constante. El operador de mutación se aplicó para toda la población en cada generación con una probabilidad de mutación para cada individuo  $p_m = 0.01$  y una selección aleatoria de los genes a mutar.

Para determinar el número de individuos en cada población, así como el número máximo de generaciones, se realizaron varias corridas variando estos parámetros,

tomando como insumo los resultados del BFI para el grupo experimental uno ( $G_1$ ). Los resultados se muestran en la siguiente sección.

#### 4.4.2. Tiempo de ejecución y valor de aptitud

Se realizaron varias corridas utilizando un computador portátil con un procesador Intel Core I7 a 3.1 Ghz con 12 Gb de RAM, variando los parámetros mencionados en la sección anterior. El resumen de estas corridas, 20 para cada escenario, se presenta en la Tabla 4.6: tiempo medio de ejecución (en segundos) y valor de ajuste medio del mejor individuo. Las variaciones de tales ejecuciones no se presentan porque no fueron significativas en comparación con los valores de aptitud, lo que significa que la población inicial no tiene un impacto significativo en los resultados finales.

Como se esperaba, el valor de la aptitud mejora cuando aumenta el número de individuos por población (hay más varianza genética y, por lo tanto, más probabilidad de obtener mejores individuos). Sin embargo, esto también aumenta el tiempo de ejecución, por lo que se seleccionó un valor de 2500 considerando que, a partir de ese punto, el valor de la aptitud parece no obtener una mejora significativa. Al aumentar el número de generaciones, el valor de la aptitud también mejora, aunque lo hace de una manera más marginal, mientras que la diferencia de tiempo de ejecución es importante. De acuerdo con estos resultados, se recomienda un valor de alrededor de 100 para este parámetro para grupos con un número de estudiantes similar al del caso de estudio.

Tabla 4.6. Resumen de los resultados de la ejecución del algoritmo.

TP G	250		500		1000		2500		5000	
	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A
10	10,49	0,4677	21,92	0,4603	41,89	0,4588	108,44	0,4320	211,83	0,4209
50	45,19	0,4342	94,73	0,4234	188,29	0,4254	462,53	0,4331	941,80	0,4156
100	89,76	0,4452	182,65	0,4463	372,51	0,4319	920,46	0,4441	1675,73	0,4394
250	218,15	0,4221	532,59	0,4272	1011,05	0,4167	2315,51	0,4538	4160,52	0,4207

#### 4.4.3. Conformación de los grupos

Una vez establecidos unos parámetros aceptables para la configuración del algoritmo genético, se procede a conformar grupos de cuatro estudiantes para los dos grupos experimentales ( $G_1$  y  $G_2$ ), haciendo uso de la aplicación de prueba descrita en la Sección 3.3.2, preparando los correspondientes archivos de texto plano con los

resultados del BFI en cada uno de los grupos (ver Tablas 4.4 y 4.5). Los resultados se muestran a continuación para cada uno de los grupos.

Para el caso de  $G_1$ , los resultados son los siguientes:

Tabla 4.7. Conformación de grupos para  $G_1$ .

GRUPO	ID	ESTUDIANTE
1	35	Estudiante 35
	25	Estudiante 25
	3	Estudiante 3
	16	Estudiante 16
2	20	Estudiante 20
	30	Estudiante 30
	26	Estudiante 26
	14	Estudiante 14
3	18	Estudiante 18
	41	Estudiante 41
	36	Estudiante 36
	37	Estudiante 37
4	4	Estudiante 4
	40	Estudiante 40
	34	Estudiante 34
	43	Estudiante 43
5	15	Estudiante 15
	8	Estudiante 8
	19	Estudiante 19
	24	Estudiante 24
6	17	Estudiante 17
	9	Estudiante 9
	22	Estudiante 22
	1	Estudiante 1
7	32	Estudiante 32
	29	Estudiante 29
	6	Estudiante 6
	33	Estudiante 33
8	27	Estudiante 27
	39	Estudiante 39
	44	<i>DUMMY1</i>
	2	Estudiante 2
9	38	Estudiante 38
	7	Estudiante 7
	12	Estudiante 12
	23	Estudiante 23
10	42	Estudiante 42
	31	Estudiante 31
	21	Estudiante 21
	28	Estudiante 28
11	10	Estudiante 10
	11	Estudiante 11



GRUPO	ID	ESTUDIANTE
	13	Estudiante 13
	5	Estudiante 5

Dado que el número total de estudiantes no es múltiplo de cuatro, fue necesario complementar el estudiante faltante con un “dummy”, como se describe en la Sección 3.3.2. Eso significa que el grupo número 8 quedó conformado por tres estudiantes.

La conformación de grupos que se muestra en la Tabla 4.7 se obtuvo en 100 generaciones, con un tamaño de la población de 2500 individuos, con una supervivencia del 40%, y con una probabilidad de mutación de 0.01, lo cual arrojó una adaptación de 0.4525 en un tiempo de 44.72 segundos. A manera de verificación de los resultados del algoritmo, se procesan los datos obtenidos.

Luego de escalar los valores de la Tabla 4.4, según el procedimiento descrito al final de la Sección 3.3.1.1, y de calcular  $IM_g$  según (3.5), se obtienen las Tablas 4.8 y 4.9.

Tabla 4.8. Valores escalados y cálculo de  $IM_g$  para  $G_1$ .

GRUPO	ID	ESTUDIANTE	E	AM	R	N	AP
1	35	Estudiante 35	0,6522	0,9333	0,5833	0,7600	0,9524
	25	Estudiante 25	0,5217	0,7334	0,5417	0,5200	0,0476
	3	Estudiante 3	0,5713	0,5963	0,4699	0,5422	0,5119
	16	Estudiante 16	0,4783	0,2000	0,1667	0,7200	0,3810
			<b><math>IM_1</math></b>	<b>0,5559</b>	<b>0,6158</b>	<b>0,4404</b>	<b>0,6356</b>
2	20	Estudiante 20	0,4348	0,2667	0,4167	0,3600	0,3333
	30	Estudiante 30	0,3913	0,7334	0,6250	0,4800	0,2857
	26	Estudiante 26	0,9130	0,8667	0,7500	0,4800	0,8095
	14	Estudiante 14	0,6087	0,8667	0,4167	0,5600	0,4762
			<b><math>IM_2</math></b>	<b>0,5870</b>	<b>0,6834</b>	<b>0,5521</b>	<b>0,4700</b>
3	18	Estudiante 18	0,7826	1,0000	0,7917	0,2800	0,8571
	41	Estudiante 41	0,1304	0,6000	0,2917	0,2000	0,6190
	36	Estudiante 36	0,4348	0,2000	0,2083	0,8400	0,0000
	37	Estudiante 37	0,5217	1,0000	1,0000	0,9600	0,4762
			<b><math>IM_3</math></b>	<b>0,4674</b>	<b>0,7000</b>	<b>0,5729</b>	<b>0,5700</b>
4	4	Estudiante 4	0,2174	0,0667	0,1667	0,8000	0,6190
	40	Estudiante 40	0,3478	0,7334	0,5417	0,5600	0,2381
	34	Estudiante 34	0,6087	0,9333	0,2917	0,4400	0,4762
	43	Estudiante 43	0,4783	0,9333	0,1250	0,2400	1,0000
			<b><math>IM_4</math></b>	<b>0,4130</b>	<b>0,6667</b>	<b>0,2813</b>	<b>0,5100</b>
5	15	Estudiante 15	0,7826	0,8000	0,7083	0,4800	0,5714
	8	Estudiante 8	0,7826	1,0000	0,6250	0,2400	0,6190
	19	Estudiante 19	0,6522	0,8667	0,6250	0,3200	0,8571
	24	Estudiante 24	0,3478	0,6667	0,6667	0,6000	0,2381
			<b><math>IM_5</math></b>	<b>0,6413</b>	<b>0,8334</b>	<b>0,6563</b>	<b>0,4100</b>
6	17	Estudiante 17	0,6957	0,4000	0,5833	0,4800	0,4762

GRUPO	ID	ESTUDIANTE	E	AM	R	N	AP
	9	Estudiante 9	0,5652	0,4667	0,4167	0,4000	0,6667
	22	Estudiante 22	0,5652	1,0000	0,5417	0,4800	0,2857
	1	Estudiante 1	0,5217	0,0000	0,0000	0,5200	0,4286
	<b>IM<sub>6</sub></b>		<b>0,5870</b>	<b>0,4667</b>	<b>0,3854</b>	<b>0,4700</b>	<b>0,4643</b>
7	32	Estudiante 32	0,5713	0,5963	0,4699	0,5422	0,5119
	29	Estudiante 29	0,4783	0,5333	0,1667	0,5600	0,4762
	6	Estudiante 6	0,8696	0,3334	0,5833	0,6800	0,9048
	33	Estudiante 33	0,5713	0,5963	0,4699	0,5422	0,5119
	<b>IM<sub>7</sub></b>		<b>0,6226</b>	<b>0,5148</b>	<b>0,4225</b>	<b>0,5811</b>	<b>0,6012</b>
8	27	Estudiante 27	0,1739	0,5333	0,4167	1,0000	0,2857
	39	Estudiante 39	0,9130	0,3334	0,4583	0,6000	0,6667
	44	DUMMY1	0,5713	0,5963	0,4699	0,5422	0,5119
	2	Estudiante 2	0,5713	0,5963	0,4699	0,5422	0,5119
	<b>IM<sub>8</sub></b>		<b>0,5574</b>	<b>0,5148</b>	<b>0,4537</b>	<b>0,6711</b>	<b>0,4940</b>
9	38	Estudiante 38	0,5713	0,5963	0,4699	0,5422	0,5119
	7	Estudiante 7	0,3478	0,5333	0,3333	0,6800	0,7619
	12	Estudiante 12	0,3913	0,4667	0,6667	0,8400	0,2857
	23	Estudiante 23	0,7391	0,4667	0,6667	0,5600	0,7143
	<b>IM<sub>9</sub></b>		<b>0,5124</b>	<b>0,5157</b>	<b>0,5341</b>	<b>0,6556</b>	<b>0,5685</b>
10	42	Estudiante 42	0,5713	0,5963	0,4699	0,5422	0,5119
	31	Estudiante 31	0,0000	0,2000	0,2917	0,9600	0,0476
	21	Estudiante 21	0,9565	0,6667	0,4583	0,0000	0,6190
	28	Estudiante 28	0,7826	0,4000	0,3750	0,4000	0,2381
	<b>IM<sub>10</sub></b>		<b>0,5776</b>	<b>0,4658</b>	<b>0,3987</b>	<b>0,4756</b>	<b>0,3542</b>
11	10	Estudiante 10	0,6522	0,2000	0,5000	0,4000	0,5714
	11	Estudiante 11	0,8261	0,6667	0,7500	0,6400	0,6667
	13	Estudiante 13	1,0000	0,8667	0,1667	0,4800	0,4762
	5	Estudiante 5	0,5713	0,5963	0,4699	0,5422	0,5119
	<b>IM<sub>11</sub></b>		<b>0,7624</b>	<b>0,5824</b>	<b>0,4717</b>	<b>0,5156</b>	<b>0,5565</b>

Tabla 4.9. Resumen del cálculo de  $IM_g$  para  $G_1$ .

GRUPO	$\bar{X}_{g,E}$	$\bar{X}_{g,AM}$	$\bar{X}_{g,R}$	$\bar{X}_{g,N}$	$\bar{X}_{g,AP}$
1	0,5559	0,6158	0,4404	0,6356	0,4732
2	0,5870	0,6834	0,5521	0,4700	0,4762
3	0,4674	0,7000	0,5729	0,5700	0,4881
4	0,4130	0,6667	0,2813	0,5100	0,5833
5	0,6413	0,8334	0,6563	0,4100	0,5714
6	0,5870	0,4667	0,3854	0,4700	0,4643
7	0,6226	0,5148	0,4225	0,5811	0,6012
8	0,5574	0,5148	0,4537	0,6711	0,4940
9	0,5124	0,5157	0,5341	0,6556	0,5685
10	0,5776	0,4658	0,3987	0,4756	0,3542
11	0,7624	0,5824	0,4717	0,5156	0,5565

Al aplicar (3.4), se obtiene:

$$TM = \{0,5713, 0,5963, 0,4699, 0,5422, 0,5119\}$$

Posteriormente se calculan las diferencias al cuadrado entre las cinco dimensiones consideradas para cada grupo  $g$  y el promedio de cada dimensión en la totalidad de los estudiantes. Los resultados se muestran en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10. Cálculo de diferencias al cuadrado para  $G_1$ .

