

# **MODELO DE FORMACIÓN 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 Doctorado en Ciencias de la Electrónica  
(Cotutela Doctorado en Tecnologías Informáticas Avanzadas)**

**Director:**

**César Alberto Collazos Ordóñez  
Doctor en Ciencias - Mención Computación**

**Co-Director:**

**Miguel Ángel Redondo Duque  
Doctor en Ingeniería Informática**

**Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Sistemas  
Línea de Investigación: Trabajo Colaborativo  
Popayán, Septiembre 2021**



**OSCAR REVELO SÁNCHEZ**

**MODELO DE FORMACIÓN 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**

**Doctor en:  
Ciencias de la Electrónica**

**Director:  
PhD. César Alberto Collazos Ordóñez**

**Co-Director:  
PhD. Miguel Ángel Redondo Duque  
Universidad de Castilla-La Mancha**

**Popayán  
2021**



**ESPACIO  
RESERVADO  
PARA  
LA  
PÁGINA  
DE  
ACEPTACIÓN**



*Lastimosamente no alcanzaste a ver el resultado  
de lo que tu llamabas “mucho estudio”.  
¡Gracias por tu cariño y apoyo incondicional!  
¡A tu memoria MADRECITA!*





# Agradecimientos

A **Dios**, por sus bendiciones.

A mi **Familia**, por su comprensión.

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

Al “Doc” **Miguel**, por su orientación y apoyo.

A mis **Compañeros Colegas**, por su buena voluntad y colaboración en sus cursos.

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 formación 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 de Programación y afines, apoyados en estrategias o técnicas colaborativas de aprendizaje.

Como objetivo general se tuvo el proponer un modelo de formación 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 estrategias y técnicas empleadas para la formación de grupos colaborativos de aprendizaje, así como la influencia que la personalidad tiene en actividades de programación y desarrollo de software; luego se estructuró un algoritmo de asignación que permitiese formar grupos colaborativos a partir de los rasgos de personalidad de los participantes; se diseñó un modelo metodológico que permitiese llevar a cabo una formación de grupos basada en rasgos de la personalidad; posteriormente, se implementó y validó la propuesta en cursos de Programación y afines en Ingenierías, para finalmente, evaluar el nivel de desempeño colaborativo logrado por los estudiantes participantes en el estudio.

El proceso investigativo se desarrolló bajo el paradigma positivista, dado que está fundamentado en el conocimiento científico, con un enfoque cuantitativo que permitió examinar datos de manera numérica, utilizando el método empírico analítico ya que se basó en un fenómeno observado en la realidad, bajo un tipo de investigación correlacional que permitió medir el grado de relación que tuvieron las variables en estudio, y con un diseño experimental basado en un cuasiexperimento.

Se comprobó que el no considerar con anterioridad a la formación de los grupos, criterios relacionados con rasgos de personalidad, ha conducido en general a resultados más bajos, aunque no de manera estadísticamente significativa para el desempeño colaborativo, pero si para el desempeño académico. En este sentido, los resultados de la experimentación permiten afirmar que el desempeño académico de los estudiantes no necesariamente va de la mano con su desempeño en actividades colaborativas y viceversa.

A través de la experimentación se confirmó que las experiencias posteriores y/o la formación previa en trabajo colaborativo, llevan a los grupos a una mejora en su desempeño, como lo afirman algunos estudios.

Los resultados también permitieron evidenciar la incidencia positiva que tiene el tratamiento presentado en esta investigación en los grupos experimentales frente a los grupos de control, estableciendo que el formar grupos para escenarios de aprendizaje colaborativo teniendo en cuenta los rasgos de personalidad de los estudiantes, beneficia su desempeño académico.

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

## **Structured Abstract**

*Considering that one of the requirements to work in collaborative learning scenarios is the group formation, firstly, some studies or research focused on the different techniques used for this purpose were addressed; secondly, some studies or research-oriented towards the specific learning scenario were also addressed, which served as a validator of this proposal: programming and related courses, supported by collaborative learning strategies or techniques.*

*The general objective was to propose a model for the group formation in collaborative learning scenarios based on personality traits, for the teaching Programming. To do this, the strategies and techniques used for the collaborative learning group formation were initially characterized, as well as the influence that personality has on programming and software development activities; then an allocation algorithm was structured that would allow the collaborative group formation based on the participants' personality traits; a methodological model was designed that would allow to carry out a group formation based on personality traits; later, the proposal was implemented and validated in Programming and related courses in Engineering, to finally evaluate the collaborative performance level achieved by the students participating in the study.*

*The investigative process was developed under the positivist paradigm, since it is based on scientific knowledge, with a quantitative approach that allowed us to examine data numerically, using the analytical empirical method since it was based on a phenomenon observed in reality, under a type of correlational research that made it possible to measure the degree of relationship that the variables under study had, and with an experimental design based on a quasi-experiment.*

*It was found that not considering criteria related to personality traits before group formation has generally led to lower results, although not statistically significant for collaborative performance, but academic performance. In this sense, the results of the*

*experimentation allow us to affirm that the academic performance of the students does not necessarily go hand in hand with their performance in collaborative activities and vice versa.*

*Through experimentation, it was confirmed that subsequent experiences and/or previous training in collaborative work lead the groups to an improvement in their performance, as affirmed by some studies.*

*The results also allowed to show the positive impact that the treatment presented in this research has in the experimental groups compared to the control groups, establishing that forming groups for collaborative learning scenarios considering the students' personality traits, benefits their academic performance.*

**Keywords:** *Collaborative learning, Genetic algorithms, Group formation, Personality traits, Programming.*

# Contenido

	Pág.
<b>Lista de Tablas .....</b>	<b>xix</b>
<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>xxiii</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>25</b>
<b>1. Proyecto de Investigación .....</b>	<b>27</b>
1.1. Descripción del Problema .....	27
1.2. Pregunta de Investigación.....	32
1.3. Hipótesis de Trabajo .....	32
1.4. Objetivos .....	33
1.4.1. Objetivo general .....	33
1.4.2. Objetivos específicos.....	33
1.5. Metodología de la investigación .....	34
<b>2. Marco conceptual.....</b>	<b>37</b>
2.1. Acerca de la personalidad.....	38
2.1.1. Algunos elementos básicos sobre personalidad .....	38
2.1.2 Rasgos de la personalidad .....	40
2.1.3. Medición de la personalidad.....	43
2.1.4. El modelo “Big Five” .....	45
2.1.5. La personalidad y los grupos.....	49
2.1.6. La personalidad y la programación .....	51
2.2. El aprendizaje colaborativo .....	53
2.2.1. Algunas conceptualizaciones .....	53
2.2.2. Objetivos del aprendizaje colaborativo.....	56
2.2.3. Beneficios del aprendizaje colaborativo .....	57
2.2.4. Elementos del aprendizaje colaborativo .....	57
2.2.5. Técnicas de aprendizaje colaborativo .....	58

2.2.6. Evaluación del desempeño colaborativo .....	59
2.2.7. CSCW y CSCL .....	61
2.3. Formación de grupos .....	63
2.3.1. Taxonomía de los atributos en la formación de grupos .....	63
2.3.3 Taxonomía de los atributos modificada .....	72
2.4. Algoritmos Evolutivos .....	74
2.4.1. Principios y estructura general .....	74
2.4.2. Componentes de los algoritmos evolutivos .....	78
2.4.3. Principales paradigmas .....	82
<b>3. Modelo de Formación de Grupos Basada en Rasgos de la Personalidad .....</b>	<b>85</b>
3.1. Propuesta Metodológica.....	85
3.2. Medición de Rasgos de la Personalidad .....	86
3.2.1. El cuestionario .....	87
3.2.2. Instrucciones de puntuación .....	88
3.2.3. Preparación de los estudiantes .....	90
3.2.4. Aplicación del cuestionario .....	91
3.2.5. Obtención y tabulación de resultados.....	91
3.2.6. Exportación de datos .....	92
3.3. Formación de Grupos.....	93
3.3.1. Fundamentación matemática y algorítmica de la propuesta.....	94
3.3.2. Implementación computacional .....	115
3.3.3. Obtención de grupos .....	117
3.4. Valoración del desempeño colaborativo.....	118
<b>4. Resultados Obtenidos.....</b>	<b>121</b>
4.1. Sesión de Clase .....	121
4.2. Caracterización de los Grupos de Experimentación.....	124
4.3. Resultados BFI.....	126
4.4. Resultados del Algoritmo .....	127
4.4.1. Configuración del algoritmo .....	127
4.4.2. Tamaño de la población y número de generaciones .....	128
4.4.3. Formación de los grupos .....	129
4.5. Resultados del Experimento .....	133
4.5.2. Evaluación del desempeño colaborativo – Fase 1 .....	134
4.5.3. Evaluación del desempeño colaborativo – Fase 2 .....	149



4.5.4. Evaluación del desempeño académico – Fase 2 .....	167
4.6. Validez del Experimento .....	171
4.6.1. Validez del constructo .....	171
4.6.2. Validez interna.....	172
4.6.3. Validez externa.....	172
<b>5. Conclusiones, Trabajos Futuros y Productos Derivados.....</b>	<b>175</b>
5.1. Conclusiones.....	175
5.2. Trabajos Futuros .....	180
5.3. Productos Derivados.....	181
<b>Referencias .....</b>	<b>183</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>197</b>
A. Formato de Consentimiento Informado.....	199
B. Recursos BFI para Moodle™ .....	201
C. Complemento M_GROUP para Moodle™ .....	203
D. Reporte de Formación de Grupos – Complemento M_GROUP para Moodle™ ..	205
E. Cuestionario para Valorar Desempeño Colaborativo.....	207
F. Escala de valoración para los procesos operativos .....	209
G. Implementación del cuestionario de desempeño colaborativo en Moodle™ .....	213
H. Artículo en Rev. Colombiana de Computación .....	215
I. Artículo en HCI-COLLAB 2020, CCIS .....	217
J. Artículo en Electronics.....	219
K. Artículo en IEEE TLT .....	221
L. Artículo en IDx&A .....	223
M. Artículo en Mathematics.....	225
N. Artículo en IEEE TSE .....	227
O. Registro de Soporte Lógico Team-B V2.0 .....	229
P. Registro de Soporte Lógico Team-BE .....	231



## Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Instrumentos más empleados para medir los Cinco Grandes.....	48
Tabla 2. Conceptualizaciones de Trabajo Colaborativo.....	54
Tabla 3. Categorías de TAC.....	59
Tabla 4. Estudios sobre evaluación de la colaboración en la última década.....	60
Tabla 5. Clasificación general de las herramientas de comunicación.....	69
Tabla 6. Terminología utilizada en Algoritmos Evolutivos.....	78
Tabla 7. Ítems del BFI organizados por dimensión.....	88
Tabla 8. Puntuaciones BFI para Individuo A.....	89
Tabla 9. Puntuaciones BFI para Individuo A recodificadas.....	90
Tabla 10. Obtención de puntuaciones para cada dimensión.....	90
Tabla 11. Tabulación sugerida de resultados.....	91
Tabla 12. Representación de un conjunto total de estudiantes.....	97
Tabla 13. Representación de un individuo.....	98
Tabla 14. Estudiantes de ejemplo.....	101
Tabla 15. Valores escalados.....	101
Tabla 16. Individuos de ejemplo.....	101
Tabla 17. Población de ejemplo.....	105
Tabla 18. Cálculo de probabilidades de selección.....	105
Tabla 19. Cálculo de probabilidades acumuladas.....	105
Tabla 20. Cálculo de valores normalizados.....	107
Tabla 21. Cálculo de probabilidades de selección (minimización).....	108
Tabla 22. Cálculo de probabilidades acumuladas (minimización).....	108
Tabla 23. Ejemplo del Operador C1.....	110
Tabla 24. Acciones para apoyar una temática de clase.....	123
Tabla 25. Cursos por Institución y Programa.....	124
Tabla 26. Caracterización de los grupos de experimentación.....	125

Tabla 27. Resultados del BFI en Ingeniería de Software aplicada. ....	126
Tabla 28. Resumen de los resultados de la ejecución del algoritmo. ....	128
Tabla 29. Formación de grupos. ....	129
Tabla 30. Valores escalados y cálculo de $\overline{X_{g,c}}$ . ....	131
Tabla 31. Resumen del cálculo de $IM_g$ . ....	132
Tabla 32. Cálculo de diferencias al cuadrado. ....	132
Tabla 33. $\alpha$ de Cronbach por proceso operativo. ....	134
Tabla 34. Prueba U para agrupamiento homogéneo vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes. ....	137
Tabla 35. Prueba U para agrupamiento heterogéneo vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes. ....	137
Tabla 36. Prueba U para agrupamiento mixto (C) vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes. ....	138
Tabla 37. Prueba U para agrupamiento mixto (O) vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes. ....	138
Tabla 38. Prueba U para agrupamiento mixto (N) vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes. ....	138
Tabla 39. Descriptivos generales de las puntuaciones de los estudiantes sobre los procesos operativos (Fase 1). ....	140
Tabla 40. Puntuaciones medias de los grupos de experimentación por tipo de formación. ....	141
Tabla 41. Pruebas U para agrupamiento homogéneo versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes. ....	142
Tabla 42. Pruebas U para agrupamiento heterogéneo versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes. ....	144
Tabla 43. Pruebas U para agrupamiento mixto (C) versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes. ....	145
Tabla 44. Pruebas U para agrupamiento mixto (O) versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes. ....	146
Tabla 45. Pruebas U para agrupamiento mixto (N) versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes. ....	147
Tabla 46. $\alpha$ de Cronbach por proceso operativo para la pre-prueba. ....	150
Tabla 47. $\alpha$ de Cronbach por proceso operativo para la post-prueba. ....	150
Tabla 48. Prueba U para Programación de Computadores (desempeño colaborativo). ....	153

Tabla 49. Prueba U para Software Gráfico (desempeño colaborativo). .....	153
Tabla 50. Prueba U para Fundamentos de Programación I (desempeño colaborativo). .....	153
Tabla 51. Prueba U para Sistemas Operativos I (desempeño colaborativo). .....	154
Tabla 52. Prueba U para Programación de Computadores (pre-prueba versus post- prueba). .....	157
Tabla 53. Prueba U para Software Gráfico (pre-prueba versus post-prueba). .....	157
Tabla 54. Prueba U para Fundamentos de Programación I (pre-prueba versus post- prueba). .....	158
Tabla 55. Prueba U para Sistemas Operativos I (pre-prueba versus post-prueba). .....	158
Tabla 56. Descriptivos generales de las puntuaciones de los estudiantes sobre los procesos operativos (Fase 2). .....	160
Tabla 57. Puntuaciones medias de los grupos de experimentación por curso. ....	161
Tabla 58. Pruebas U para Programación de Computadores (desempeño colaborativo). .....	162
Tabla 59. Pruebas U para Software Gráfico (desempeño colaborativo). .....	163
Tabla 60. Pruebas U para Fundamentos de Programación I (desempeño colaborativo). .....	164
Tabla 61. Pruebas U para Sistemas Operativos I (desempeño colaborativo). .....	165
Tabla 62. Prueba U para Programación de Computadores (notas). .....	169
Tabla 63. Prueba U para Software Gráfico (notas). .....	169
Tabla 64. Prueba U para Fundamentos de Programación I (notas). .....	170
Tabla 65. Prueba U para Sistemas Operativos I (notas). .....	170
Tabla 66. Artículos científicos. ....	181
Tabla 67. Aplicaciones computacionales. ....	182
Tabla 68. Participación en eventos académicos. ....	182
Tabla 69. Trabajos de grado. ....	182



# Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Diseño experimental.....	34
Figura 2. Mapa mental del marco conceptual.....	37
Figura 3. Taxonomía de los atributos en la formación de grupos.....	64
Figura 4. Complemento a la taxonomía de Maqtary et al. (2019) en la categoría de Atributos de los integrantes.....	66
Figura 5. Complemento a la taxonomía de Maqtary et al. (2019) en la categoría de Atributos del grupo.....	68
Figura 6. Taxonomía de los atributos en la formación de grupos modificada.....	72
Figura 7. Taxonomía de las técnicas de formación de grupos.....	74
Figura 8. Estructura general del proceso evolutivo.....	76
Figura 9. Representación del genotipo y fenotipo.....	78
Figura 10. Representación binaria (a), real (b) y entera (c).....	79
Figura 11. Cruce de dos puntos.....	81
Figura 12. Mutación con $p = 0.25$ .....	81
Figura 13. Esquema metodológico.....	86
Figura 14. Spanish Big Five Inventory.....	88
Figura 15. Muestra del archivo de texto plano.....	92
Figura 16. Representación de dos estudiantes.....	97
Figura 17. Representación de los resultados.....	102
Figura 18. Representación del método de la ruleta.....	106
Figura 19. Representación del método de la ruleta (Minimización).....	109
Figura 20. Operador C1 modificado.....	110
Figura 21. Flujo principal del proceso de formación de grupos de estudiantes.....	114
Figura 22. Diagrama de clases de la librería TEAM-B v2.2.....	117
Figura 23. Procesos operativos del desempeño colaborativo.....	118
Figura 24. Ejemplo de una huella para un grupo de trabajo.....	119

Figura 25. Diagrama de actividades para una sesión de clase. ....	121
Figura 26. Contraste de grupos experimentales versus grupo de control. ....	136
Figura 27. Puntuaciones generales de los estudiantes expresadas en porcentajes (Fase 1). ....	141
Figura 28. Huella del agrupamiento homogéneo versus grupo de control. ....	142
Figura 29. Huella del agrupamiento heterogéneo versus grupo de control. ....	143
Figura 30. Huella del agrupamiento mixto (C) versus grupo de control. ....	145
Figura 31. Huella del agrupamiento mixto (O) versus grupo de control. ....	146
Figura 32. Huella del agrupamiento mixto (N) versus grupo de control. ....	147
Figura 33. Contraste de grupos experimentales versus grupos de control. ....	152
Figura 34. Contraste de grupos experimentales. ....	155
Figura 35. Contraste de grupos de control. ....	156
Figura 36. Puntuaciones generales de los estudiantes expresadas en porcentajes (Fase 2). ....	160
Figura 37. Huella de contraste en Programación de Computadores. ....	162
Figura 38. Huella de contraste en Software Gráfico. ....	163
Figura 39. Huella de contraste en Fundamentos de Programación I. ....	164
Figura 40. Huella de contraste en Sistemas Operativos I. ....	165
Figura 41. Contraste de notas de grupos experimentales versus grupo de control. ....	168



# 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 un modelo de formación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo, formación 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 formación 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.

El modelo propuesto fue validado con estudiantes de la Universidad de Nariño, Universidad CESMAG y Universidad Mariana en San Juan de Pasto – Colombia; estudiantes de la Universidad Nacional de Santiago del Estero en Santiago del Estero – Argentina; y, estudiantes de la Universidad de Castilla-La Mancha en Ciudad Real – España; durante los semestres académicos B-2019, A-2020 y B-2020, que tomaron cursos de Programación o afines, al momento de la realización del experimento. Se llevó a cabo un análisis comparativo de los resultados de las actividades evaluativas propuestas aplicando pruebas estadísticas, para efectos de una medición del nivel de

desempeño colaborativo y del nivel de aprendizaje logrado por los estudiantes participantes en el estudio.

El documento se organiza 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 formación 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 los grupos de experimentación y su correspondiente comparación y análisis estadístico; en el capítulo cinco se presentan las conclusiones, los trabajos futuros y los productos derivados del estudio; y, finalmente se listan las referencias de la investigación.

# Capítulo 1

## Proyecto de Investigación

### 1.1. Descripción del Problema

La formación de grupos se refiere a estrategias, algoritmos, técnicas y métodos para agrupar individuos según varios criterios, con el objetivo de crear grupos bien estructurados que lleven a los estudiantes a interactuar mejor entre sí y a maximizar sus logros de aprendizaje. Al-Adrousy, Ali, y Hamza (2015) consideran que la formación de un grupo es un tipo especial de recomendación, importante para permitir el trabajo colaborativo entre los participantes. Por lo tanto, cuando un grupo se crea adecuadamente, cada estudiante aporta algo relevante, lo que agrega mejoras a la experiencia de aprendizaje del grupo.

Con la intención de seleccionar los estudiantes adecuados para crear grupos efectivos, características tales como el nivel de conocimiento, el estilo de aprendizaje, las notas, y las barreras del idioma, por nombrar algunas, han sido consideradas con la esperanza de mejorar las interacciones y los beneficios del aprendizaje (Isotani et al., 2009). Aunque se han propuesto algunas estrategias de formación de grupos, el problema de extraer las características más efectivas que describan el dominio de las habilidades de los estudiantes para un mejor aprendizaje colaborativo, sigue abierto (Liu et al., 2016).

Según Alberola et al. (2016), uno de los problemas importantes al que se enfrentan los profesores en escenarios de aprendizaje colaborativo, es la agrupación de los estudiantes en equipos apropiados. La tarea es compleja, ya que muchos factores técnicos e interpersonales podrían afectar la dinámica de los equipos, sin indicación

clara de qué factores pueden ser los más relevantes. No sólo el problema es conceptualmente complejo, también su complejidad computacional es exponencial, lo que impide a los profesores aplicar de manera óptima las estrategias disponibles. El trabajo en equipo se ha convertido en una competencia crítica en los entornos educativos y de gestión. Desafortunadamente, buscar equipos óptimos o casi óptimos es una tarea costosa debido al número exponencial de resultados (Del Val et al., 2014). La formación 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.

La formación de grupos es un área de investigación de gran importancia dentro del aprendizaje colaborativo soportado por computador (CSCL), y dentro del trabajo colaborativo soportado por computador (CSCW) en general (Monteserin et al., 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, y Moreno (2009) mencionan que en la actualidad es difícil encontrar técnicas para la formación de grupos pues las investigaciones se basan en el correcto funcionamiento del aprendizaje colaborativo, pero se deja de lado o se menosprecia, la formación como tal de dichos grupos.