GRUPO	$(\bar{E} - \bar{X}_{g,E})^2$	$(\bar{AM} - \bar{X}_{g,AM})^2$	$(\bar{R} - \bar{X}_{g,R})^2$	$(\bar{N} - \bar{X}_{g,N})^2$	$(\bar{AP} - \bar{X}_{g,AP})^2$
1	0,00023719	0,00037824	0,00087056	0,00871156	0,00149696
2	0,00024643	0,00757611	0,00675147	0,00521570	0,00127552
3	0,01078835	0,01075172	0,01061059	0,00077174	0,00056690
4	0,02503193	0,00495280	0,03558690	0,00103812	0,00510203
5	0,00490645	0,05618693	0,03472298	0,01748208	0,00354307
6	0,00024643	0,01680778	0,00713855	0,00521570	0,00226758
7	0,00263438	0,00664034	0,00225129	0,00151253	0,00797192
8	0,00019296	0,00664034	0,00026278	0,01661297	0,00031888
9	0,00346675	0,00649145	0,00412604	0,01284499	0,00319762
10	0,00004017	0,01704293	0,00506744	0,00444412	0,02488133
11	0,03652721	0,00019268	0,00000303	0,00071098	0,00199298

Finalmente, calculando la medida de aptitud aplicando (3.6) se obtiene  $D = 0.4525$ , que es el mismo resultado obtenido a través del algoritmo.

Para el caso de  $G_2$ , los resultados son los siguientes:

Tabla 4.11. Conformación de grupos para  $G_2$ .

GRUPO	ID	ESTUDIANTE
1	26	Estudiante 26
	25	Estudiante 25
	4	Estudiante 4
	31	Estudiante 31
2	28	Estudiante 28
	6	Estudiante 6
	18	Estudiante 18
	21	Estudiante 21
3	23	Estudiante 23
	32	Estudiante 32
	27	Estudiante 27
	22	Estudiante 22
4	2	Estudiante 2
	12	Estudiante 12
	7	Estudiante 7
	30	Estudiante 30
5	24	Estudiante 24
	11	Estudiante 11
	19	Estudiante 19
	5	Estudiante 5

GRUPO	ID	ESTUDIANTE
6	14	Estudiante 14
	10	Estudiante 10
	1	Estudiante 1
	3	Estudiante 3
7	8	Estudiante 8
	29	Estudiante 29
	9	Estudiante 9
	20	Estudiante 20
8	16	Estudiante 16
	17	Estudiante 17
	15	Estudiante 15
	13	Estudiante 13

La conformación de grupos que se muestra en la Tabla 4.11 se obtuvo en 100 generaciones, con un tamaño de la población de 2500 individuos, con una supervivencia del 40%, y con una probabilidad de mutación de 0.01, lo cual arrojó una adaptación de 0.3864 en un tiempo de 24.72 segundos. A manera de verificación de los resultados del algoritmo, se procesan los datos obtenidos.

Luego de escalar los valores de la Tabla 4.5 según el procedimiento descrito al final de la Sección 3.3.1.1, y de calcular  $IM_g$  según (3.5), se obtienen las Tablas 4.12 y 4.13.

Tabla 4.12. Valores escalados y cálculo de  $IM_g$  para  $G_2$ .

GRUPO	ID	ESTUDIANTE	E	AM	R	N	AP
1	26	Estudiante 26	0,4762	0,7000	0,3750	0,3333	0,9545
	25	Estudiante 25	0,3810	0,2000	0,5417	0,6190	0,7273
	4	Estudiante 4	0,1905	0,5000	0,0417	1,0000	0,6364
	31	Estudiante 31	0,4603	0,4208	0,4653	0,5556	0,5795
		<b><math>IM_1</math></b>	<b>0,3770</b>	<b>0,4552</b>	<b>0,3559</b>	<b>0,6270</b>	<b>0,7244</b>
2	28	Estudiante 28	0,0000	0,4000	0,1250	0,5238	0,4545
	6	Estudiante 6	0,1429	0,3000	0,5417	0,4286	0,5000
	18	Estudiante 18	0,4762	0,0000	0,6667	0,5238	0,4545
	21	Estudiante 21	0,6667	0,1000	0,1250	0,0000	0,5909
		<b><math>IM_2</math></b>	<b>0,3214</b>	<b>0,2000</b>	<b>0,3646</b>	<b>0,3690</b>	<b>0,5000</b>
3	23	Estudiante 23	0,1905	0,4000	0,3750	0,7143	0,0000
	32	Estudiante 32	0,4603	0,4208	0,4653	0,5556	0,5795
	27	Estudiante 27	0,3333	0,5000	0,4167	0,6667	0,6818
	22	Estudiante 22	0,7619	0,1000	0,6250	0,2857	0,5000
		<b><math>IM_3</math></b>	<b>0,4365</b>	<b>0,3552</b>	<b>0,4705</b>	<b>0,5556</b>	<b>0,4403</b>
4	2	Estudiante 2	0,2857	0,9000	0,5417	0,6190	0,6364
	12	Estudiante 12	0,4603	0,4208	0,4653	0,5556	0,5795
	7	Estudiante 7	0,4286	0,3000	0,5000	0,5714	0,5000
	30	Estudiante 30	0,4762	0,5000	0,2083	0,4286	0,5909
		<b><math>IM_4</math></b>	<b>0,4127</b>	<b>0,5302</b>	<b>0,4288</b>	<b>0,5437</b>	<b>0,5767</b>
5	24	Estudiante 24	0,4603	0,4208	0,4653	0,5556	0,5795
	11	Estudiante 11	0,4762	0,7000	0,6250	0,4286	0,4545

GRUPO	ID	ESTUDIANTE	E	AM	R	N	AP
	19	Estudiante 19	0,4603	0,4208	0,4653	0,5556	0,5795
	5	Estudiante 5	0,8095	0,8000	0,5833	0,7619	0,8636
	<b>IM<sub>5</sub></b>		<b>0,5516</b>	<b>0,5854</b>	<b>0,5347</b>	<b>0,5754</b>	<b>0,6193</b>
<b>6</b>	14	Estudiante 14	0,0952	1,0000	0,3333	0,9524	0,6818
	10	Estudiante 10	0,9048	0,2000	1,0000	0,6667	0,3636
	1	Estudiante 1	1,0000	0,5000	0,5000	0,5238	1,0000
	3	Estudiante 3	0,5238	0,4000	0,7917	0,2381	0,7273
	<b>IM<sub>6</sub></b>		<b>0,6310</b>	<b>0,5250</b>	<b>0,6562</b>	<b>0,5952</b>	<b>0,6932</b>
<b>7</b>	8	Estudiante 8	0,3333	0,0000	0,5833	0,6667	0,6818
	29	Estudiante 29	0,4603	0,4208	0,4653	0,5556	0,5795
	9	Estudiante 9	0,4603	0,4208	0,4653	0,5556	0,5795
	20	Estudiante 20	0,4286	0,7000	0,6250	0,3333	0,5455
	<b>IM<sub>7</sub></b>		<b>0,4206</b>	<b>0,3854</b>	<b>0,5347</b>	<b>0,5278</b>	<b>0,5966</b>
<b>8</b>	16	Estudiante 16	0,4603	0,4208	0,4653	0,5556	0,5795
	17	Estudiante 17	0,4762	0,4000	0,3750	0,8095	0,5000
	15	Estudiante 15	0,8095	0,4000	0,0000	0,4286	0,6364
	13	Estudiante 13	0,3810	0,1000	0,6667	0,8095	0,2273
	<b>IM<sub>8</sub></b>		<b>0,5317</b>	<b>0,3302</b>	<b>0,3767</b>	<b>0,6508</b>	<b>0,4858</b>

Tabla 4.13. Resumen del cálculo de  $IM_g$  para  $G_2$ .

GRUPO	$\overline{X}_{g,E}$	$\overline{X}_{g,AM}$	$\overline{X}_{g,R}$	$\overline{X}_{g,N}$	$\overline{X}_{g,AP}$
<b>1</b>	0,3770	0,4552	0,3559	0,6270	0,7244
<b>2</b>	0,3214	0,2000	0,3646	0,3690	0,5000
<b>3</b>	0,4365	0,3552	0,4705	0,5556	0,4403
<b>4</b>	0,4127	0,5302	0,4288	0,5437	0,5767
<b>5</b>	0,5516	0,5854	0,5347	0,5754	0,6193
<b>6</b>	0,6310	0,5250	0,6562	0,5952	0,6932
<b>7</b>	0,4206	0,3854	0,5347	0,5278	0,5966
<b>8</b>	0,5317	0,3302	0,3767	0,6508	0,4858

Al aplicar (3.4), se obtiene:

$$TM = \{0.4603, 0.4208, 0.4653, 0.5556, 0.5795\}$$

Posteriormente se calculan las diferencias al cuadrado entre las cinco dimensiones consideradas para cada grupo  $g$  y el promedio de cada dimensión en la totalidad de los estudiantes. Los resultados se muestran en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14. Cálculo de diferencias al cuadrado para  $G_2$ .

GRUPO	$(\overline{E} - \overline{X}_{g,E})^2$	$(\overline{AM} - \overline{X}_{g,AM})^2$	$(\overline{R} - \overline{X}_{g,R})^2$	$(\overline{N} - \overline{X}_{g,N})^2$	$(\overline{AP} - \overline{X}_{g,AP})^2$
<b>1</b>	0,00694444	0,00118259	0,01196251	0,00510204	0,02099206
<b>2</b>	0,01929012	0,04877515	0,01013992	0,03478521	0,00632748
<b>3</b>	0,00056689	0,00430660	0,00002711	0,00000000	0,01937791

GRUPO	$(\bar{E} - \bar{X}_{g,E})^2$	$(\overline{AM} - \bar{X}_{g,AM})^2$	$(\bar{R} - \bar{X}_{g,R})^2$	$(\bar{N} - \bar{X}_{g,N})^2$	$(\overline{AP} - \bar{X}_{g,AP})^2$
4	0,00226757	0,01196443	0,00132900	0,00014172	0,00000807
5	0,00833018	0,02709144	0,00482307	0,00039368	0,00158187
6	0,02911628	0,01085030	0,03646756	0,00157470	0,01291322
7	0,00157470	0,00125385	0,00482307	0,00077160	0,00029055
8	0,00510204	0,00821651	0,00783973	0,00907029	0,00878906

Finalmente, calculando la medida de aptitud aplicando (3.6) se obtiene  $D = 0.3864$ , que es el mismo resultado obtenido a través del algoritmo.

Con la obtención manual de los valores de aptitud para los grupos experimentales, se verifica el correcto funcionamiento e implementación del algoritmo genético para la conformación de grupos basada en rasgos de la personalidad.

## 4.5. Resultados del Experimento

Para efectos de una medición inicial básica del nivel de aprendizaje logrado por los estudiantes participantes en el experimento descrito en la Sección 4.2, se llevó a cabo un análisis comparativo de los resultados de las pruebas, obteniendo los resultados que se muestran en las secciones siguientes.

### 4.5.1. Resultados de pre-pruebas ( $O_1$ versus $O_4$ )

Al grupo experimental  $G_1$  y al grupo de control  $G_3$ , se les aplicó una pre-prueba con el fin de determinar si existía alguna diferencia significativa en el “saber-conocer” de la temática en los grupos correspondientes, antes de realizar el tratamiento experimental, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15. Resultados de pre-pruebas ( $O_1$  versus  $O_4$ ).

Programa	Curso	Grupo	Tipo de Grupo	Cantidad de Estudiantes	Pre-Prueba	Promedio Grupo
Ingeniería de Sistemas	Programación I (Grupo I)	$G_1$	Experimental	43	$O_1$	<b>2,28</b>
	Programación I (Grupo II)	$G_3$	Control	36	$O_4$	<b>2,11</b>

Este resultado indica que la temática “estructuras de control” en los cursos iniciales de Programación no es una temática de dominio general al abordar el curso, salvo

algunas pocas excepciones. Además, no existe una diferencia significativa en el “saber-conocer” de la temática en los grupos correspondientes, antes de realizar el tratamiento experimental. Se confirma el resultado esperado:  $O_1 \approx O_4$ .