Varios autores han expresado inquietudes con respecto a la selección aleatoria y a los enfoques de auto-selección cuando de formación de grupos se trata, ya que estos enfoques pueden dar como resultado una participación desigual; por ejemplo, que los estudiantes de un mismo grupo trabajen a un ritmo diferente, tengan un comportamiento fuera de la tarea o incluso aumenten la resistencia de los estudiantes al trabajo en grupo (Barkley et al., 2014; Dillenbourg & Jermann, 2007; Isotani & Mizoguchi, 2008). En el mismo sentido, Huxham y Land (2000) mencionan que en escenarios que utilizan dinámicas de aprendizaje colaborativo, se evidencia la falta de metodología a la hora de escoger dichos grupos, siendo en muchas ocasiones con criterios tan simples como la selección aleatoria. En varios de estos casos los resultados a nivel general muestran algunos equipos con un gran rendimiento mientras otros están lejos de alcanzar los objetivos planteados.

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). Esto sin embargo no es fácil de lograr, tal como lo menciona Bekele (2005): “A pesar que en general se considera muy efectivo, la tarea de crear grupos heterogéneos tiene sus inconvenientes especialmente en cursos de gran tamaño. Dado que se requiere del desarrollo, administración y evaluación de cuestionarios (todo previo a la conformación de los grupos), esto puede ser muy costoso y demorado. Mas aún, en un ambiente manual se necesitaría invertir una gran cantidad de tiempo y esfuerzo puesto que el número de niveles de desempeño y atributos de personalidad que habría que manejar sería demasiado”.

A pesar de las importantes contribuciones sobre la formación grupal en entornos CSCL, se observa que hay pocos estudios en la literatura que combinen rasgos de personalidad con otros factores importantes en la agrupación de estudiantes. En general, estos elementos se usan de manera independiente a factores tales como teorías de aprendizaje, roles, patrones de interacción, y, objetivos individuales, entre otros (Duque Reis, 2019).

La literatura contiene múltiples descripciones de enfoques algorítmicos y de optimización para la formación de grupos: algoritmos genéticos, algoritmos genéticos híbridos, algoritmos difusos, colonia de hormigas, minería de datos y programación entera, entre otros (Cruz & Isotani, 2014). 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 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 varios de los estudios revisados (Abnar et al., 2012; Costaguta et al., 2014; Deleón et al., 2009; Devasenathipathi & Modi, 2012; Fariñas et al., 2015; Gogoulou et al., 2007; Gutiérrez et al., 2016; Hwang et al., 2008; Konert et al., 2014; Pinninghoff J. et al., 2017; Reis & Isotani, 2019; Tien et al., 2015; Yannibelli & Amandi, 2011; Zheng et al., 2018) mencionan que, para las pruebas y las validaciones correspondientes, no se trabajó en entornos reales de aprendizaje sino en entornos simulados, o con conjuntos de datos preestablecidos. Además, prácticamente en ninguno se menciona sobre qué metodología de trabajo académico, presencial o virtual, se aplicaron las diferentes técnicas. En este sentido, Jahanbakhsh et al. (2017) afirman que se están utilizando cada vez más herramientas algorítmicas para la formación de equipos, pero poco se sabe sobre cómo estas herramientas son aplicadas o cómo los estudiantes y los profesores perciben su uso.

Por otra parte, hablando de entornos reales de aprendizaje, la Programación de Computadores es un área de conocimiento en donde confluyen conceptos y habilidades esenciales para la práctica de la programación independiente de su paradigma (ACM & IEEE, 2008). Pese al estado tecnológico actual y a la evolución del software en todos los campos de actuación humana, existen algunos problemas relacionados con la fundamentación de los constructores de software derivados de situaciones como el desconocimiento de la materia, la carencia de habilidades para programar, y la carencia de disciplina en programación, entre otras (Oviedo & Ortiz, 2002). Dichos inconvenientes se gestan desde el primer curso de Programación recibido, el cual es muy importante en el proceso de formación que tendrá un desarrollador de soluciones software en su etapa de aprendizaje y más tarde en su vida profesional (Hernández et al., 2012).

Aprender a programar es reconocida por ser una actividad difícil, siendo una de las mayores dificultades el que en programación los lenguajes son artificiales (Moser, 1997). En el mismo sentido, Sabitzer y Strutzmann (2013) afirman que aprender un lenguaje de programación es difícil, como los resultados académicos en diferentes contextos lo evidencian. Para muchos estudiantes, incluso parece ser un obstáculo

insuperable. Hayashi, Fukamachi, y Komatsugawa (2015) refuerzan estas ideas al afirmar que un problema recurrente en el aprendizaje de la programación de computadores es que, aunque los profesores explican la gramática, los estudiantes no pueden crear software por sí mismos. Inclusive, algunos estudiantes renuncian al aprendizaje.

Truong, Bancroft, y Roe 2003 (2003) establecen que la educación en computación se enfrenta a tres grandes problemas: en primer lugar, la mayoría de los novatos estudiantes de programación tienen dificultad al enfrentarse a su primer programa o en la construcción de conocimientos referentes a programación; en segundo lugar, la gran cantidad de estudiantes de los cursos de introducción a la programación provoca dificultad en proporcionar un ambiente de aprendizaje efectivo; y por último, hay una creciente necesidad de apoyar los campus desde múltiples frentes, lo que redundando en el manejo de una gran cantidad de información técnica por parte del estudiante.

El estudio realizado por Affleck, G. y Smith (1999) ha encontrado que el principal problema de los programadores principiantes es el acceso a los conocimientos previos y a la adopción de un enfoque para estudiar que vaya más allá de la memorización explícita de conocimientos necesarios para aplicar y transferir el dominio de conceptos a situaciones nuevas. Es así como los métodos de representación de lógica formal como el pseudocódigo, los diagramas de flujo de datos, los diagramas Nassi-Shneiderman, y en otros casos el manejo de paradigmas como el Orientado a Objetos, el Lógico o el Funcional que se imparten en los primeros cursos de programación, no vivencian explícitamente los resultados de operación y ejecución de una manera clara en sus fases iniciales (Jiménez Toledo et al., 2015). Esto conlleva a que el estudiante deba dejarse llevar por las recomendaciones del docente hasta que su veracidad sea demostrada mediante una herramienta de software que en muchos casos no es utilizada como mecanismo de soporte al proceso lógico llevado a efecto en los inicios de tales cursos.

Para González de Rivera y Paredes (2008) son muchos los inconvenientes que debe enfrentar un estudiante de primer curso de programación debido a la complejidad de las temáticas tratadas. Por ello, comenzar en el aprendizaje de la programación siempre ha sido un proceso complicado, ya que es una disciplina totalmente diferente a lo que se ha visto hasta entonces por parte del programador novato. La programación

exige cambiar de manera radical el modo de pensar y de analizar las cosas. Aun habiendo adquirido los conocimientos teóricos necesarios, se ha detectado una gran dificultad al aplicar esos conocimientos teóricos en la resolución de problemas prácticos (Jiménez Toledo et al., 2019). Además, al momento de presentar al estudiante (que en la mayoría de los casos no ha tenido experiencia alguna en el campo de la programación) conceptos referentes a procesos de entrada, salida, estructuras condicionales y estructuras iterativas, una inmensa mayoría tiene problemas en la asimilación y por ende en el modelamiento de tales concepciones, puesto que la abstracción de estos modelos forman parte del desarrollo del pensamiento complejo y el estudiante mediante la presentación de los problemas antes mencionados no logra abstraer los esquemas necesarios para su identificación. Es por ello que la enseñanza de la programación no se puede transmitir directamente de los profesores a los estudiantes, debe ser adquirida activamente por los estudiantes (Ben-Ari, 1998).

## 1.2. Pregunta de Investigación

Para la propuesta se formuló la siguiente pregunta de investigación: *¿La formación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad, mejora el nivel del desempeño colaborativo en cursos de Programación del ámbito universitario?*

## 1.3. Hipótesis de Trabajo

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

- **H<sub>i</sub>**: La formación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad, se presenta como una estrategia que mejora el *nivel del desempeño colaborativo* en cursos de Programación del ámbito universitario, con respecto a las estrategias tradicionalmente empleadas para tal fin.
- **H<sub>0</sub>**: La formación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad, se presenta como una estrategia que **NO** mejora el *nivel*



*del desempeño colaborativo* en cursos de Programación del ámbito universitario, con respecto a las estrategias tradicionalmente empleadas para tal fin.

- **H<sub>a</sub>**: La formación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad, se presenta como una estrategia alternativa que mantiene el *nivel del desempeño colaborativo* en cursos de Programación del ámbito universitario, con respecto a las estrategias tradicionalmente empleadas para tal fin.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Proponer un modelo de formación 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 estrategias y técnicas empleadas para la formación de grupos colaborativos de aprendizaje.
- Caracterizar la influencia que la personalidad tiene en actividades de programación y desarrollo de software.
- Estructurar un algoritmo de asignación que permita formar grupos colaborativos a partir de los rasgos de personalidad de los participantes.
- Diseñar un modelo metodológico que permita llevar a cabo una formación de grupos basada en los rasgos de personalidad de los participantes.
- Implementar y validar la propuesta en cursos de Programación y afines en Ingenierías.
- Evaluar el desempeño colaborativo logrado por estudiantes participantes en este estudio.

## 1.5. Metodología de la investigación

El proceso investigativo se desarrolló bajo el paradigma positivista, dado que está fundamentado en el conocimiento científico, con un enfoque cuantitativo que permitió examinar datos de manera numérica, utilizando el método empírico analítico ya que se basó en un fenómeno observado en la realidad, bajo un tipo de investigación correlacional que permitió medir el grado de relación que tuvieron las variables en estudio, y con un diseño experimental basado en un cuasiexperimento, dado que los grupos de trabajo, que se describen más adelante, ya estaban formados antes del experimento, fueron grupos intactos, la razón por la que surgieron y la manera cómo se formaron no tienen nada que ver con el experimento. La experimentación se dividió en dos fases o momentos, como se muestra en la Figura 1.

		Pre Prueba	Estímulo Experimental	Post Prueba
FASE 1	<b>G<sub>1</sub> – G<sub>5</sub></b> Grupos Experimentales	–	X <sub>i</sub>	O <sub>i</sub>
	<b>G<sub>6</sub></b> Grupo de Control	–	–	O <sub>j</sub>
FASE 2	<b>G<sub>1</sub> – G<sub>4</sub></b> Grupos Experimentales	O <sub>k</sub>	X <sub>j</sub>	O <sub>l</sub>
	<b>G<sub>5</sub> – G<sub>8</sub></b> Grupos de Control	O <sub>m</sub>	–	O <sub>n</sub>

Figura 1. Diseño experimental.

Los tratamientos experimentales X<sub>i</sub> y X<sub>j</sub>, se diferencian en el tipo de formación de los grupos: homogénea, heterogénea y mixta para la Fase 1; y, homogénea y heterogénea para la Fase 2.

A los grupos experimentales se les aplicó los tratamientos experimentales X<sub>i</sub> y X<sub>j</sub>, que consistieron en llevar a la práctica el modelo propuesto con la realización de actividades colaborativas durante las sesiones de trabajo programadas para las

diferentes temáticas de los cursos correspondientes. De forma paralela se trabajó con los grupos de control a los que no se les aplicó ninguno de los tratamientos experimentales; es decir, con ellos se desarrollaron las temáticas específicas de la forma como tradicionalmente lo hace el profesor, formando los grupos requeridos por preferencia de los estudiantes, pero desarrollando la mismas actividades colaborativas.

El objetivo de la Fase 1 fue evaluar el nivel de desempeño colaborativo de los estudiantes, contrastando los grupos experimentales versus los grupos de control. Para la Fase 2, además de evaluar el nivel de desempeño colaborativo, se evaluó también de manera básica el desempeño académico de los participantes, igualmente contrastando los grupos experimentales versus los grupos de control. En la Fase 2 también se llevó a cabo un contraste entre pre-pruebas y post-pruebas con el objetivo de determinar si la experiencia previa en el desarrollo de actividades colaborativas mejora el desempeño colaborativo en los estudiantes.

El experimento se llevó a cabo con estudiantes de la Universidad de Nariño, Universidad CESMAG y Universidad Mariana en San Juan de Pasto – Colombia; estudiantes de la Universidad Nacional de Santiago del Estero en Santiago del Estero – Argentina; y, estudiantes de la Universidad de Castilla-La Mancha en Ciudad Real – España; durante los semestres académicos B-2019, A-2020 y B-2020, que tomaron cursos de Programación o afines, al momento de la realización del experimento.



# Capítulo 2

## Marco conceptual

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos que soportan la investigación realizada. Se abordan tópicos de la personalidad, el aprendizaje colaborativo, la formación de grupos y los algoritmos evolutivos. En la Figura 2 se presenta un mapa mental de este marco conceptual.

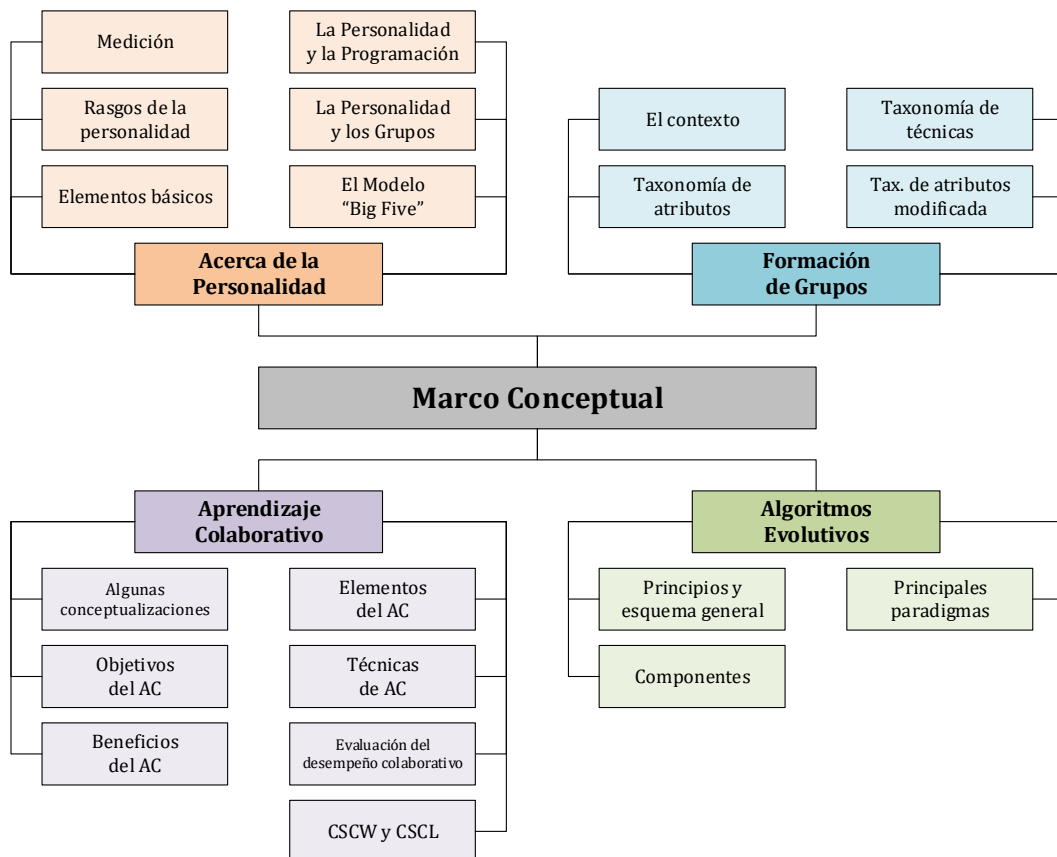


Figura 2. Mapa mental del marco conceptual.

## 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 formación de grupos y esto a la vez en su desempeño, cómo la personalidad influye en actividades de programación y desarrollo de software, 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 (Montaño Sinisterra et al., 2009).

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 et al., 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, se requieren algunos elementos básicos para guiar el proceso. En esta sección, se trata 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) neo-analítica, (5) aprendizaje, (6) fenomenológica, y (7) autorregulación cognitiva (Carver & Scheier, 2016). La perspectiva disposicional abarca la teoría de los rasgos y tipos, que es una de las teorías más utilizadas en la psicología organizacional (Anderson et al., 2001) 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 (2014) 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 et al. (2005) 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 (1985) 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, estas 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 (1985) 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 (Montaño Sinisterra et al., 2009).

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

Según Allport (1985), 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 (Simkin & Azzollini, 2015).

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 (D. P. Schultz & Schultz, 2010):

- **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 con base a estos rasgos. Las personas frecuentemente se vuelven tan conocidas por estos rasgos como por sus nombres, y son 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 sólo 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 et al., 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 sólo 16 rasgos de personalidad (Afabilidad (A), Razonamiento (B), Estabilidad (C), Dominancia (E), Animación (F), Atención a las normas (G), Atrevimiento (H), Sensibilidad, (I), Vigilancia (L), Abstracción (M),

Privacidad (N), Aprensión (O), Apertura al cambio (Q1), Autosuficiencia (Q2), Perfeccionismo (Q3) y Tensión (Q4)). 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 sólo 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 expansiva.
- **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” (Cloninger, 2003). 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. 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 (Lotito Catino, 2016).

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 (López & Torres, 1991).

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 en conjunto 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 (T. P. Hogan, 2015).

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 y 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 (Arcena, 1967), que consiste en 10 plantillas con manchas de tinta. Quien realiza la prueba 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.

#### **2.1.4. 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 (Jung, 2017),

Keirsey's Personality Types Theory (Keirsey, 2006), The "Big Five" Factors Personality Model (Costa & McCrae, 1992), y Myers-Briggs Type Indicator (MBTI) (Quenk, 2009), 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 et al., 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 (Soto et al., 2015):

- **E (*Extraversion* - *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* - *Agradabilidad*):** 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 - Meticulosidad*)**: 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 - Neuroticismo*)**: 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 - Apertura*)**: 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.

Dado que el modelo de los Cinco Grandes es un modelo puramente descriptivo de la personalidad, los psicólogos han desarrollado diversas pruebas y cuestionarios que evalúan cada uno de los cinco factores o dimensiones en los individuos. En la Tabla 1 se presenta un resumen de los más empleados.

Tabla 1. Instrumentos más empleados para medir los Cinco Grandes.

Instrumento	Descripción
<p><b>NEO-PI-R</b> (Costa &amp; McCrae, 1992)</p>	<p><i>Revised NEO Personality Inventory.</i> La denominación NEO se refiere a las tres dimensiones que el inventario medía originalmente: Neuroticism, Extraversion 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 McCrae 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.</p>
<p><b>16PF-5</b> (Cattell et al., 2011)</p>	<p><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.</p>
<p><b>BFQ</b> (Caprara et al., 1993)</p>	<p><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.</p>
<p><b>BFQ-C</b> (Barbaranelli et al., 2003)</p>	<p><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.</p>



Instrumento	Descripción
<p><b>TDA-100</b> (L. R. Goldberg, 1992)</p>	<p><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>1</sup> para evaluar, a través de un conjunto de ítems, estos mismos factores además de otras diferencias individuales.</p>
<p><b>BFI</b> (O. P. John et al., 1991)</p>	<p><i>Big Five Inventory.</i> Está compuesto por 44 ítems que consisten en 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 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.</p>
<p><b>HPI</b> (R. Hogan &amp; Hogan, 2007)</p>	<p><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.</p>
<p><b>FFPI</b> (Hendriks et al., 1999)</p>	<p><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.</p>

### 2.1.5. 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 (Jung, 2017). Con 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.

<sup>1</sup> International Personality Item Pool.

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 et al., 2007)).

Por lo tanto, la operacionalización de la composición de la personalidad en un grupo es crítica para estimar su efecto sobre el desempeño de este. Halfhill et al. (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).

#### **2.1.6. La personalidad y la programación**

Numerosos estudios han investigado el posible efecto que la personalidad de programadores e ingenieros de software puede tener sobre sus tareas individuales y el trabajo en equipo (Acuña et al., 2015; Akarsu et al., 2019; Chowdhury et al., 2018; Gilal et al., 2019; Licorish & MacDonell, 2015; Omar & Syed-Abdullah, 2015; Pieterse et al., 2018; Soomro et al., 2015; Yilmaz et al., 2015, 2017). Estos han llevado a una mejor comprensión de esa relación; sin embargo, el análisis de la personalidad y su impacto en el proceso de desarrollo de software sigue siendo un área bajo investigación y debate.

El impacto de los rasgos de personalidad en el desempeño de tareas y el trabajo en equipo ha sido foco de investigación en la ingeniería de software desde 1960 (Lee & Shneiderman, 1978; Shneiderman, 1980; Weinberg, 1998). Weinberg (1998) enfatizó en el impacto de la personalidad de los programadores sobre la finalización exitosa de tareas; afirma que debido a la naturaleza compleja de las tareas de programación, la personalidad del programador, su individualidad e identidad, son factores mucho más importantes en su éxito de lo que generalmente se reconoce. Shneiderman (1980) también destaca la importancia que tienen los rasgos de personalidad en el desarrollo de software, al afirmar que las variables de personalidad juegan un papel crítico en la determinación de la interacción entre programadores y en el estilo de trabajo de los programadores individuales.

Tal es la importancia del tema que, en los últimos años se encuentran publicadas tres revisiones de literatura relacionadas con la personalidad en la programación de computadores y la ingeniería de software. A continuación, se describe lo más relevante de cada una de ellas:

El trabajo presentado por Soomro et al. (2016), revisó 35 estudios primarios publicados entre los años 1993 y 2016. El objetivo de este documento fue investigar cómo la personalidad de los profesionales del software se asocia con el clima y el rendimiento del equipo. Los hallazgos mostraron que el clima del equipo comprende una amplia gama de factores que caen dentro de los campos de la gestión y las ciencias del comportamiento. La mayoría de los estudios utilizaron estudiantes universitarios como sujetos y como sustitutos de profesionales del software. Los autores concluyen que los hallazgos de esta SLR serían beneficiosos para comprender la evaluación de la personalidad de los miembros del equipo de desarrollo de software, al revelar los rasgos de la taxonomía de la personalidad, junto con la medición del entorno de trabajo del equipo. Estas mediciones serían útiles para examinar las posibilidades de éxito y fracaso de los proyectos de software en los procesos de desarrollo.