#### 4.5.2. Resultados de pre-pruebas versus post-pruebas ( $O_1$ versus $O_2$ y $O_4$ versus $O_5$ )

Al grupo experimental  $G_1$  y al grupo de control  $G_3$ , se les aplicó pre y post pruebas buscando evidenciar además del objetivo central del experimento (mejora en el proceso de aprendizaje), una mejora por parte de los estudiantes en el dominio de la temática “estructuras de control”, independiente de la técnica de conformación de grupos que se emplee para el desarrollo de la actividad colaborativa, ya sea la propuesta en los grupos experimentales, o la tradicionalmente empleada por el docente en los grupos de control. Los resultados se muestran en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16. Resultados de pre-pruebas versus post-pruebas ( $O_1$  versus  $O_2$  y  $O_4$  versus  $O_5$ ).

Programa	Curso	Grupo	Tipo de Grupo	Cantidad de Estudiantes	Pre-Prueba	Promedio Grupo	Post-Prueba	Promedio Grupo
Ingeniería de Sistemas	Programación I (Grupo I)	$G_1$	Experimental	43	$O_1$	2,28	$O_2$	4,91
	Programación I (Grupo II)	$G_3$	Control	36	$O_4$	2,11	$O_5$	4,36

Este resultado indica que es evidente una mejora por parte de los estudiantes en el dominio de la temática “estructuras de control”, independiente de la técnica de conformación de grupos que se emplee. Se confirma el resultado esperado:  $O_1 < O_2$  y  $O_4 < O_5$ .

#### 4.5.3. Resultados de post-pruebas ( $O_2$ versus $O_3$ y $O_5$ versus $O_6$ )

Teniendo en cuenta que a los grupos  $G_1$  y  $G_3$  se les aplicó pre-prueba y que a todos los grupos se les aplicó post-prueba, se realizó una comparación entre los resultados de estas últimas, buscando evidenciar una posible influencia positiva con la determinación del estado actual en los grupos a los que se les aplicó pre-prueba, independiente del tratamiento experimental. Los resultados se muestran en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17. Resultados de post-pruebas ( $O_2$  versus  $O_3$  y  $O_5$  versus  $O_6$ ).

Programa	Curso	Grupo	Tipo de Grupo	Cantidad de Estudiantes	Pre-Prueba	Promedio Grupo	Post-Prueba	Promedio Grupo
Ingeniería de Sistemas	Programación I (Grupo I)	G <sub>1</sub>	Experimental	43	O <sub>1</sub>	<b>2,28</b>	O <sub>2</sub>	<b>4,91</b>
	Programación I (Grupo II)	G <sub>3</sub>	Control	36	O <sub>4</sub>	<b>2,11</b>	O <sub>5</sub>	<b>4,36</b>
Ingeniería Electrónica	F. de Programación (Grupo I)	G <sub>2</sub>	Experimental	32	-	-	O <sub>3</sub>	<b>4,56</b>
	F. de Programación (Grupo II)	G <sub>4</sub>	Control	21	-	-	O <sub>6</sub>	<b>3,83</b>

Estos resultados permiten afirmar que existe una aparente influencia positiva con la determinación del estado actual en los grupos a los que se les aplicó pre-prueba, en este caso, los grupos G<sub>1</sub> y G<sub>3</sub>. Esto independiente de la influencia que pueda tener el tratamiento experimental. Se confirma el resultado esperado:  $O_2 > O_3$  y  $O_5 > O_6$ . Estos valores en conjunto confirman también otro resultado esperado:  $O_2 > O_5$ ,  $O_3 > O_5$ ,  $O_2 > O_6$  y  $O_3 > O_6$ .

#### 4.5.4. Resultados de grupos experimentales versus grupos de control

Por último, se realizó el análisis más importante sobre los resultados definitivos del experimento, que consistió en contrastar las mediciones de los grupos experimentales versus las de los grupos de control, buscando verificar de manera básica si existe una mejora en el proceso de aprendizaje aplicando la técnica propuesta respecto a las técnicas de conformación de grupos tradicionalmente empleadas por los profesores, al momento de desarrollar una actividad colaborativa. A continuación, se hace un paralelo entre los grupos experimental y de control para cada uno de los cursos involucrados en el estudio.

En la Figura 4.3 se muestra la incidencia positiva que tuvo el tratamiento experimental propuesto para el curso de Programación I del Programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Nariño. Los resultados evidencian que en promedio las notas obtenidas en la post-prueba por el grupo experimental son mayores a las obtenidas por el grupo de control.



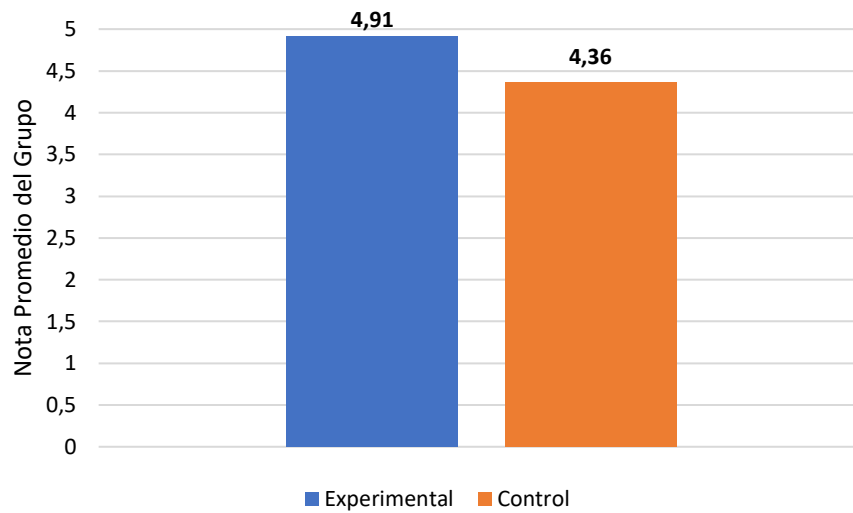


Figura 4.3. Grupo experimental versus grupo de control para Programación I.

En la Figura 4.4 se muestra la incidencia positiva que tuvo el tratamiento experimental propuesto para el curso de Fundamentos de Programación del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Nariño. Los resultados evidencian que en promedio las notas obtenidas en la post-prueba por el grupo experimental son mayores a las obtenidas por el grupo de control.

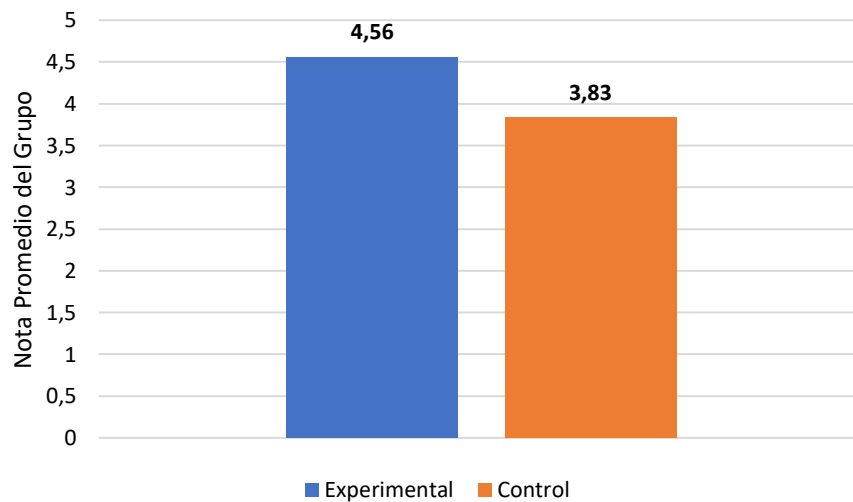


Figura 4.4. Grupo experimental versus grupo de control para Fundamentos de Programación.

Finalmente, y con el objetivo de brindar alguna conclusión respecto a la bondad de la técnica de conformación de grupos propuesta, se realizó un análisis mediante la Prueba t-Student, empleada para la comparación de dos muestras independientes, buscando determinar una posible diferencia estadística existente entre las notas obtenidas por los grupos experimentales frente a los grupos de control, es decir, una diferencia básica en el nivel de aprendizaje logrado por los estudiantes en la temática específica.

Los resultados de la aplicación de la Prueba t-Student se muestran en las Tablas 4.18 y 4.19, los cuales se obtuvieron mediante la herramienta de Análisis de Datos de Microsoft Excel, con un nivel de confianza del 95% y teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

- $H_0$ : las medias son iguales
- $H_1$ : las medias son diferentes

Tabla 4.18. Prueba t-Student para Programación I.

	GRUPO EXPERIMENTAL ( $G_1$ )	GRUPO DE CONTROL ( $G_3$ )
Media	4,911627907	4,36388889
Varianza	0,083909192	1,93265873
Observaciones	43	36
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	77	
Estadístico t	2,522033828	
P( $T \leq t$ ) dos colas	<b>0,013732003</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	1,991254395	

Al comparar el grupo experimental  $G_1$  con el grupo de control  $G_3$  del curso de Programación I, se obtuvo un valor de  $P$  de 0.013732003. Como este valor es menor que 0.05 se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alterna, con un nivel de confianza del 95%, es decir, que las medias son diferentes, con una diferencia de 0.547739018 a favor de  $G_1$ .

Tabla 4.19. Prueba t-Student para Fundamentos de Programación.

	GRUPO EXPERIMENTAL ( $G_2$ )	GRUPO DE CONTROL ( $G_4$ )
Media	4,5625	3,831428571
Varianza	0,963709677	0,576702857
Observaciones	32	21
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	51	

	<b>GRUPO EXPERIMENTAL (G<sub>2</sub>)</b>	<b>GRUPO DE CONTROL (G<sub>4</sub>)</b>
Estadístico t	2,888975974	
P(T<=t) dos colas	<b>0,005660827</b>	
Valor crítico de t (dos colas)	2,00758377	

Al comparar el grupo experimental G<sub>2</sub> con el grupo de control G<sub>4</sub> del curso de Fundamentos de Programación, se obtuvo un valor de *P* de 0.005660827. Como este valor es menor que 0.05 se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alterna, con un nivel de confianza del 95%, es decir, que las medias son diferentes, con una diferencia de 0.731071429 a favor de G<sub>1</sub>.

El análisis estadístico anterior demuestra la incidencia positiva que tiene el tratamiento presentado en esta investigación en los grupos experimentales frente a los grupos de control, estableciendo que el conformar grupos homogéneos para escenarios de aprendizaje colaborativo teniendo en cuenta los rasgos de personalidad de los estudiantes, beneficia su desempeño académico.



## Capítulo 5

# Conclusiones, Trabajos Futuros y Productos Derivados

### 5.1. Conclusiones

De los resultados obtenidos, tanto de la implementación metodológica de la técnica de conformación de grupos propuesta como del experimento controlado realizado con los cursos iniciales de Programación antes descritos, pueden enunciarse las siguientes conclusiones:

- La medición de rasgos de personalidad a través del “Big Five Inventory – BFI”, resultó ser un proceso práctico y sencillo al momento de su implementación computacional, lo que facilitó enormemente la recolección de los datos requeridos por el algoritmo de optimización. Se aclara que, para efectos del estudio, solamente se tuvo en cuenta el proceso netamente cuantitativo, no se consideraron aspectos cualitativos relacionados con la personalidad de los estudiantes participantes.
- Considerando que el problema de obtener grupos homogéneos (equitativos) a partir de un grupo de estudiantes donde se tienen en cuenta no sólo una si no varias de sus características personales, es difícil de resolver por métodos analíticos o de búsqueda exhaustiva debido a la explosión combinatoria que puede llegar a presentarse dependiendo del número de estudiantes y de grupos, un método de búsqueda heurística como los algoritmos genéticos, es un buen candidato para solucionarlo.
- Con los resultados obtenidos a través de diversas pruebas se pudo comprobar la utilidad del método, ya que logra obtener grupos bastante homogéneos (considerando la medida de aptitud propuesta) para múltiples características,

incluso cuando el número de combinaciones posibles es alto, sin que esto implique un elevado tiempo de cómputo.