El estudio desarrollado por Gilal et al. (2017), revisó 17 estudios primarios publicados entre los años 2000 y 2014. La revisión se centró en encontrar las preferencias de personalidad efectivas del rol de programador desde diferentes entornos experimentales: individuos y equipos, y, académicos e industriales. Además, sólo se seleccionaron aquellos estudios que utilizaron la prueba de personalidad MBTI. Los

resultados de este estudio se dividieron en tres categorías en función de las preferencias de personalidad obtenidas: apareció fuertemente, apareció débilmente y desapareció. Por ejemplo, se observó fuertemente en los resultados que la combinación de tipos intuitivos (N) y emocionales (F) no es una elección de personalidad adecuada para el rol de programador. Los autores concluyen que la investigación del desarrollo de software basado en la personalidad necesita una atención seria para llenar los vacíos. Existen numerosas ambigüedades para los profesionales si tienen la intención de poner en práctica estos estudios.

El trabajo presentado por Barroso et al. (2017), revisó 21 estudios primarios entre los años 2003 y 2016. El objetivo de esta revisión fue evaluar los modelos de personalidad aplicados en la ingeniería de software y comprender cómo la personalidad humana influye en el trabajo profesional. Se identificaron tres modelos principales, MBTI, BIG 5 y FFM, para evaluar a los profesionales de la ingeniería de software. Los autores concluyen que hay evidencia de la influencia de la personalidad en las actividades realizadas. Sin embargo, algunos resultados han sugerido que el estudio de la personalidad no es una tarea fácil de realizar, porque existen contradicciones en los resultados que desafían la validez de los estudios.

La influencia de la personalidad en actividades de programación e ingeniería de software no está completamente clara. La investigación en el tema debe extenderse para incorporar un análisis más profundo y una comparación entre los estudios, con especial énfasis en comprender la magnitud del efecto de los resultados encontrados.

## **2.2. 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 Pérez, 2007).

En la Tabla 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. Conceptualizaciones de Trabajo Colaborativo.

Autores	Conceptualizaciones
(Guitert & Giménez, 1997)	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.
(Panitz & Panitz, 2018)	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.
(Gros, 2000)	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.
(Salinas, 2000)	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> .
(Lucero, 2003)	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 et al. (Echazarreta Soler et al., 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 Hasbún (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. (Echazarreta Soler 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 et al. (2002), 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 Hasbún, 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 (Collazos et al., 2003).

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

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

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 et al., 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 (Collazos et al., 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 (D. H. Johnson & Johnson, 2013). 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 et al. (2014), 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 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 3. Categorías de TAC.

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Casos tipo</b>
<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.
<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.

### 2.2.6. Evaluación del desempeño colaborativo

Definir las características del proceso de colaboración relevantes para su calidad y desarrollar instrumentos capaces de evaluar estas características no son tareas triviales (Meier et al., 2007). En la literatura, varios trabajos proponen diferentes métodos y enfoques de evaluación de la calidad de la colaboración, tanto para contextos académicos como organizacionales. Sin embargo, esta multiplicidad de trabajos dispersos se presentan generalmente sin ninguna validación (Steves & Scholtz, 2005; Westphal et al., 2007). Chebil et al. (2013) mencionan que generalmente, en estos trabajos, la evaluación se lleva a cabo a través de la identificación de métricas y su medición, como en (Anaya & Boticario, 2013; Chounta & Avouris, 2016; D'Angelo et al., 2019; Dascalu et al., 2015; Kahrimanis et al., 2012); y, a través del diseño de cuestionarios que reflejan los aspectos a evaluar y su aprovechamiento, como en (Borden & Perkins, 1999; Boughzala & De Vreede, 2015; Herro et al., 2017; Kellerman, 2007; Marek et al., 2015; Meier et al., 2007). En la Tabla 4 se presentan estudios de la última década específicamente orientados a contextos académicos, indicando algunas de sus características básicas, así como su escenario de validación.

Tabla 4. Estudios sobre evaluación de la colaboración en la última década.

<b>Autores – Años</b>	<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
(Borden & Perkins, 1999)	Assessing Your Collaboration: A Self Evaluation Tool	Cuestionario de autoevaluación por factores. No se especifica escenario de validación.
(Kellerman, 2007)	Collaboration Assessment Guide and Tool	Cuestionario de autoevaluación por indicadores agrupados por categorías. De aplicación general, incluyendo escenarios educativos. No se especifica escenario de validación.
(Meier et al., 2007)	A Rating Scheme for Assessing the Quality of Computer-Supported Collaboration Processes	Basado en calificaciones por dimensiones. El profesor es el evaluador. Validado en un escenario real.
(Kahrimanis et al., 2012)	Validating empirically a rating approach for quantifying the quality of collaboration	Basado en calificaciones por dimensiones. Emplea software de apoyo. Validado en un escenario real.
(Anaya & Boticario, 2013)	A Domain-Independent, Transferable and Timely Analysis Approach to Assess Student Collaboration	Basado en métricas. El profesor es el evaluador. Validado en un escenario real.
(Diez et al., 2013)	Tool to Assess Teamwork Performance in Higher Education	Cuestionario de autoevaluación por indicadores. Validado en un escenario real.
(Dascalu et al., 2015)	ReaderBench: Automated Evaluation of Collaboration Based on Cohesion and Dialogism	Basado en métricas. Para actividades colaborativas de habla y escritura. Validado en un escenario real.
(Marek et al., 2015)	Evaluating Collaboration for Effectiveness.	Cuestionario de autoevaluación por factores. De aplicación general, incluyendo escenarios educativos. Validado en un escenario real.
(Chounta & Avouris, 2016)	Towards the Real-Time Evaluation of Collaborative Activities: Integration of an Automatic Rater of Collaboration Quality in the Classroom from the Teacher's Perspective	Basado en un software de monitoreo en tiempo real. El profesor es el evaluador. Validado en un escenario real.
(Herro et al., 2017)	Co-Measure: Developing an Assessment for Student Collaboration in STEAM Activities.	Basado en rúbricas por dimensiones. Validado en un escenario real.
(D'Angelo et al., 2019)	Mapping Individual to Group Level Collaboration Indicators Using Speech Data	Basado en "machine learning". Para actividades colaborativas de habla. Validado en un escenario real.

Para este estudio se seleccionó y adaptó la herramienta tipo cuestionario propuesta por Diez et al. (2013), teniendo en cuenta su completitud y a la vez su sistematicidad de aplicación, así como su orientación y validación específica en contextos educativos. Además, por tratarse de un cuestionario de auto y co-evaluación, su utilización no implica una "carga de trabajo" adicional para el profesor. El desempeño colaborativo

se mide a través de siete indicadores que las autoras denominan *procesos operativos*. Estos procesos describen funciones e interacciones que aparecen durante el trabajo en grupo y cómo éstas son gestionadas para realizar las tareas del grupo. Coinciden directa o indirectamente con los criterios o dimensiones de evaluación de desempeño grupal a tener en cuenta en escenarios de trabajo colaborativo, descritos en algunos de los estudios listados en la Tabla 4. En la Sección 3.4 se describe en mayor detalle esta herramienta.

Vale la pena aclarar que la propuesta de Diez et al. (2013) considera la evaluación de desempeño colaborativo como un proceso multidimensional integral, en el cual una de sus dimensiones es precisamente la colaboración, desagregándose en cooperación y coordinación, pero más como una competencia o habilidad de los estudiantes que como el macro-proceso general de colaboración.

### **2.2.7. CSCW y CSCL**

El término CSCW (Computer-Supported Cooperative Work) fue acuñado por Irene Greif (1988) para describir cómo los computadores pueden ayudar a los usuarios a trabajar en grupo. De acuerdo con Collis (1993), el CSCW es el resultado de un largo proceso evolutivo en varias áreas de investigación, entre las que se pueden citar las Teorías Organizativas, la Informática, los Sistemas de Información, la Psicología Cognitiva y Social, la Ergonomía, las Comunicaciones, la Sociología, la Antropología, entre otras. El término CSCW hace referencia tanto a la disciplina científica que describe cómo diseñar y desarrollar aplicaciones de soporte al trabajo en grupo, como al estudio teórico-práctico de cómo las personas trabajan colaborativamente y cómo afecta el empleo de aplicaciones de soporte al comportamiento del grupo.

De la especialización del CSCW al ámbito educativo surge el concepto CSCL (Computer-Supported Collaborative Learning) (Dourish, 2006; Koschmann, 1996). Según Gerry et al. (2006), este concepto se puede definir como la aplicación de la tecnología informática para enriquecer el aprendizaje en grupo y obtener nuevos métodos, estrategias y aplicaciones educativas. En los últimos años se ha presentado una gran producción de sistemas CSCL, y su uso se ha hecho masivo en gran parte debido a la introducción de sistemas LCMS (Learning Content Management Systems)

y cursos MOOC (Massive Online Open Courses), ya de uso común en distintos niveles educativos (L. Johnson et al., 2015).

El CSCL se encuentra en la intersección de varias áreas de conocimiento: la práctica educativa, la psicología del aprendizaje, y el soporte que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) proporcionan a los procesos de enseñanza/aprendizaje. A la ya compleja tarea de desarrollar un sistema colaborativo se añade la dificultad de considerar nuevos aspectos, como la formación y configuración de los grupos de estudiantes, la alineación de las tareas a realizar con los objetivos de aprendizaje, la calidad y carga cognitiva que imponen los materiales didácticos a usar, la consideración del conocimiento previo del estudiante, el estilo de aprendizaje o motivación, el adecuado soporte a la resolución de problemas, así como a la discusión, la argumentación y la toma de decisiones, entre otros (Häkkinen et al., 2004).

De acuerdo con los hallazgos de la comunidad investigadora, la colaboración tiene una influencia positiva en el proceso de aprendizaje, principalmente cuando está bien diseñada e incorporada adecuadamente. Por lo tanto, el entorno CSCL y las actividades colaborativas de aprendizaje deben diseñarse cuidadosamente; de lo contrario, no hay garantía de que los resultados del aprendizaje satisfagan las expectativas de los estudiantes y los profesores. En este contexto, la formación de grupos juega un papel fundamental. Influye en cómo los estudiantes perciben el entorno, interactúan con sus compañeros, utilizan los materiales didácticos disponibles y participan en las actividades y procesos de aprendizaje (Isotani & Mizoguchi, 2008).

La formación de grupos en CSCL se refiere a estrategias, algoritmos, técnicas y métodos para agrupar individuos de acuerdo con varios criterios, con el objetivo de crear grupos bien pensados que llevarán a los estudiantes a interactuar mejor entre sí y a maximizar sus ganancias de aprendizaje. Por lo tanto, cuando se crea un grupo de manera adecuada, cada estudiante aporta algo relevante, agregando mejoras a la experiencia de aprendizaje grupal. Con la intención de seleccionar adecuadamente a los estudiantes para crear grupos efectivos, características tales como el nivel de conocimiento, el estilo de aprendizaje, las calificaciones y las barreras idiomáticas, por nombrar algunas, se han considerado con la esperanza de mejorar las interacciones y los beneficios del aprendizaje (Isotani et al., 2009).

## 2.3. Formación de grupos

Según Barkley et al. (2014), fuera del ámbito académico, los grupos constituyen una estructura social básica. Se forman y reforman de distintas maneras para 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.