- Se demostró por medio del experimento que los grupos homogéneos generados con la técnica propuesta produjeron mejores resultados frente a las técnicas de conformación tradicionalmente empleadas por los profesores, al momento de desarrollar una actividad colaborativa. En otras palabras, se puede afirmar que la hipótesis de investigación planteada se cumple.
- Las notas obtenidas en tres de los cuatro cursos están por encima de la escala cuantitativa de 4.0, lo cual demuestra que hay una apropiación importante de la temática específica por parte de los estudiantes, al finalizar la actividad colaborativa de apoyo.
- Una conclusión mucho más general, pero que sin embargo no necesariamente puede inferirse directamente del experimento realizado, es que el aprendizaje colaborativo (independiente de la metodología de conformación de grupos) parece ser efectivo para propiciar el aprendizaje de los estudiantes, conclusión que está en concordancia con los postulados de varios autores al respecto.
- En el campo de la enseñanza de la Programación se hace necesario involucrar aspectos didácticos que coloquen al estudiante como elemento central y activo del proceso de aprendizaje, inculcándole la necesidad del autoaprendizaje en un ambiente colaborativo que mejore las actitudes y aptitudes de estudio y de trabajo en equipo.

## 5.2. Trabajos Futuros

Se sugiere explorar qué dimensiones específicas de la personalidad pueden influir de manera más directa en el proceso de aprendizaje de la Programación y en general de las Ciencias de la Computación. A partir de esto, eventualmente proponer un sistema de recomendación, que “recomiende” cuál sería la conformación “ideal” de un equipo de trabajo atendiendo a las características específicas del grupo general de estudiantes.

Asimismo, se sugiere repetir en nuevas ocasiones el experimento descrito. En una de esas ocasiones se sugiere emplear calificaciones previas de los estudiantes para medir posteriormente no solo el resultado del trabajo en grupo como tal, sino el resultado que dicho trabajo tiene, por ejemplo, sobre estudiantes con bajo rendimiento.

Estas nuevas experimentaciones se podrían realizar con otros espacios de conocimiento de las Ciencias de la Computación.

La técnica propuesta se establece para una conformación homogénea de grupos para escenarios de aprendizaje colaborativo. Queda pendiente el análisis, diseño e implementación para una conformación heterogénea y mixta de los grupos, atendiendo también a diversas características de los estudiantes.

A nivel computacional, sería interesante lograr la implementación tanto de la medición de los rasgos de la personalidad como del algoritmo genético para la conformación de grupos, en plataformas LMS de uso común y de código abierto, como, por ejemplo, en Moodle a manera de complemento o de “plugin”.

### 5.3. Productos Derivados

Como productos derivados de todo el proceso investigativo descrito en este documento, se obtuvieron dos artículos científicos (ver Tabla 5.1) y dos aplicaciones computacionales de soporte (ver Tabla 5.2).

Tabla 5.1. Artículos científicos desarrollados.

No.	TÍTULO	REVISTA	ESTADO	AUTORES	DETALLE
1	El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la programación: Una revisión sistemática de literatura (ver Anexo D)	<b>TecnoLógicas</b> Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín  Revista Indexada en Categoría <b>B</b>	Publicado	Oscar Revelo César Collazos Javier Jiménez	ISSN-e 2256-5337 Vol. 21, No. 41 pp. 115-134 Enero-abril de 2018
2	La gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: Un mapeo sistemático de literatura (ver Anexo E)	<b>Lámpsakos</b> Universidad Católica Luis Amigó  Revista Indexada en Categoría <b>C</b>	En publicación	Oscar Revelo César Collazos Javier Jiménez	ISSN-e 2145-4086 Vol. 18 pp. - Semestre II de 2017

Tabla 5.2. Aplicaciones computacionales desarrolladas.

No.	DENOMINACIÓN	AUTORES	REGISTRO DNDA
1	<b>“BF-MANAGER”</b> Software para la gestión de cuestionarios tipo Big Five (ver Anexo F)	Oscar Revelo Alexander Barón Franco Córdoba	13-66-141
2	<b>“TEAM-B V1.0”</b> Librería Java™ para conformación homogénea de grupos basada en múltiples características (ver Anexo G)	Oscar Revelo Jesús Insuasi Alexander Barón	13-66-30





# Referencias

- Aguilar, R. A., De Antonio, A., & Imbert, R. (2007). Searching Pancho's soul: An intelligent virtual agent for human teams. In *Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference, CERMA 2007 - Proceedings* (pp. 568–571). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CERMA.2007.4367747>
- Agustín-Blas, L. E., Salcedo-Sanz, S., Ortiz-García, E. G., Portilla-Figueras, A., & Pérez-Bellido, Á. M. (2009). A hybrid grouping genetic algorithm for assigning students to preferred laboratory groups. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 7234–7241. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.09.020>
- Aliaga Muñoz, B. (2017). Teorías y Evaluación de la Personalidad. *Publicaciones Didácticas*, 86, 58–63. Retrieved from <http://publicacionesdidacticas.com/hemeroteca/articulo/086006/articulo-pdf>
- Allport, G. W. (1975). *La personalidad: su configuración y desarrollo* (5th ed.). Herder. Retrieved from [https://books.google.com.co/books?id=r2LGMQEACAAJ&dq=allport,+g+\(1975\)+la+personalidad:+su+configuración+y+desarrollo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiku8f4g8LYAhWMSN8KHVCVCeYQ6AEIJTAA](https://books.google.com.co/books?id=r2LGMQEACAAJ&dq=allport,+g+(1975)+la+personalidad:+su+configuración+y+desarrollo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiku8f4g8LYAhWMSN8KHVCVCeYQ6AEIJTAA)
- Anderson, N., Ones, D. S., Sinangil, H. K., & Viswesvaran, C. (2002). *Handbook of industrial, work and organizational psychology. Vol. 1, Personnel psychology*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd.
- Ani, Z. C., Yasin, A., Husin, M. Z., & Hamid, Z. A. (2010). A Method for Group Formation Using Genetic Algorithm. *International Journal*, 2(9), 3060–3064. Retrieved from [www.enggjournals.com/ijcse/doc/IJCSE10-02-09-090.pdf](http://www.enggjournals.com/ijcse/doc/IJCSE10-02-09-090.pdf)
- Aracena, M. (1967). *Introducción al estudio del test de Rorschach*. Santiago de Chile: Editorial Universidad Católica. Retrieved from <https://books.google.cl/books?id=050vcNUf9I0C&pg=PP1&dq=test+de+rorschach+Aracena&pg=PP1#v=onepage&q=test+de+rorschach+Aracena&f=false>
- Araujo, L., & Cervigón, C. (2009). *Algoritmos evolutivos: Un enfoque práctico*. Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editor. Retrieved from [https://books.google.com.co/books?id=XEDVcQAACAAJ&dq=Algoritmos+evolutivos+un+enfoque+práctico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiYxYS\\_1rbUAhWF5yYKHbU7A9IQ6AEIJDAA](https://books.google.com.co/books?id=XEDVcQAACAAJ&dq=Algoritmos+evolutivos+un+enfoque+práctico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiYxYS_1rbUAhWF5yYKHbU7A9IQ6AEIJDAA)
- Aronson, E., Blaney, N., Stephin, C., Sikes, J., & Snapp, M. (1978). *The jigsaw classroom*. Sage Publications. Retrieved from <http://psycnet.apa.org/psycinfo/1980-51351-000>
- Bäck, T., & Schwefel, H.-P. (1993). An Overview of Evolutionary Algorithms for Parameter Optimization. *Evolutionary Computation*, 1(1), 1–23. <https://doi.org/10.1162/evco.1993.1.1.1>
- Baldwin, R. E. (1976). *Genética elemental*. Limusa. Retrieved from [http://biblioteca.utm.edu.ec/opac\\_css/index.php?lvl=author\\_see&id=16312](http://biblioteca.utm.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=author_see&id=16312)
- Barbaranelli, C., Caprara, G. V., Rabasca, A., & Pastorelli, C. (2003). A questionnaire for measuring

- the Big Five in late childhood. *Personality and Individual Differences*, 34(4), 645–664.  
[https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(02\)00051-X](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(02)00051-X)
- Barkley, E., Cross, K. P., & Major, C. (2007). *Técnicas de aprendizaje colaborativo: Manual para el profesorado universitario*. Ministerio de Educación y Ciencia - Morata. Retrieved from [https://books.google.com.co/books/about/Técnicas\\_de\\_aprendizaje\\_colaborativo.html?id=xclkvgAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Técnicas_de_aprendizaje_colaborativo.html?id=xclkvgAACAAJ&redir_esc=y)
- Barry, B., & Stewart, G. L. (1997). Composition, process, and performance in self-managed groups: The role of personality. *Journal of Applied Psychology*, 82(1), 62–78.  
<https://doi.org/10.1037/0021-9010.82.1.62>
- Bean, J. C. (2011). *Engaging Ideas: The Professor's Guide to Integrating Writing, Critical Thinking, and Active Learning in the Classroom* (2nd ed.). Jossey-Bass. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=GUErs8lBVEEC>
- Bekele, R. (2006). *Computer-Assisted Learner Group Formation Based on Personality Traits*. Universität Hamburg. Retrieved from <http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2006/2759/>
- Benet-Martínez, V., & John, O. P. (1998). Los Cinco Grandes across cultures and ethnic groups: multitrait multimethod analyses of the Big Five in Spanish and English. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75(3), 729–750. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.75.3.729>
- Bienert, P. (1967). *Aufbau einer optimierungsautomatik für drei parameter*. Universidad Técnica de Berlin.
- Booker, L. B. (1982). *Intelligent Behavior as an Adaptation to the Task Environment*. University of Michigan. Retrieved from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=910371>
- Brindle, A. (1981). *Genetic algorithms for function optimization*. University of Alberta, Edmonton, Alberta, Canadá. <https://doi.org/10.7939/R3FB4WS2W>
- Brookfield, S., & Preskill, S. (1999). *Discussion as a way of teaching: Tools and techniques for democratic classrooms*. San Francisco: Jossey Bass. Retrieved from <https://www.wiley.com/en-us/Discussion+as+a+Way+of+Teaching%3A+Tools+and+Techniques+for+Democratic+Classrooms%2C+2nd+Edition-p-9780787978082>
- Byrne, D. E. (1971). *The attraction paradigm*. New York: Academic Press. Retrieved from <http://www.worldcat.org/title/attraction-paradigm/oclc/204468>
- Caprara, G. V., Barbaranelli, C., Borgogni, L., & Perugini, M. (1993). The “big five questionnaire”: A new questionnaire to assess the five factor model. *Personality and Individual Differences*, 15(3), 281–288. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(93\)90218-R](https://doi.org/10.1016/0191-8869(93)90218-R)
- Carver, C. S., & Scheier, M. F. (1988). *Perspectives on personality*. Boston: Allyn and Bacon.
- Cattell, R. B., Russell, M. T., Karol, D. L., Cattell, A. K. S., & Cattell, H. E. P. (2011). *16 Pf-5*. TEA. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=RxCftwAACAAJ&dq=16+PF-5&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiKkMqXzOnYAhXBoFMKHXRVB5wQ6AEIJTAA>
- Chaljub, J. M. (2015). Trabajo Colaborativo como estrategia de Enseñanza en la Universidad / Collaborative work as a teaching Strategy in the University. *Cuaderno de Pedagogía Universitaria*, 11(22), 64–71. Retrieved from <http://cuaderno.pucmm.edu.do/index.php/cuadernodepedagogia/article/view/213>
- Christodouloupoulos, C. E., & Papanikolaou, K. A. (2007). A Group Formation Tool in an E-Learning Context. In *19th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI 2007)*

- (pp. 117–123). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICTAI.2007.155>
- Cloninger, S. C. (2003). *Teorías de la personalidad* (3rd ed.). México D. F.: Pearson Educación.
- Collazos, C. A., Guerrero, L. A., Pino, J. A., & Ochoa, S. F. (2003). Collaborative scenarios to promote positive interdependence among group members. In *Groupware: Design, Implementation, and Use* (Vol. 2806, pp. 356–370). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-39850-9\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-540-39850-9_30)
- Collazos, C. A., Guerrero, L., & Vergara, A. (2001). Aprendizaje Colaborativo: un cambio en el rol del profesor. *Proceedings of the 3rd Workshop on Education on Computing*.
- Collazos, C., & Mendoza, J. (2006). How to take advantage of “ cooperative learning ” in the classroom. *Educación Y Educadores, Volumen 9*(4128), 61–76. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-12942006000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-12942006000200006)
- Cooper, J., Prescott, S., Cook, L., Smith, L., Mueck, R., & Cuseo, J. (1990). *Cooperative learning and college instruction; Effective use of student learning teams*. Long Beach, CA: California State University Foundation.
- Costa, P. T., & R., M. R. (1992). *Revised NEO Personality Inventory (NEO PI-R) and NEO Five-factor Inventory (NEO-FFI): Professional Manual*. Psychological Assessment Resources.
- Costaguta, R., Menini, M. de los Á., Yanacon Atia, D., Missio, D., & Méndez, A. (2014). Nuevo enfoque para la formación automática de grupos colaborativos de estudiantes. In A. e I. del A. S.-R. Universidad Nacional de Tierra del Fuego (Ed.), *XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación* (pp. 980–983). Ushuaia, Tierra del Fuego. Retrieved from <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/43777>
- Cranton, P. (1996). Types of group learning. *New Directions for Adult and Continuing Education, 71*, 25–32. <https://doi.org/10.1002/ace.36719967105>
- Cruz, W. M., & Isotani, S. (2014). Group formation algorithms in collaborative learning contexts: A systematic mapping of the literature. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 8658 LNCS, pp. 199–214). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10166-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10166-8_18)
- Darwin, C. (2006). *On the origin of species by means of natural selection, or, The preservation of favoured races in the struggle for life*. Dover Publications.
- De Jong, K. A. (1975). *An analysis of the behavior of a class of genetic adaptive systems*. University of Michigan. Retrieved from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=907087>
- Deleón, A. F., Gómez, S., & Moreno, J. (2009). Uso de tests de aptitud y algoritmos genéticos para la conformación de grupos en ambientes colaborativos de aprendizaje. *Avances En Sistemas E Informática, 5*(1), 165–172. Retrieved from <http://revistas.unal.edu.co/index.php/avances/article/view/9984>
- Devasenathipathi, N., & Modi, N. K. (2012). Contemplating Crossover Operators of Genetic Algorithm for Student Group Formation Problem. *Order A Journal On The Theory Of Ordered Sets And Its Applications, 2*(2), 192–197. Retrieved from [http://www.ijetae.com/files/Volume2Issue2/IJETAE\\_0212\\_31.pdf](http://www.ijetae.com/files/Volume2Issue2/IJETAE_0212_31.pdf)
- Dodge, Y., Cox, D., & Commenges, D. (2003). *The Oxford Dictionary of Statistical Terms. Technometrics* (Vol. 20). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1198/tech.2004.s820>
- Dorigo, M., Maniezzo, V., & Coloni, A. (1996). Ant system: Optimization by a colony of cooperating

- agents. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 26(1), 29–41. <https://doi.org/10.1109/3477.484436>
- Echazarreta, C., Prados, F., Poch, J., & Soler, J. (2009). La competencia “El trabajo colaborativo”: Una oportunidad para incorporar las TIC en la didáctica universitaria. Descripción de la experiencia con la plataforma ACME (UdG). *UOC Papers - Revista Sobre La Sociedad Del Conocimiento*, 8, 1–11.
- Escribano González, A. (1995). Aprendizaje cooperativo y autónomo en la enseñanza universitaria. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 13, 89–104.
- Feichtner, S. B., & Davis, E. A. (1984). Why Some Groups Fail: A Survey of Students’ Experiences with Learning Groups. *Journal of Management Education*, 9(4), 58–73. <https://doi.org/10.1177/105256298400900409>
- Felder, R. M., Felder, G. N., Mauney, M., Hamrin, C. E., & Dietz, E. J. (1995). A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention. III. Gender Differences in Student Performance and Attitudes. *Journal of Engineering Education*, 84(2), 151–163. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1995.tb00162.x>
- Fogel, D. B. (1994). An Introduction to Simulated Evolutionary Optimization. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 5(1), 3–14. <https://doi.org/10.1109/72.265956>
- Fogel, D. B. (1998). *Evolutionary computation: The fossil record. Selected Readings on the History of Evolutionary Algorithms*. IEEE Press.
- Fogel, D. B. (2005). *Evolutionary Computation: Toward a New Philosophy of Machine Intelligence*. *Evolutionary Computation: Toward a New Philosophy of Machine Intelligence*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0471749214>
- Fogel, L. J. (1964). *On the Organization of Intellect*. University of California, Los Ángeles, California, EE. UU.
- Freisleben, B., & Härtfelder, M. (1993). Optimization of Genetic Algorithms by Genetic Algorithms. In *Artificial Neural Nets and Genetic Algorithms* (pp. 392–399). Vienna: Springer Vienna. [https://doi.org/10.1007/978-3-7091-7533-0\\_57](https://doi.org/10.1007/978-3-7091-7533-0_57)
- Glover, F., & Kochenberger, G. A. (2010). *Handbook of Metaheuristics* (Vol. 146). Boston: Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1665-5>
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. Retrieved from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=534133>
- Goldberg, L. R. (1992). The Development of Markers for the Big-Five Factor Structure. *Psychological Assessment*, 4(1), 26–42. <https://doi.org/10.1037/1040-3590.4.1.26>
- Goldberg, L. R. (1993). The structure of phenotypic personality traits. *The American Psychologist*, 48(1), 26–34. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.48.12.1302>
- Goldberg, L. R. (1999). A broad-bandwidth, public domain, personality inventory measuring the lower-level facets of several five-factor models. *Personality Psychology in Europe*, 7, 7–28. <https://doi.org/citeulike-article-id:1856566>
- González Llana, F. M. (2007). *Instrumentos de Evaluación Psicológica*. La Habana: Editorial Ciencias Médicas.
- Graf, S., & Bekele, R. (2006). Forming heterogeneous groups for intelligent collaborative learning systems with ant colony optimization. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries*

- Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics*) (Vol. 4053 LNCS, pp. 217–226). Springer-Verlag. [https://doi.org/10.1007/11774303\\_22](https://doi.org/10.1007/11774303_22)
- Grefenstette, J. J. (1986). Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 16(1), 122–128. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1986.289288>
- Gros, B. (2000). *El Ordenador invisible: hacia la apropiación del ordenador en la enseñanza*. Biblioteca de educación. Nuevas tecnologías (Vol. 1). Gedisa Editorial. Retrieved from <https://www.casadellibro.com/libro-el-ordenador-invisible-hacia-la-apropiacion-del-ordenador-en-la-ensenanza/9788474327595/708079>
- Guerrero, L. A., Alarcon, R., Franco, F., Hiberico, V., & Collazos, C. (1999). Una Propuesta para la Evaluación de Procesos de Colaboración en Ambientes de Aprendizaje Colaborativo. In *Proceedings of the International Workshop of Educative Software, TISE'99* (pp. 1–10). Santiago, Chile.
- Guitert, M., & Giménez, F. (1997). Aprender a colaborar. In A. Campiglio & R. Rizzi (Eds.), *Cooperar en clase: Ideas e instrumentos para trabajar en el aula*. M.C.E.P. Retrieved from [http://catalog.urv.cat/record=b1170767~S13\\*cat](http://catalog.urv.cat/record=b1170767~S13*cat)
- Halfhill, T., Nielsen, T., Sundstrom, E., & Weillbaecher, A. (2005). Group Personality Composition and Performance in Military Service Teams. *Military Psychology*, 17(1), 41–54. [https://doi.org/10.1207/s15327876mp1701\\_4](https://doi.org/10.1207/s15327876mp1701_4)
- Hendriks, A. A. J., Hofstee, W. K. B., & Raad, B. De. (1999). The Five-Factor Personality Inventory (FFPI). *Personality and Individual Differences*, 27(2), 307–325. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(98\)00245-1](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(98)00245-1)
- Henry, T. R. (2013). Using a Massively Parallel Brute-Force Algorithm, *I*, 23–25. Retrieved from [http://www.iaeng.org/publication/WCECS2013/WCECS2013\\_pp108-112.pdf](http://www.iaeng.org/publication/WCECS2013/WCECS2013_pp108-112.pdf)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=oLbjoQEACAAJ&dq=metodologia+de+la+investigacion+sampieri&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjfiOGcqdzVAhXDKyYKHQmNAJ0Q6AEIJAA>
- Hogan, R. (1986). *Manual for the Hogan Personality Inventory*. Minneapolis: National Computer Systems.
- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. University of Michigan Press.
- Holland, J. H. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems. An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. MIT Press.
- Homan, A. C., Hollenbeck, J. R., Humphrey, S. E., Van Knippenberg, D., Ilgen, D. R., & Van Kleef, G. A. (2008). Facing differences with an open mind: Openness to experience, salience of intragroup differences, and performance of diverse work groups. *Academy of Management Journal*, 51(6), 1204–1222. <https://doi.org/10.5465/AMJ.2008.35732995>
- Hsu, W. Y. C. (2002). *Online education on campus: A technological frames perspective on the process of technology appropriation*. University of London.
- Humphrey, S. E., Hollenbeck, J. R., Meyer, C. J., & Ilgen, D. R. (2007). Trait configurations in self-managed teams: A conceptual examination of the use of seeding for maximizing and minimizing

- trait variance in teams. *Journal of Applied Psychology*, 92(3), 885–892.  
<https://doi.org/10.1037/0021-9010.92.3.885>
- Hwang, G.-J., Liang, Z.-Y., & Wang, H.-Y. (2016). An Online Peer Assessment-Based Programming Approach to Improving Students' Programming Knowledge and Skills. In *2016 International Conference on Educational Innovation through Technology (EITT)* (pp. 81–85).  
<https://doi.org/10.1109/EITT.2016.23>
- Hwang, G.-J., Yin, P.-Y., Hwang, C.-W., & Tsai, C.-C. (2008). An Enhanced Genetic Approach to Composing Cooperative Learning Groups for Multiple Grouping Criteria. *Educational Technology & Society*, 11(1), 148–167. Retrieved from  
<https://pdfs.semanticscholar.org/674f/8f2d3abcd48b9a7c08745ca6ec801f15590b.pdf>
- Hyldegård, J. (2009). Personality traits and group-based information behaviour: An exploratory study. *Information Research*, 14(2). [https://doi.org/Cited By \(since 1996\) 2 Export Date 12 March 2011](https://doi.org/Cited%20By%20(since%201996)%20Export%20Date%2012%20March%202011)  
Source Scopus
- Illyés, L. (2007). Balanced Student Groups Forming for University Projects Using Genetic Algorithm. In A. of E. Studies (Ed.), *8th International Conference on Informatics in Economy* (pp. 554–559). Bucharest. Retrieved from  
[http://emte.siculorum.ro/~illyeslaszlo/research/HRM\\_problem/IE2007.PDF](http://emte.siculorum.ro/~illyeslaszlo/research/HRM_problem/IE2007.PDF)
- Jenkins, J. B. (1990). *Human genetics*. Harper & Row.
- John, O. P., Donahue, E. M., & Kentle, R. L. (1991). *The Big Five Inventory-Versions 4a and 54* (Unpublished manuscript). Berkeley, CA.
- John, O. P., & Srivastava, S. (1999). The Big Five trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives. *Handbook of Personality: Theory and Research*, 2(510), 102–138.  
<https://doi.org/citeulike-article-id:3488537>
- Johnson, D. W., & Johnson, F. P. (1997). *Joining Together: Group Theory and Group Skills*. In Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1984). Cooperative Small-Group Learning. *Curriculum Report*, 14(1). Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=ED249625>
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Johnson, E. (1999). *Los nuevos círculos de aprendizaje. La cooperación en el aula y la escuela*. Aique. Retrieved from <https://www.casadellibro.com/libro-los-nuevos-circulos-del-aprendizaje-la-cooperacion-en-el-aula-es-cuela/9789507015533/818927>
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. A. (1991). *Cooperative Learning: Increasing College Faculty Instructional Productivity. ASHE-FRIC Higher Education Report No.4*. Washington, DC: School of Education and Human Development, George Washington University. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=ED343465>
- Jung, C. G. (1971). *Tipos psicológicos*. Barcelona: Edhasa. Retrieved from  
<https://books.google.com.co/books?id=idT0AAAACAAJ&dq=JUNG,+Carl+Gustav.+Tipos+psicológicos.&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiex62o96XZAhWSrFkKHbGkBoQ6AEIKjAB>
- Jung, C. G., Hull, R. F. C., & Baynes, H. G. (1971). *Psychological types* (Bollingen). Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Keirse, D. (1998). *Please Understand Me II: Temperament, Character, Intelligence*. Prometheus Nemesis. Prometheus Nemesis. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kennedy, J., & Eberhart, R. C. (2001). *Swarm Intelligence*. Morgan Kaufmann Publishers, San