La formación de grupos se puede caracterizar por diferentes parámetros, como el tamaño del grupo, la duración del grupo, el método ideal de agrupación, la autoridad de agrupación, y el tipo de los grupos formados, entre otros. Además, es necesario prestar atención a las características educativas y psicológicas de los miembros involucrados en la agrupación. Estas características varían de un grupo a otro si el objetivo y las tareas del grupo son diferentes. En algunos de los trabajos que se encuentran en la literatura, los grupos se forman utilizando características de los miembros como conocimientos, habilidades y competencias, mientras que otros grupos de trabajo se basan en estilos de aprendizaje, rasgos de personalidad y otras características. Estas características se discuten en detalle y se clasifican dentro de una taxonomía propuesta por Maqtary, Mohsen, y Bechkoum (2019), la cual ha sido complementada con otras no consideradas en ella, y que también han sido materia de numerosos estudios. Asimismo, se presenta una clasificación atendiendo a las diferentes técnicas computacionales empleadas para la formación de grupos.

### 2.3.1. Taxonomía de los atributos en la formación de grupos

Durante la formación de los grupos, se deben tener en cuenta varios atributos para garantizar que los grupos logren sus objetivos (Coffield et al., 2004). Por lo tanto, estos atributos se pueden clasificar en dos clases: atributos de los integrantes y atributos del grupo. Los atributos de los integrantes son los atributos que describen las personas que se incluirán en los grupos, mientras que los atributos del grupo describen las características del grupo como un todo.

Los estudios mencionados anteriormente acerca de los atributos de formación de grupos se reorganizaron y clasificaron dentro de una taxonomía, la cual se muestra en la Figura 3 y tiene una categorización en varios niveles.

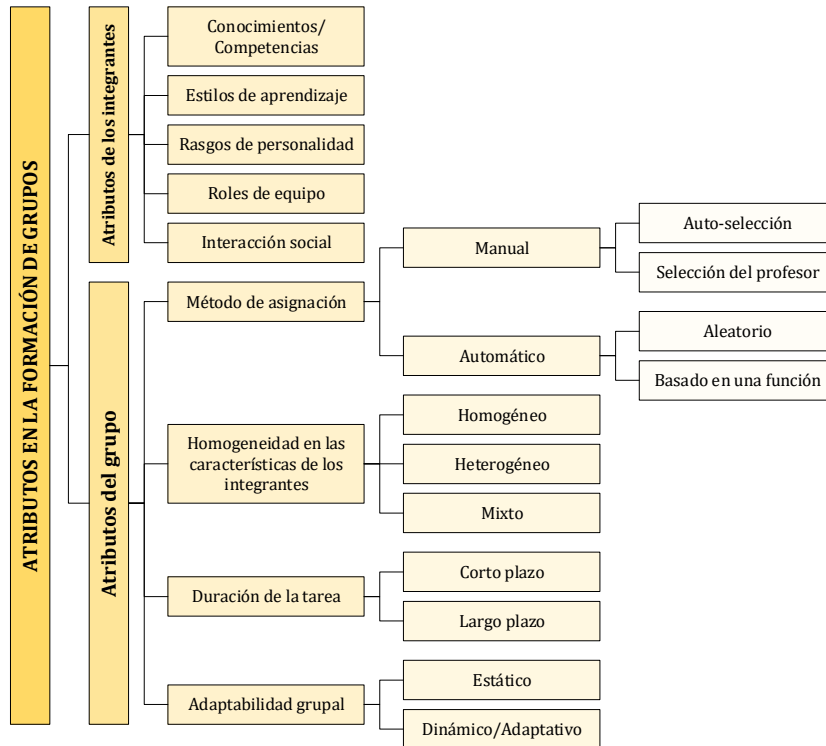


Figura 3. Taxonomía de los atributos en la formación de grupos (Maqtary et al., 2019).

Por lo general, atributos detectables como la edad, el sexo y la etnia racial se han considerado representaciones de los valores, las creencias y las actitudes de un individuo (Fiske, 1993). Dentro de los grupos, la identificación basada en la similitud demográfica se asocia con sesgos dentro del grupo y conflictos de equipo (Jackson et al., 2003). Basados en su revisión de estudios que relacionan la diversidad demográfica con los procesos de equipo, Williams K. (1998) concluyó que el aumento de la diversidad, especialmente en términos de edad, permanencia y etnia, generalmente tiene efectos negativos en la integración social, la comunicación y los conflictos.

La investigación ha sugerido que, dentro de un grupo de trabajo, la diversidad con respecto a los antecedentes demográficos de los miembros puede tener un efecto



importante tanto en la rotación como en el desempeño del grupo en tareas cognitivas, es decir, tareas de "pensamiento" que implican generar planes o ideas, resolución de problemas, o toma de decisiones. Si bien esta diversidad tiende a aumentar la rotación, sus efectos en el desempeño en tareas cognitivas son más variados, a veces lo mejoran y a veces lo deterioran. Una comprensión de cómo la diversidad demográfica, considerando variables como la edad, el sexo y la raza, entre otras, conduce a estos resultados, puede ayudar a mejorar la efectividad del grupo de trabajo (Pelled, 1996).

Es así como, por ejemplo, Kochan et al. (2003) reportan sobre un proyecto a gran escala con cuatro estudios, en el que midieron los efectos de la diversidad racial y de género en el proceso y rendimiento en equipos de trabajo. En los cuatro estudios, la diversidad de género generalmente no tuvo efecto o fue positivo en los procesos de equipo, mientras que la diversidad racial tendió a tener efectos negativos. Hubo pocos efectos directos para cada tipo de diversidad en el rendimiento del equipo, aunque algunos efectos contextuales (como una cultura competitiva entre los equipos) exacerbaron los efectos negativos de la diversidad racial.

Los resultados que relacionan la diversidad racial/étnica con procesos grupales son bastante variados. Se evidencian resultados negativos en algunos estudios, pero positivos en otros (Kochan et al., 2003; Williams K., 1998). Los resultados por edad y género también son variados, con estudios que muestran resultados neutrales (Kochan et al., 2003; Pelled et al., 1999).

Particularmente, la diversidad de género es importante para los procesos de equipo y su desempeño. Este planteamiento ha sido objeto de numerosos estudios empíricos, meta-análisis y revisiones de literatura (Baugh & Graen, 1997; Bowers et al., 2000; Chatman & O'Reilly, 2004; Ely & Thomas, 2001; Jackson et al., 2003; Joshi & Roh, 2009; Mannix & Neale, 2005; Myaskovsky et al., 2005; Pelled, 1996; Stewart, 2006; Webber, 2001). En general, las investigaciones existentes sugieren que la diversidad de género puede tener un efecto positivo en el proceso grupal, mientras que su efecto en el desempeño es bastante equívoco y depende en cierta medida del contexto del trabajo.

Finalmente, Joshi y Roh (2009) en su revisión meta-analítica presentan un compendio de 43 estudios relacionados con el papel de la diversidad en la formación de grupos.

A manera de resumen se presentan los siguientes resultados: 22 estudios en los que se trabaja con la edad, 29 estudios en los que se trabaja con el género, y 23 estudios en los que se trabaja con la raza/etnia; los cuales en su gran mayoría corresponden a estudios que combinan más de un aspecto demográfico.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, se propone complementar la taxonomía de Maqtary et al. (2019) en la categoría de *Atributos de los integrantes*, con otro nivel denominado *Características demográficas*, como se muestra en la Figura 4 en la categoría de Atributos de los integrantes..

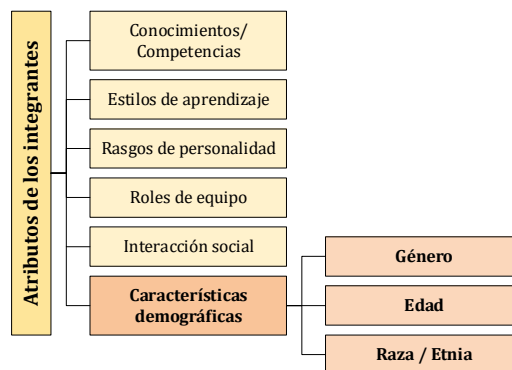


Figura 4. Complemento a la taxonomía de Maqtary et al. (2019) en la categoría de Atributos de los integrantes.

De otra parte, 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 (2011) 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. Por ejemplo, los grupos de 2 o

3 pueden constituir la única distribución práctica para las clases muy numerosas o los trabajos de laboratorio o de informática.

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.

El tamaño de un grupo indica la cantidad de intercambio de conocimientos y de colaboración disponible durante el proceso de aprendizaje y generación de conocimiento. En general, los grupos más grandes con tamaños razonables tienden a rendir mejor que los más pequeños si los niveles de actividad de aprendizaje y las características individuales son similares (Cen et al., 2014).

En el contexto del aprendizaje colaborativo asistido por computador, el tamaño del grupo se ha identificado como un factor importante que requiere más investigación con respecto a la interacción (Strijbos et al., 2004). Los patrones de interacción y los beneficios de aprendizaje difieren entre las díadas (dos miembros), los grupos pequeños (de tres a seis miembros) y los grupos grandes (de siete o más miembros), especialmente si se requiere igualdad de participación o productos compartidos (Wilkinson & Fung, 2002). Diferentes estudios presentan resultados mixtos asociados con el aumento en el tamaño del grupo en el contexto de la colaboración asistida por computador (Easley et al., 2003; Mullen et al., 1994). Con menos individuos, un grupo pequeño puede carecer de la capacidad de evaluar posibles soluciones (B. G. Schultz, 1988).

Sin embargo, la literatura del trabajo en equipo muestra que el tamaño del equipo tiene una relación inversa con respecto al rendimiento del equipo. Esta disminución en el rendimiento y la satisfacción es causada por el bloqueo de la producción, el temor a la evaluación y la “pereza” social (Easley et al., 2003). El bloqueo de la producción se refiere a la situación en la que un individuo no puede contribuir con sus ideas porque otro miembro del grupo está hablando. El temor a la evaluación es la probabilidad de que un miembro tienda a no hablar debido a la desaprobación de los demás. La

“pereza” social es la tendencia de los miembros individuales del grupo a reducir su esfuerzo de trabajo a medida que los grupos aumentan de tamaño. Los efectos de estos tres factores crecen a medida que aumenta el tamaño del grupo (Leidner & Fuller, 1997). Cuando los miembros renuncian a su parte de la tarea, hay una pérdida para el grupo.

El anonimato no existe en díadas y es muy difícil de lograr incluso en grupos de tres personas. Por lo tanto, los efectos del anonimato podrían maximizarse en grupos grandes y, en consecuencia, podrían ayudar a atenuar las pérdidas del proceso presentadas en grupos grandes debido al temor a la evaluación (Dennis & Wixom, 2002). Sin embargo, a medida que aumenta el tamaño del grupo, el aumento en el anonimato individual hace que sea más difícil evaluar la contribución de cada miembro. Por lo tanto, los individuos limitarán esfuerzos y se sentirán menos motivados para participar. Como resultado, un aumento en el tamaño del grupo aumenta las barreras sociales y de coordinación entre los miembros del grupo (Liden et al., 2004).