- Francisco, California. Morgan Kaufmann Publishers. [https://doi.org/10.1007/0-387-27705-6\\_6](https://doi.org/10.1007/0-387-27705-6_6)
- King, A. (2007). Scripting collaborative learning processes: A cognitive perspective. In *Scripting computer-supported collaborative learning* (pp. 13–37). Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-36949-5>
- Kolfschoten, G. L., & De Vreede, G.-J. (2007). The Collaboration Engineering Approach for Designing Collaboration Processes. In *Groupware: Design, Implementation, and Use* (Vol. 4, pp. 95–110). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9097-3\\_21](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9097-3_21)
- Kounenou, K., Roussos, P., & Yotsidi, V. (2014). Teacher Training in Technology Based on their Psychological Characteristics: Methods of Group Formation and Assessment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 3536–3541. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.798>
- Koza, J. R. (1992). *Genetic programming: on the programming of computers by means of natural selection*. MIT Press. Retrieved from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=138936>
- Krupp, A. S. (1995). *Experiences in Cooperative Learning: A Collection for Chemistry Teachers*. Institute for Chemical Education, University of Wisconsin-Madison. Retrieved from [https://books.google.com.co/books/about/Experiences\\_in\\_Cooperative\\_Learning.html?id=BtkLAQAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Experiences_in_Cooperative_Learning.html?id=BtkLAQAAMAAJ&redir_esc=y)
- Kucukozer-Cavdar, S., & Taskaya-Temizel, T. (2016). Analyzing the Effects of the Personality Traits on the Success of Online Collaborative Groups. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 228(June), 383–389. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.07.057>
- Laguna, M., & Martí, R. (2003). *Scatter Search: Methodology and Implementations in C*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0337-8>
- Lara, M. A. (2013). *Personality traits and performance in online game-based learning: collaborative versus individual settings*. ProQuest LLC. ProQuest LLC. 789 East Eisenhower Parkway, P.O. Box 1346, Ann Arbor, MI 48106. Tel: 800-521-0600; Web site: <http://www.proquest.com/en-US/products/dissertations/individuals.shtml>. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=ED558313>
- Lavigne, G., Ovando, M., Sandoval, J., & Salas, L. M. (2012). Exploración preliminar del aprendizaje colaborativo dentro un entorno virtual. *Actualidades Investigativas En Educación*, 12(3), 1–20. Retrieved from [http://revista.inie.ucr.ac.cr/uploads/tx\\_magazine/exploracion-preliminar-aprendizaje-colaborativo-dentro-entorno-virtual-lavigne-vasconcelos-organista-macanally\\_01.pdf](http://revista.inie.ucr.ac.cr/uploads/tx_magazine/exploracion-preliminar-aprendizaje-colaborativo-dentro-entorno-virtual-lavigne-vasconcelos-organista-macanally_01.pdf)
- Layton, R. A. (2010). Advances in Engineering Education Design and Validation of a Web-Based System for Assigning Members to Teams Using Instructor-Specified Criteria design and validation of a Web-Based system for Assigning Members to Teams using Instructor-specified Criteria. *Advances in Engineering Education*, 1–28. Retrieved from <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1076132.pdf>
- Leandro, N., & De Castro, J. T. (2002). *Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach*. Springer. Retrieved from <http://www.springer.com/us/book/9781852335946>
- Lluís, J. M. (2002). Personalidad: Esbozo de una teoría integradora. *Psicothema*, 14(4), 673–701. Retrieved from <http://www.psicothema.com/pdf/786.pdf>
- López Jaimes, A. (2005). *Diseño de un algoritmo genético paralelo*. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- Lucero, M. M. (2003). Entre el trabajo colaborativo y el aprendizaje colaborativo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1–20. Retrieved from [http://rieoei.org/tec\\_edu18.htm](http://rieoei.org/tec_edu18.htm)

- Maldonado, M. (2007). El Trabajo Colaborativo En El Aula Universitaria. *Laurus*, 13(1315–883X), 263–278. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.4.5846>
- Martínez-Miranda, J., & Pavón, J. (2010). Human attributes in the modelling of work teams. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 322 AICT, 276–284. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14341-0\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14341-0_32)
- McKeachie, W. J. (1994). *Teaching tips: strategies, research, and theory for college and university teachers* (9th ed.). Lexington, MA: D.C. Heath.
- Menchaca Méndez, A. (2008). *Algoritmo híbrido para resolver problemas de optimización con restricciones*. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- Miller, J. E., Trimbur, J., & Wilkes, J. M. (1994). Group dynamics: Understanding group success and failure in collaborative learning. *New Directions for Teaching and Learning*, 1994(59), 33–44. <https://doi.org/10.1002/tl.37219945906>
- Millis, B. J., & Cottell, P. G. (1998). *Cooperative learning for higher education faculty*. Phoenix, AZ: Oryx Press. Retrieved from [https://books.google.com.co/books/about/Cooperative\\_Learning\\_for\\_Higher\\_Educatio.html?id=X1OdAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Cooperative_Learning_for_Higher_Educatio.html?id=X1OdAAAAMAAJ&redir_esc=y)
- Montaño Sinisterra, M., Palacios Cruz, J., & Gantiva, C. (2009). Teorías de la personalidad. Un análisis histórico del concepto y su medición. *Psychologia. Avances de La Disciplina.*, 3(2), 81–107.
- Monteserin, A., Schiaffino, S., García, P., & Amandi, A. (2010). Análisis de la formación de grupos en Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadoras. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática Na Educação - SBIE)*, 1(1). <https://doi.org/10.5753/CBIE.SBIE.2010.%P>
- Moreno, J., Rivera, J. C., & Ceballos, Y. F. (2011). Agrupamiento Homogéneo de Elementos con Múltiples Atributos Mediante Algoritmos Genéticos. *DYNA*, 78(165), 246–254. Retrieved from <http://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25666>
- Mount, M. K., & Barrick, M. R. (1998). Five Reasons Why the “Big Five” Article Has Been Frequently Cited. *Personnel Psychology*, 51(4), 849–857. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1998.tb00743.x>
- Mudaliar, D. N., & Modi, N. K. (2011). Applying Genetic Algorithms To Improve Students’ Academic Performance By Group Formation. *International Journal of Data Warehousing Mining*, 1, 142–146. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Dr\\_Devasenathipathi\\_Mudaliar/publication/274337968\\_Applying\\_Genetic\\_Algorithms\\_To\\_Improve\\_Students%27\\_Academic\\_Performance\\_By\\_Group\\_Formation/links/554c3b470cf29752ee7edb96/Applying-Genetic-Algorithms-To-Improve-Student](https://www.researchgate.net/profile/Dr_Devasenathipathi_Mudaliar/publication/274337968_Applying_Genetic_Algorithms_To_Improve_Students%27_Academic_Performance_By_Group_Formation/links/554c3b470cf29752ee7edb96/Applying-Genetic-Algorithms-To-Improve-Student)
- Mujkanovic, A., Lowe, D., Willey, K., & Guetl, C. (2012). Unsupervised learning algorithm for adaptive group formation: Collaborative learning support in remotely accessible laboratories. *International Conference on Information Society, I-Society 2012*.
- Myers, I., & McCaulley, M. (1998). *Myers-Briggs Type Indicator: MBTI*. Center for Applications in Psychological Type.
- Ounnas, A., Davis, H., & Millard, D. (2008). A Framework for Semantic Group Formation. In *2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 34–38). IEEE.



- <https://doi.org/10.1109/ICALT.2008.226>
- Páez, C. I., & Ruíz, L. E. (2004). Un Algoritmo Genético Fijo para Solucionar el Problema de Asignación de Canales. In *II Congreso Internacional de la Región Andina ANDESCON 2004* (p. 7).
- Panitz, T., & Panitz, P. (2014). Encouraging the Use of Collaborative Learning in Higher Education. In J. J. F. Forest (Ed.), *University Teaching: International Perspectives* (pp. 161–201). Taylor and Francis.
- Pittenger, D. (1993). The utility of the Myers-Briggs type indicator. *Review of Educational Research*, 63(4), 467–488. <https://doi.org/10.3102/00346543063004467>
- Rechenberg, I. (1973). *Evolutionsstrategie: Optimierung technischer Systeme nach Prinzipien der biologischen Evolution*. Frommann-Holzboog. Retrieved from [https://books.google.com.co/books/about/Evolutionsstrategie.html?id=-WAQAQAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Evolutionsstrategie.html?id=-WAQAQAAMAAJ&redir_esc=y)
- Reeves, C. R. (1993). *Modern heuristic techniques for combinatorial problems*. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc. Retrieved from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=166648>
- Resende, M. G. C., & Pinho de Sousa, J. (2004). *Metaheuristics: Computer Decision-Making*. Boston, MA: Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4137-7>
- Reynolds, R. G., Michalewicz, Z., & Cavaretta, M. (1995). Using cultural algorithms for constraint handling in {GENOCOP}. In *Fourth Annual Conference on Evolutionary Programming* (pp. 298–305). Cambridge, Massachusetts.
- Reza H., S., & Saghafian, S. (2005). Flowshop-scheduling problems with makespan criterion: a review. *International Journal of Production Research*, 43(14), 2895–2929. <https://doi.org/10.1080/0020754050056417>
- Roberts, T. S. (2005). Computer-supported collaborative learning in higher education: An introduction. *Computer-Supported Collaborative Learning in Higher Education*, (Hershey: Idean Group Publishing), 1–18.
- Rojas Diaz, Jerónimo; Chavarro Porras, J. C. M., & Laverde, R. (2008). Tecnicas De Logica Difusa Aplicadas a La Minería De Datos. *Scientia Et Technica*, XIV(x), 1–6. Retrieved from <http://www.utp.edu.co/ciencia/index.php?UnArt=1&id=1384>
- Rosser, S. V. (1997). *Re-engineering female friendly science*. New York, NY, USA: Teachers College Press. Retrieved from [https://books.google.com.co/books/about/Re\\_engineering\\_Female\\_Friendly\\_Science.html?id=3FnQgAACAAJ&source=kp\\_cover&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Re_engineering_Female_Friendly_Science.html?id=3FnQgAACAAJ&source=kp_cover&redir_esc=y)
- Rudolph, G. (1994). Convergence of non-elitist strategies. In *First IEEE Conference on Evolutionary Computation. IEEE World Congress on Computational Intelligence* (pp. 63–66). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEC.1994.350041>
- Rutherford, R. H. (2001). Using personality inventories to help form teams for software engineering class projects. In *ACM SIGCSE Bulletin* (Vol. 33, pp. 73–76). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/507758.377486>
- Ryckman, R. M. (2004). *Theories of personality* (8th ed.). Belmont, CA: Thomson/Wadsworth. Retrieved from [https://trove.nla.gov.au/work/11697810?q&sort=holdings+desc&\\_id=1515986057173&versionId=34](https://trove.nla.gov.au/work/11697810?q&sort=holdings+desc&_id=1515986057173&versionId=34)

300042+42650010

- Salinas, J. (2000). El aprendizaje colaborativo con los nuevos canales de comunicación. In J. Cabero Almenara (Ed.), *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación* (pp. 199–227). Síntesis. Retrieved from [https://books.google.com.co/books/about/Nuevas\\_tecnologías\\_aplicadas\\_a\\_la\\_educa.html?id=Jw3LPAAACAAJ&source=kp\\_cover&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Nuevas_tecnologías_aplicadas_a_la_educa.html?id=Jw3LPAAACAAJ&source=kp_cover&redir_esc=y)
- Salleh, N., Mendes, E., & Grundy, J. (2014). Investigating the effects of personality traits on pair programming in a higher education setting through a family of experiments. *Empirical Software Engineering*, 19(3), 714–752. <https://doi.org/10.1007/s10664-012-9238-4>
- Sánchez Hórreo, V., & Carro, R. M. (2007). Studying the Impact of Personality and Group Formation on Learner Performance. In *Groupware: Design, Implementation, and Use* (pp. 287–294). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-74812-0\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-540-74812-0_22)
- Sandler, B. R., Sivlerberg, L. A., & Hall, R. M. (1996). *The chilly classroom climate: A guide to improve the education of women*. Washington, DC: National Association for Women in Education (NAWE).
- Schaffer, J. D., Caruana, R. A., Eshelman, L. J., & Das, R. (1989). A study of control parameters affecting online performance of genetic algorithms for function optimization. In *Proceedings of the third international conference on Genetic algorithms* (pp. 51–60). San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc. Retrieved from <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=93145>
- Schmidt, V., Firpo, L., Vion, D., De Costa Oliván, M., Casela, L., Cuenya, L., ... Pedrón, V. (2010). Modelo Psicobiológico de Personalidad de Eysenck: una historia proyectada hacia el futuro. *Revista Internacional de Psicología*, 11(2), 1–21.
- Schwefel, H.-P. (1965). *Kybernetische evolution als strategie der experimentall forschung in der strömungstechnik*. Universidad Técnica de Berlín.
- Schwefel, H.-P. (1981). *Numerical optimization of computer models*. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc. Retrieved from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=539468>
- Schwefel, H.-P. (1995). *Evolution and optimum seeking*. New York, NY: John Wiley & Sons Inc.
- Sharan, Y., & Sharan, S. (1992). *Expanding cooperative learning through group investigation*. Teachers College Press.
- Silberman, M. L. (1996). *Active learning: 101 strategies to teach any subject*. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon. Retrieved from [http://books.google.co.uk/books/about/Active\\_learning.html?id=9x9T2\\_WEAM8C&pgis=1](http://books.google.co.uk/books/about/Active_learning.html?id=9x9T2_WEAM8C&pgis=1)
- Sitthiworachart, J., & Joy, M. (2004). Effective peer assessment for learning computer programming. In *SIGCSE Bull.* (Vol. 36, pp. 122–126). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/1026487.1008030>
- Smith, K. A. (1996). Cooperative learning: Making “group work” work. *Active Learning: Lessons from Practice and Emerging Issues. New Directions for Teaching and Learning.*, 67, 71–82.
- Soomro, A. B., Salleh, N., Mendes, E., Grundy, J., Burch, G., & Nordin, A. (2016). The effect of software engineers' personality traits on team climate and performance: A Systematic Literature Review. *Information and Software Technology*, 73, 52–65. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2016.01.006>
- Speck, B. W. (2003). Fostering Collaboration Among Students in Problem-Based Learning. *New*

- Directions for Teaching and Learning*, 2003(95), 59–65. <https://doi.org/10.1002/tl.114>
- Spiller, D. (2012). Assessment Matters : Self-Assessment and Peer Assessment Assessment. *Teaching Development Unit*, (February), 1–19. Retrieved from [http://cei.ust.hk/files/public/assessment\\_matters\\_self-assessment\\_peer\\_assessment.pdf](http://cei.ust.hk/files/public/assessment_matters_self-assessment_peer_assessment.pdf)
- Storn, R., & Price, K. (1995). *Differential Evolution -A simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces*. Berkeley, California. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.67.5398&rep=rep1&type=pdf>
- Sukstrienwong, A. (2012). Genetic Algorithm for Forming Student Groups Based on Heterogeneous Grouping. *Recent Advances in Information Science*, 92–97. Retrieved from [https://pdfs.semanticscholar.org/7566/0fd75e13af62010f93f4bd52229af95cce3f.pdf?\\_ga=2.258466120.314683329.1502666125-1962703396.1497666488](https://pdfs.semanticscholar.org/7566/0fd75e13af62010f93f4bd52229af95cce3f.pdf?_ga=2.258466120.314683329.1502666125-1962703396.1497666488)
- Tan, K. C., Lee, T. H., & Khor, E. F. (2001). Evolutionary algorithms with dynamic population size and local exploration for multiobjective optimization. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 5(6), 565–588. <https://doi.org/10.1109/4235.974840>
- Tien, H. W., Lin, Y. S., Chang, Y. C., & Chu, C. P. (2015). A genetic algorithm-based multiple characteristics grouping strategy for collaborative learning. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 8390, pp. 11–22). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-46315-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-46315-4_2)
- Topping, K. J., Smith, E. F., Swanson, I., & Elliot, A. (2000). Formative peer assessment of academic writing between postgraduate students. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 25(2), 149–169. <https://doi.org/10.1080/713611428>
- Toscano Pulido, G. (2001). *Optimización multiobjetivo usando un micro algoritmo genético*. Universidad Veracruzana.
- van Gennip, N. A. E., Segers, M. S. R., & Tillema, H. H. (2010). Peer assessment as a collaborative learning activity: The role of interpersonal variables and conceptions. *Learning and Instruction*, 20(4), 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.08.010>
- van Vianen, A. E. M., & De Dreu, C. K. W. (2001). Personality in teams: Its relationship to social cohesion, task cohesion, and team performance. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 10(2), 97–120. <https://doi.org/10.1080/13594320143000573>
- Vidales Delgado, I., Vidales, F., & Leal, I. (2004). *Psicología general* (2nd ed.). Limusa/Noriega. Retrieved from [https://books.google.es/books?id=sq9xAAAACAAJ&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.es/books?id=sq9xAAAACAAJ&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- Vitányi, P. (2000). A discipline of evolutionary programming. *Theoretical Computer Science*, 241(1–2), 3–23. [https://doi.org/10.1016/S0304-3975\(99\)00263-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3975(99)00263-7)
- Wang, D. Y., Lin, S. S. J., & Sun, C. T. (2007). DIANA: A computer-supported heterogeneous grouping system for teachers to conduct successful small learning groups. *Computers in Human Behavior*, 23(4), 1997–2010. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2006.02.008>
- Weise, T. (2009). *Global Optimization Algorithm: Theory and Application*. ([Http://www.it-weise.de](http://www.it-weise.de), Ed.) (2nd ed.). Self-Published.
- Wetzel, A. (1983). *Evaluation of the Effectiveness of Genetic Algorithms in Combinatorial Optimization*.
- Whitley, D. (1989). The GENITOR Algorithm and Selection Pressure: Why Rank-Based Allocation of Reproductive Trials is Best. In *Third International Conference On Genetic Algorithms* (pp. 116--

121). Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.18.8195>

Yao, X. (2003). Evolutionary Computation. In *Evolutionary Optimization* (pp. 27–53). Boston: Kluwer Academic Publishers. [https://doi.org/10.1007/0-306-48041-7\\_2](https://doi.org/10.1007/0-306-48041-7_2)

Zheng, Z., & Pinkwart, N. (2014). A Discrete Particle Swarm Optimization Approach to Compose Heterogeneous Learning Groups. In *2014 IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 49–51). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2014.24>

## **Anexos**



# Anexo A

## Formato de Consentimiento Informado empleado en el estudio

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Sistemas  
CW-TEAMS: Software para la conformación de grupos de trabajo colaborativo basado en algoritmos genéticos

**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN**

Yo, [Redacted] mayor de edad identificado (a) con C.C. 1085433225 de [Redacted], actuando en nombre propio.

DECLARO:

Que he recibido toda la información clara y concreta por parte de **Franco Esteban Córdoba Pérez, estudiante de la Universidad de Nariño el día 26 del mes de Septiembre del año 2017**, sobre el trabajo de investigación CW-TEAMS: Software para la conformación de grupos de trabajo colaborativo basado en algoritmos genéticos que se realizará a su cargo, para **participar en el trabajo de investigación**.

Me ha advertido que en la investigación en que participo, solo se utilizarán los datos cuantitativos y ningún dato cualitativo, como tampoco en ningún momento se hará público mi nombre y/o documento de identificación, ni saldrán a la luz pública hechos relacionados que puedan identificarme y sobre los cuales se guardarán siempre y en todo momento del estudio, toda las reservas y discrecionalidades correspondientes.

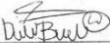
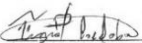
Me ha explicado y he comprendido satisfactoriamente la naturaleza y propósito del estudio aludido y de las posibles implicaciones que podría tener. He podido preguntar mis inquietudes al respecto y recibido las respuestas y explicaciones en forma satisfactoria.

También se me ha informado de mi derecho a rechazar esta autorización o revocarla cuando así yo lo requiera.

He sido interrogado (a) sobre la aceptación o no, de esta autorización para este estudio, por lo tanto,

AUTORIZO

Para que **Franco Esteban Córdoba Pérez** realice la investigación correspondiente por un tiempo de 12 meses, a partir de hoy. Se firma el presente documento a los 26 días del mes de Septiembre del año 2017.

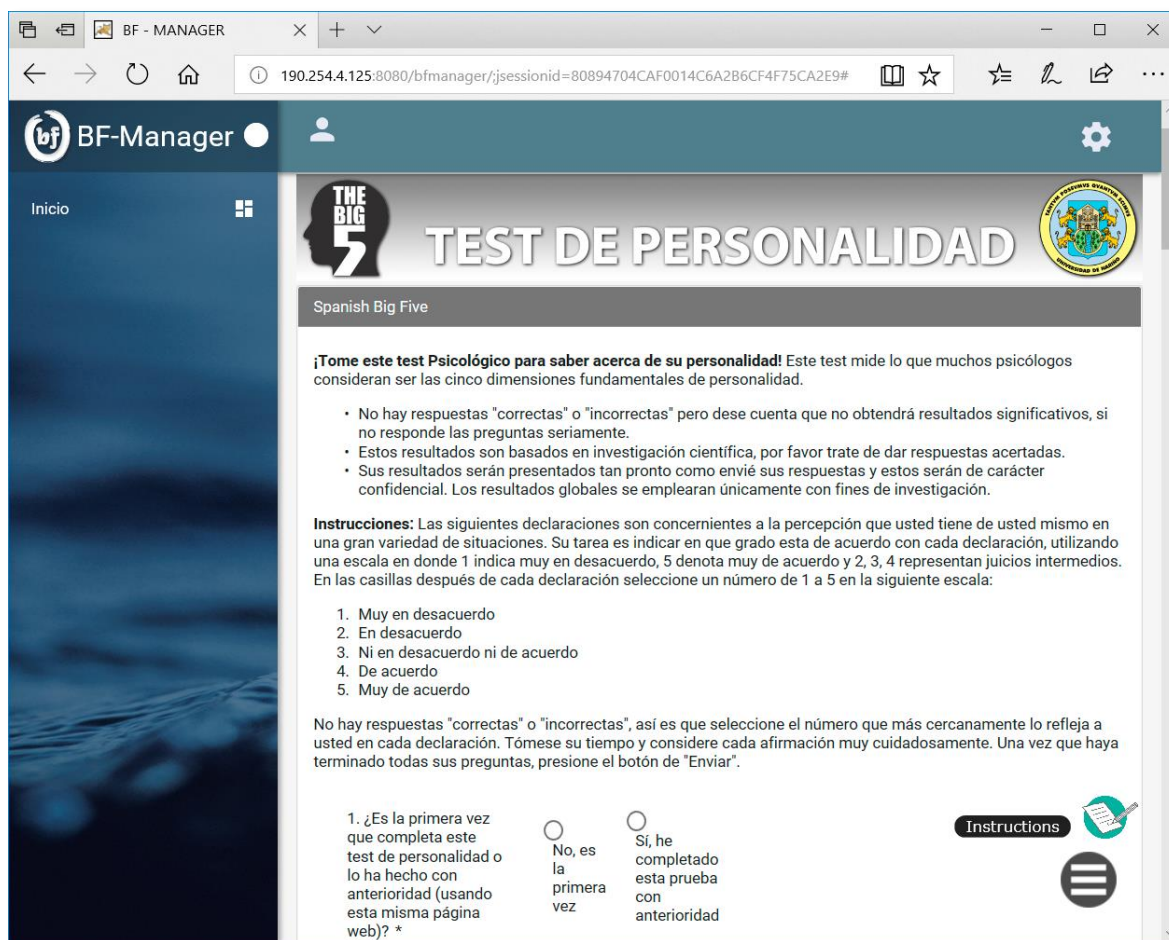
 FIRMA DE QUIEN AUTORIZA C.C. <u>1085433225</u>	 FIRMA DEL INVESTIGADOR C.C. <u>1086362285</u>
--	---





# Anexo B

## Captura de Pantalla de BF-Manager



URL TEMPORAL DE ACCESO: **190.254.4.125:8080/bfmanager**



## Anexo C

# Ejercicio de programación planteado para la actividad colaborativa

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS  
PROGRAMACIÓN I

### EJERCICIO DE APLICACIÓN

---

**Objetivo:** Aplicar los conceptos estudiados en clase relacionados con la temática de estructuras de control en la solución de un problema específico de programación.

**Metodología:** Actividad colaborativa en línea a desarrollarse en grupos de cuatro (4) estudiantes, organizados de acuerdo con las indicaciones del profesor.