De igual manera, teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, se propone complementar la taxonomía de Maqtary et al. (2019) en la categoría de *Atributos del grupo*, con otro nivel denominado *Tamaño del grupo*, como se muestra en la Figura 5.

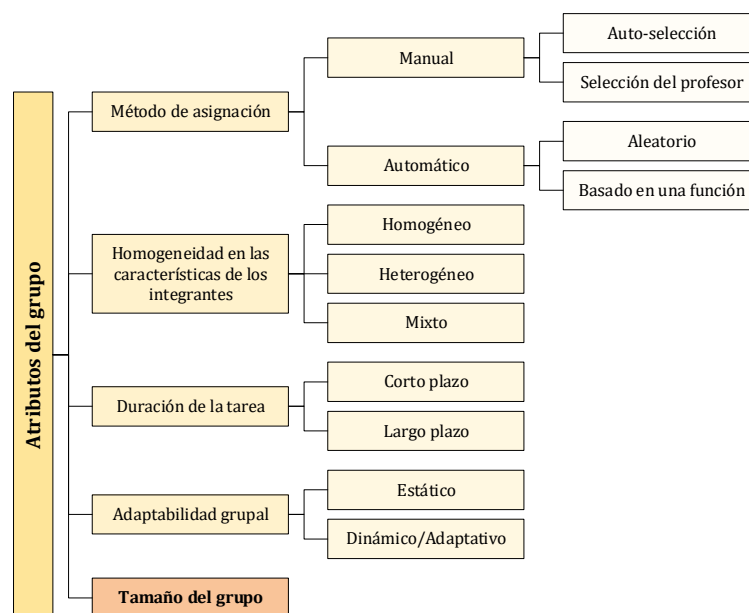


Figura 5. Complemento a la taxonomía de Maqtary et al. (2019) en la categoría de Atributos del grupo.

### 2.3.2. El contexto en la formación de grupos

Como elementos transversales a la taxonomía de los atributos en la formación de grupos propuesta por Maqtary et al. (2019) y complementada en apartes anteriores, se propone también incorporar a ella dos elementos que son fundamentales en la intencionalidad de la formación de los grupos. Estos elementos hacen referencia al entorno o al contexto en el cual se desempeñan los grupos, específicamente el tipo de comunicación que se emplea y el tipo de formación en el que participan. Además, es importante también tener cuenta que, dado el momento tecnológico, se asume una mediación basada en las tecnologías de la información y la comunicación.

#### Tipo de comunicación

En el ámbito educativo, el proceso de aprendizaje está principalmente fundamentado en la comunicación. Por ello, es importante conocer las diferentes formas y posibilidades de comunicación de las nuevas herramientas de las tecnologías de la información propias del uso de la red (Amador Muñoz, 2004). Para Almenara y Graván (2006) la integración de estas herramientas de comunicación que las TIC ponen a disposición tanto de profesores como de estudiantes, permiten un gran abanico de experiencias de aprendizaje que pueden ir desde aulas presenciales unidas a través de la red, a grupos de trabajo colaborativo en contextos totalmente a distancia, repercutiendo en la flexibilización del acto educativo desde diferentes perspectivas.

Según Valverde Berrocoso (2002), *“cuando hablamos de comunicación sincrónica y asincrónica nos estamos refiriendo a dos formas de intercambio de la información en función de la simultaneidad con la que se envía y se ofrece el mensaje”*. La comunicación sincrónica es aquella en la que los usuarios, a través de una red telemática, coinciden en el tiempo y se comunican entre sí mediante texto, audio y/o vídeo. Por el contrario, en la asincrónica, los participantes utilizan el sistema de comunicación en tiempos diferentes. En la Tabla 5 se muestra una clasificación general de estas formas de intercambio.

Tabla 5. Clasificación general de las herramientas de comunicación.

Comunicación Sincrónica	Comunicación Asincrónica
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Chat (IRC – Internet Relay Chat)</li> <li>▪ Audioconferencia</li> <li>▪ Videoconferencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Correo electrónico</li> <li>▪ Listas de distribución</li> <li>▪ Grupos de noticias</li> </ul>

Comunicación Sincrónica	Comunicación Asincrónica
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Foros</li> <li>▪ Transferencia de archivos</li> <li>▪ Entornos de trabajo colaborativo</li> <li>▪ Web</li> </ul>

No obstante, dentro de la comunicación sincrónica y asincrónica también se puede realizar una distinción. En concreto, según afirma Pascual (2010), los servicios que proporciona la comunicación en internet pueden agruparse en estas otras cuatro categorías:

- *Comunicación asincrónica de usuario a usuario*: cuando el contenido es enviado por un emisor a un receptor concreto, como ocurre con un SMS.
- *Comunicación asincrónica entre múltiples usuarios*: cuando el mensaje esté dirigido a un grupo de personas, como es el caso de un foro de discusión en una página web.
- *Comunicación sincrónica de usuario a usuario*: si se trata de conversaciones personalizadas y simultáneas, como una llamada por Skype.
- *Comunicación sincrónica entre múltiples usuarios*: aquellas conversaciones electrónicas interactivas con varios participantes, como un Hangout grupal.

Por su parte, Marjanovic (1999) desarrolla estos elementos de la comunicación como tecnologías asociadas a la colaboración. Afirma que son tecnologías de la información especialmente diseñadas para apoyar y mejorar la interacción humana y el trabajo en equipo. Hay dos categorías generales de tales sistemas: asíncrona y síncrona.

Las tecnologías de la colaboración asíncronas permiten la colaboración "en cualquier momento y en cualquier lugar", brindando libertad de tiempo (para que los estudiantes participen cuando lo deseen), oportunidades para investigar y respaldar afirmaciones, más tiempo para la reflexión, y más tiempo para preparar intervenciones. Si bien los sistemas de colaboración asíncronos han sido más dominantes en los últimos tiempos (especialmente las herramientas de conferencia basadas en Internet y los grupos de noticias), pueden ser más adecuados para el aprendizaje a distancia que para el entorno presencial en el aula debido a su carácter asíncrono.

Las tecnologías de la colaboración sincrónicas permiten la colaboración "en el mismo momento y en el mismo lugar" o "en el mismo tiempo y en cualquier lugar", lo que

proporciona inmediatez, planificación más rápida, resolución de problemas, programación y procesos de toma de decisiones. Sin embargo, la mayoría de las herramientas de colaboración síncronas posibilitan la comunicación en lugar de la colaboración mediada por computador.

### **Tipo de formación**

En la actualidad, gracias al avance en materia de tecnologías de la información y la comunicación se han generado nuevas modalidades educativas que rompen con el concepto tradicional de enseñanza – aprendizaje, principalmente porque eliminan las barreras de tiempo y de espacio que frenaban el acceso a la educación de muchas personas que, por diversas razones, no podían realizar sus estudios de forma presencial, es decir, en un espacio físico determinado (Gara-Pérez et al., 2011).

Para Belloch (2013) el uso que se les da a las TIC en los diferentes niveles educativos va variando en función de las características de los estudiantes y las competencias que se pretenden alcanzar. Así, algunas características como la edad, capacidad cognitiva, nivel cultural, intereses, y tiempo disponible, entre otras, propiciarán diferentes estrategias en cuanto a la implementación de las TIC atendiendo a las diferentes modalidades de enseñanza – aprendizaje.

**Formación Presencial:** Es el método de formación tradicional, caracterizado por la asistencia de los estudiantes a un lugar físico, el centro de estudios, donde se comparte tiempo y espacio junto con otros estudiantes, recibiendo en su mayoría la enseñanza – aprendizaje a través de la comunicación oral.

**Teleformación (e-learning):** El e-learning o teleformación, también denominado formación en red, aprendizaje virtual, formación virtual, aprendizaje on-line, es una modalidad de enseñanza en la que el proceso de enseñanza – aprendizaje se realiza de forma mediada a través de las redes de comunicación. Su finalidad es alcanzar los objetivos de aprendizaje a través de contenidos y actividades mediadas por el computador (Belloch, 2013).

**Formación mixta (b-learning):** También denominada “Formación Combinada” o “Aprendizaje Mezclado”, es una modalidad de estudios semipresencial que incluye

tanto formación virtual como presencial. El término “Blended Learning” apareció en 2002, se traduce literalmente como aprendizaje mixto, es decir, esta modalidad pretende utilizar dos estrategias, la presencial y la virtual, seleccionando lo mejor de cada una de ellas (Belloch, 2013).

### 2.3.3 Taxonomía de los atributos modificada

A manera de resumen en la Figura 6 se presentan las modificaciones propuestas a la taxonomía de Maqtary et al. (2019), en lo relacionado con los diferentes atributos a considerar en la formación de grupos.

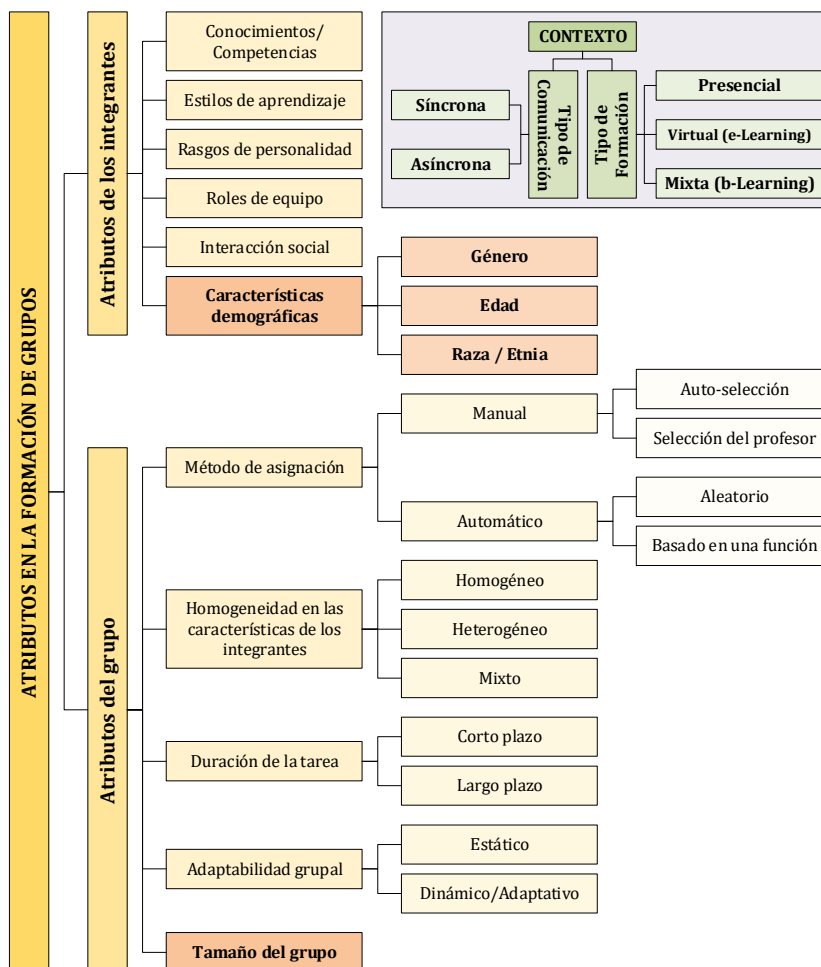


Figura 6. Taxonomía de los atributos en la formación de grupos modificada.