**Recursos:** Documentos compartidos en Google Docs, LMS, Lenguaje de programación.

**Unidad de competencia:** Estructuras de control.

**Problema:** Se requiere obtener y mostrar por pantalla el Triángulo de Pascal, hasta un valor específico de  $n$ . Por ejemplo, si  $n = 5$ , se debería mostrar lo siguiente:

1

1 1

1 2 1

1 3 3 1

1 4 6 4 1

1 5 10 10 5 1

**Rúbrica de evaluación:**

<b>CRITERIOS</b>	<b>PESO</b>	<b>NIVEL 1</b>	<b>NIVEL 2</b>	<b>NIVEL 3</b>
1. Documento de análisis y diseño en pseudocódigo	20	No se presenta documentación (0 puntos)	Se presenta documentación incompleta (10 puntos)	Se presenta documentación completa (20 puntos)
2. Código fuente y código ejecutable	15	No presenta codificación o no funciona (0 puntos)	Se presenta codificación incompleta o funciona parcialmente (8 puntos)	Se presenta codificación completa y funcionando (15 puntos)
3. Informe de correcciones y comentarios	10	No presenta informe (0 puntos)	Se presenta informe incompleto (5 puntos)	Se presenta informe completo (10 puntos)
4. Solución corregida	5	No se presenta solución (0 puntos)	-	No se presenta solución (5 puntos)

## Anexo D

### Cuestionario empleado como pre y post prueba

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA DE SISTEMAS  
PROGRAMACIÓN I

#### TALLER DE PROGRAMACIÓN

---

1. Un sistema de calificaciones se maneja de acuerdo con las equivalencias de la tabla que se presenta a continuación. Utilizando esta información, escriba un programa que acepte una calificación numérica del estudiante, de 0 a 100, convierta esta calificación a su equivalente en letra y visualice la calificación correspondiente en letra. *Valor 1.5 puntos.*

Calificación en números	Calificación en letras
Mayor o igual a 90	A
Menor de 90 pero mayor o igual a 80	B
Menor de 80 pero mayor o igual a 70	C
Menor de 70 pero mayor o igual a 60	D
Menor de 60	E

2. Una estación climática proporciona un par de temperaturas diarias (máxima, mínima). No es posible que alguna o ambas temperaturas sean 9 grados. La pareja fin de temperaturas es 0,0. Se pide determinar el número de días cuyas temperaturas se han proporcionado, las temperaturas máxima y mínima, el número de errores (temperaturas de 9 grados), y el porcentaje que representan los errores. *Valor 2.0 puntos.*

3. Escriba un programa que muestre por pantalla una tabla de multiplicar como la siguiente (*Valor 1.5 puntos*):

	1	2	3	4	...	15
1*	1	2	3	4	...	15
2	2	4	6	8	...	30
3	3	6	9	12	...	45
4	4	8	12	16	...	60
⋮						
15	15	30	45	60	...	225

**Nota:** Los ejercicios deben desarrollarse en los grupos designados por el profesor.

## Anexo E

# Artículo publicado en Revista TecnoLógicas

**TecnoLógicas**  
ISSN-p 0123-7799  
ISSN-e 2256-5337  
Vol. 21, No. 41, pp. 115-134  
Enero-abril de 2018Artículo de Revisión/Review Article

**El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura**

**Collaborative work as a didactic strategy for teaching/learning programming: a systematic literature review**

Oscar Revelo-Sánchez<sup>1</sup>, César A. Collazos-Ordóñez<sup>2</sup>  
y Javier A. Jiménez-Toledo<sup>3</sup>

Recibido: 26 de septiembre de 2017  
Aceptado: 11 de noviembre de 2017

---

Cómo citar / How to cite

O. Revelo-Sánchez, C. A. Collazos-Ordóñez, y J. A. Jiménez-Toledo, El trabajo colaborativo como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: una revisión sistemática de literatura. *TecnoLógicas*, vol. 21, no. 41, pp. 115-134, 2018.

---

© Copyright 2015 por autores y Tecno Lógicas  
Este trabajo está licenciado bajo una Licencia Internacional Creative Commons Atribución (CC BY)



<sup>1</sup> MSc en Investigación de Operaciones, Departamento de Sistemas, Universidad de Nariño, Pasto-Colombia, orevelo@udenar.edu.co

<sup>2</sup> PhD en Ciencias, Departamento de Sistemas, Universidad del Cauca, Popayán-Colombia, ccollazo@unicauca.edu.co

<sup>3</sup> MSc en Computación, Facultad de Ingeniería, Institución Universitaria CESMAG, Pasto-Colombia, jajimenez@ucesmag.edu.co

Se puede consultar en:

<http://itmojs.itm.edu.co/index.php/tecnologicas/article/view/1202>






# Anexo F


## Artículo en proceso de publicación en la Revista Lámpsakos

Correo

**Sobre artículo enviado a Lámpsakos, solicitudes de correcciones para pronta publicación.**

 Revista Lámpsakos <lampsakos@amigo.edu.co>  
23/04/2018 8:49 a. m.

Para: OSCAR REVELO SANCHEZ; Cesar Alberto Collazos; jajimenez@iucsmag.edu.co

 2347-9099-1-RV.docx  
158,27 KB

Cordial saludo Profesores Oscar Revelo Sánchez, Cesar Alberto Collazos Ordoñez y Javier Alejandro Jimenez Toled. Primero les deseo un muy buen día. Retomando su artículo "La gamificación como estrategia didáctica para la enseñanza/aprendizaje de la programación: un mapeo sistemático de literatura", va a ser publicado en la edición 18 de nuestra revista Lámpsakos que debió salir hace días en la segunda edición del 2017, pero que ya está a puertas de ser publicado y dependemos de la pronta respuesta de los autores en corregir las sugerencias dadas por los evaluadores.

Para cumplir con los requerimientos de proceso editorial les envío los comentarios dados por los jurados, pidiéndole por favor y encarecidamente que en lo posible hagan estos cambios en esta semana, para cerrar el proceso con su artículo y publicarlo. Adjunto el artículos que ustedes han enviado a la revista.

Los comentarios son


Jurado B:  
Clasificación Artículo de investigación.  
"No pide cambios"

Jurado C:  
Clasificación Artículo de investigación.  
"-Mejorar la redacción."  
-Revisar la redacción.  
-No repetir idea, se evidencia más de dos veces en el artículo, por ejemplo, en la introducción resumir el proceso y entrar en detalle en el desarrollo del artículo.  
-Sería bueno evidenciar los porcentajes del resultado, no es muy claro  
- Revisar la citación de las figuras aparece figura 5



# Anexo G

## Registro DNDA BF-Manager

		MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida <b>13-66-141</b> Fecha Registro <b>01-mar-2018</b>
Página 1 de 2				
<b>1. DATOS DE LAS PERSONAS</b>				
<b>AUTOR</b>				
Nombres y Apellidos	OSCAR REVELO SANCHEZ	No de identificación CC	11438636	
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	MZ B C24 SAUCES LA CAROLINA	Ciudad:	PASTO	
<b>AUTOR</b>				
Nombres y Apellidos	ALEXANDER ALVARO BARÓN SALAZAR	No de identificación CC	12994330	
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CARRERA 33 # 3-95 MANZANA B CAS.	Ciudad:	PASTO	
<b>AUTOR</b>				
Nombres y Apellidos	FRANCO ESTEBAN CÓRDOBA PEREZ	No de identificación CC	1086362285	
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CS 14 BELLO HORIZONTE	Ciudad:	EL TAMBO	
<b>PRODUCTOR</b>				
Razón Social	UNIVERSIDAD DE NARIÑO	Nit	800118954-1	
Dirección	BRR CIUDAD UNIVERSITARIA TOROB	Ciudad:	PASTO	
<b>2. DATOS DE LA OBRA</b>				
Título Original	BF-MANAGER SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DE CUESTIONARIOS TIPO BIG FIVE			
Año de Creación	2018	Pais de Origen	COLOMBIA	Año Edición
CLASE DE OBRA	INEDITA			
CARACTER DE LA OBRA	OBRA DERIVADA			
CARACTER DE LA OBRA	OBRA EN COLABORACION			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	PROGRAMA DE COMPUTADOR			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	MATERIAL AUXILIAR			
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA</b>				
LA APLICACIÓN WEB BF-MANAGER, SE PRESENTA COMO UNA SOLUCIÓN INFORMÁTICA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE CUESTIONARIOS, ESPECIALMENTE CUESTIONARIOS DE TIPO BIG FIVE QUE EN PSICOLOGÍA ES UN TEST DE PERSONALIDAD DONDE SE HACE UNA VALORACIÓN A ALGUNAS DIMENSIONES DE LA PERSONALIDAD DEL EVALUADO.				
<b>4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA</b>				
<b>5. DATOS DEL SOLICITANTE</b>				
Nombres y Apellidos	FRANCO ESTEBAN CÓRDOBA PEREZ	No de identificación	1086362285	
Nacional de	COLOMBIA	Medio Radicación	REGISTRO EN LINEA	
Dirección	CS 14 BELLO HORIZONTE	Ciudad	EL TAMBO	
Correo electrónico	FRANCO12594@GMAIL.COM	Teléfono	3116318084	
En representación de	EN NOMBRE PROPIO	Radificación de entrada	1-2018-13572	



# Anexo H

## Registro DNDA Team-B

		<b>MINISTERIO DEL INTERIOR</b> DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida <b>13-66-30</b> Fecha Registro <b>15-feb-2018</b>
Página 1 de 2				
<b>1. DATOS DE LAS PERSONAS</b>				
<b>AUTOR</b>				
Nombres y Apellidos	OSCAR REVELO SANCHEZ	No de identificación CC	11438636	
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	MZ B C24 SAUCES LA CAROLINA	Ciudad:	PASTO	
<b>AUTOR</b>				
Nombres y Apellidos	JESUS INSUASTI PORTILLA	No de identificación CC	98392695	
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CALLE 16 NO 40 16 B. SANTAANA	Ciudad:	PASTO	
<b>AUTOR</b>				
Nombres y Apellidos	ALEXANDER ALVARO BARÓN SALAZAR	No de identificación CC	12994330	
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CARRERA 33 # 3-95 MANZANA B CAS.	Ciudad:	PASTO	
<b>PRODUCTOR</b>				
Razon Social	UNIVERSIDAD DE NARIÑO	Nit	800118954-1	
Dirección	BRR CIUDAD UNIVERSITARIA TOROB	Ciudad:	PASTO	
<b>2. DATOS DE LA OBRA</b>				
Título Original	TEAM-B V1.0 LIBRERÍA JAVA™ PARA CONFORMACIÓN HOMOGÉNEA DE GRUPOS BASADA EN MÚLTIPLES CARACTERÍSTICAS			
Año de Creación	2018	País de Origen	COLOMBIA	Año Edición
CLASE DE OBRA	INEDITA			
CARACTER DE LA OBRA	OBRA DERIVADA			
CARACTER DE LA OBRA	OBRA EN COLABORACION			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	PROGRAMA DE COMPUTADOR			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA			
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	MATERIAL AUXILIAR			
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA</b>				
TEAM-B - LIBRERÍA JAVA™ PARA CONFORMACIÓN HOMOGÉNEA DE GRUPOS BASADA EN MÚLTIPLES CARACTERÍSTICAS, SE PRESENTA COMO UNA SOLUCIÓN COMPUTACIONAL PARA LA CREACIÓN DE APLICACIONES QUE PERMITAN CONFORMAR DE MANERA HOMOGÉNEA Y AUTOMÁTICA GRUPOS PARA ESCENARIOS DE APRENDIZAJE COLABORATIVO, CON INDIVIDUOS QUE PRESENTEN DIFERENTES CARACTERÍSTICAS CUANTIFICABLES, MEDIANTE UNA LIBRERÍA JAVA™ QUE INCORPORA UN ALGORITMO EVOLUTIVO COMO TÉCNICA DE OPTIMIZACIÓN.				
<b>4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA</b>				
<b>5. DATOS DEL SOLICITANTE</b>				
Nombres y Apellidos	OSCAR REVELO SANCHEZ	No de identificación	11438636	
Nacional de	COLOMBIA	Medio Radicación	REGISTRO EN LINEA	
Dirección	MZ B C24 SAUCES LA CAROLINA	Ciudad	PASTO	
Correo electrónico	OREVELO@UDENAR.EDU.CO	Teléfono		
En representación de	EN NOMBRE PROPIO	Radicación de entrada	1-2018-10034	