### 2.3.4 Taxonomía de las técnicas de formación de grupos

Una revisión amplia de las investigaciones recientes sobre la formación de grupos muestra que se han aplicado diferentes enfoques computacionales para formar grupos efectivos independiente de los atributos, tanto de los integrantes como de los grupos. La revisión de literatura hecha por Cruz e Isotani (2014) referente a las técnicas de formación de grupos en entornos de aprendizaje colaborativo, encontró 44 estudios que 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.

En la Figura 7 se muestra gráficamente la taxonomía atendiendo a las técnicas de formación de grupos, resultado de la revisión de literatura de (Cruz & Isotani, 2014).

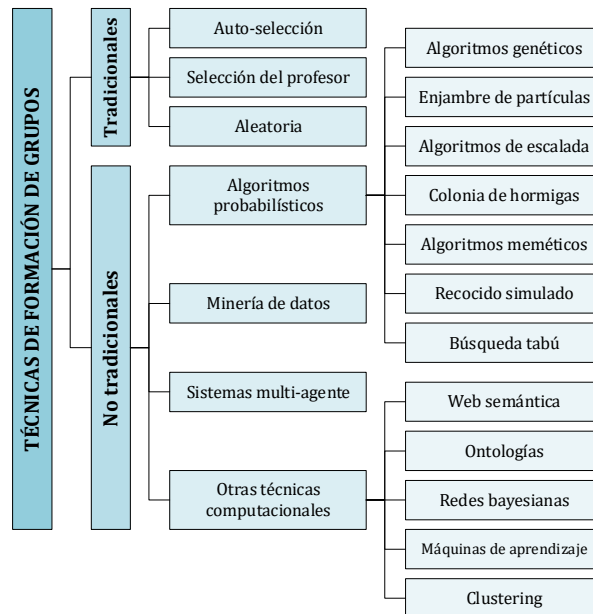


Figura 7. Taxonomía de las técnicas de formación de grupos (Cruz & Isotani, 2014).

## 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, 2009). 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 (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). Fogel (1994) asegura que la historia de la vida (evolución) está determinada sólo 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 estos.
- **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 8 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.

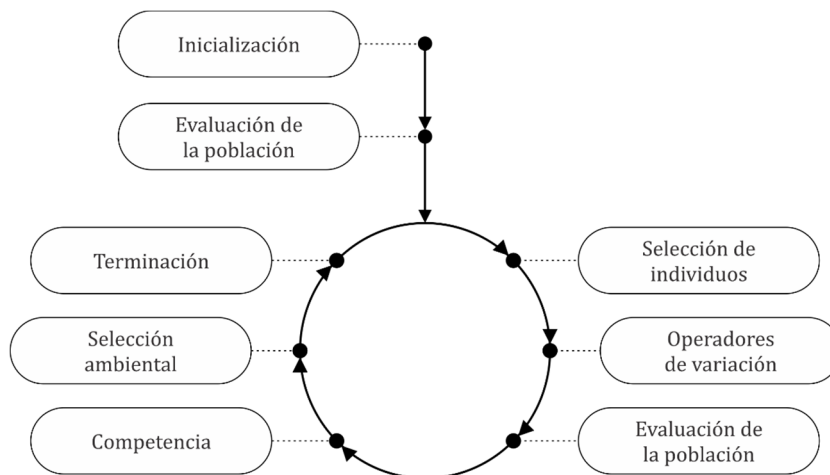


Figura 8. Estructura general del proceso evolutivo (D. E. Goldberg, 1989).

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 8, 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 6.

Tabla 6. Terminología utilizada en Algoritmos Evolutivos (Ruiz & Páez, 2004).

Término	Descripción
<i>Individuo</i>	Candidato a la solución del problema.
<i>Genotipo</i>	Representación original de un individuo.
<i>Fenotipo</i>	Representación codificada de un individuo.
<i>Cromosoma</i>	Parte del individuo codificado.
<i>Gen</i>	Parte del cromosoma, con sentido en el problema.
<i>Alelo</i>	Valores que cada gen puede tomar.
<i>Locus</i>	Posición que el gen ocupa en el cromosoma.
<i>Ambiente</i>	Problema representado por medio de una función de costo.
<i>Adaptación</i>	Valor que mide la calidad de un individuo en su ambiente.
<i>Generación</i>	Conjunto de individuos en un determinado tiempo.
<i>Población</i>	Conjunto de individuos de una determinada generación.
<i>Operador</i>	Conjunto de reglas que permite generar nueva descendencia.
<i>Selección</i>	Política de escogencia de individuos en una población.
<i>Cruce</i>	Operador que permite recombinar dos antiguos individuos (padres) para generar dos nuevos (hijos).
<i>Mutación</i>	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 9.

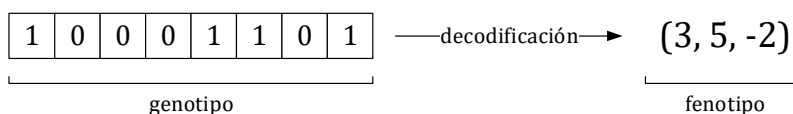


Figura 9. Representación del genotipo y fenotipo.

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 10 se muestra un ejemplo de estas tres codificaciones.

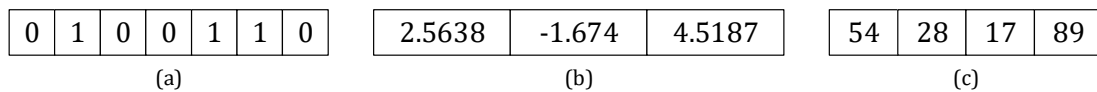


Figura 10. Representación binaria (a), real (b) y entera (c).

## 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 et al., 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 sólo 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, 1992): 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 11. 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.

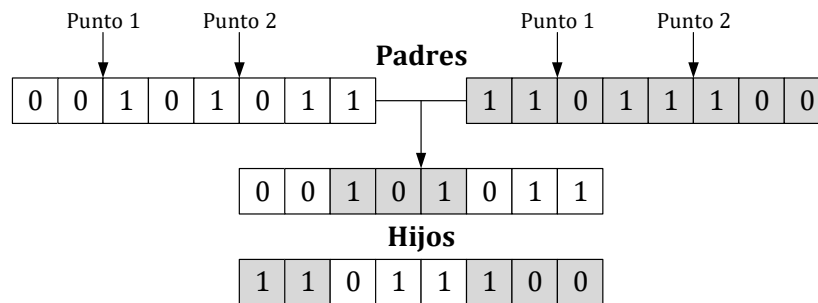


Figura 11. Cruce de dos puntos.

### 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 12.

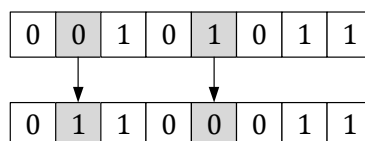


Figura 12. Mutación con  $p = 0.25$ .

## **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 et al., 1996), los algoritmos culturales (McDonnell et al., 1995), los sistemas inmunes artificiales (Nunes De Castro, 2002) y la búsqueda dispersa (Laguna & Martí, 2003). A continuación, se realiza una descripción breve de los algoritmos genéticos como el paradigma empleado en el presente estudio.

### **Algoritmos genéticos**

Para 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.



## **Capítulo 3**

# **Modelo de Formación de Grupos Basada en Rasgos de la Personalidad**

En este capítulo se propone un modelo metodológico para la formación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo, formación 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 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 formación 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 13 resume de forma esquemática este proceso.

Se aclara que, como tal, el modelo de formación de grupos propuesto 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 del modelo. Esta etapa sería relativa al espacio académico en el cual se vaya a implementar, 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, definiendo

claramente tres etapas: pre-proceso, proceso y post-proceso, como lo proponen Guerrero et al. (1999). Para el caso en estudio, se desarrollaron actividades colaborativas para cursos de programación y afines del ámbito universitario.

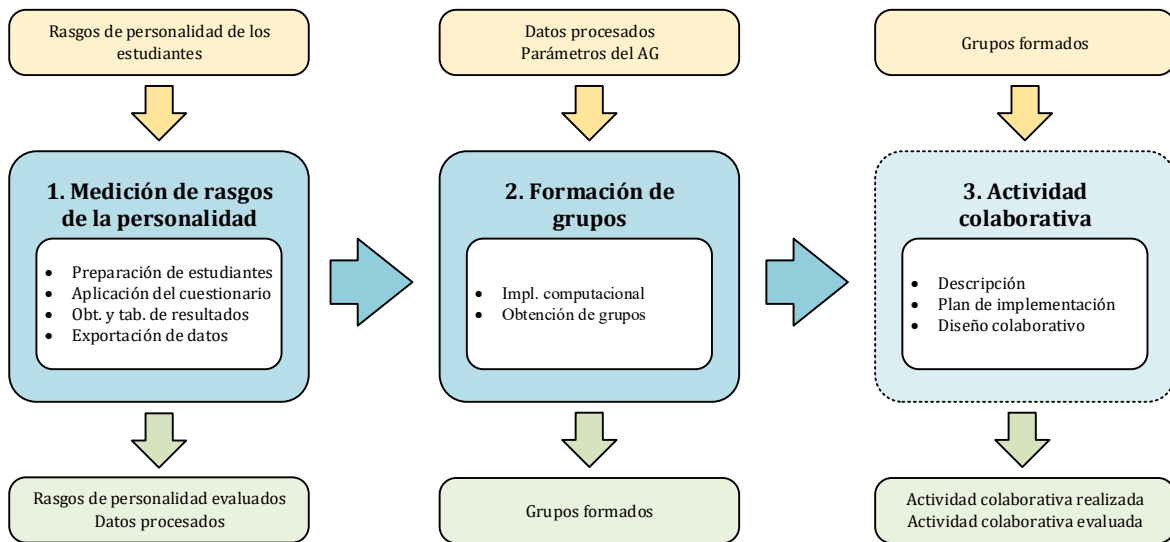


Figura 13. Esquema metodológico.

## 3.2. Medición de Rasgos de la Personalidad

Como se describe en la Sección 2.1.4, 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 de este.

### 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 14, 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>2</sup>) que miden las dimensiones propuestas para el modelo “*Big Five*”. En la Tabla 7 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> . . .				
<input type="checkbox"/> 1. es bien hablador			<input type="checkbox"/> 23. es inventivo	
<input type="checkbox"/> 2. tiende a ser crítico			<input type="checkbox"/> 24. es generalmente confiado	
<input type="checkbox"/> 3. es minucioso en el trabajo			<input type="checkbox"/> 25. tiende a ser flojo, vago	
<input type="checkbox"/> 4. es depresivo, melancólico			<input type="checkbox"/> 26. se preocupa mucho por las cosas	
<input type="checkbox"/> 5. es original, se le ocurren ideas nuevas			<input type="checkbox"/> 27. es a veces tímido, inhibido	
<input type="checkbox"/> 6. es reservado			<input type="checkbox"/> 28. es indulgente, no le cuesta perdonar	
<input type="checkbox"/> 7. es generoso y ayuda a los demás			<input type="checkbox"/> 29. hace las cosas de manera eficiente	
<input type="checkbox"/> 8. puede a veces ser algo descuidado			<input type="checkbox"/> 30. es temperamental, de humor cambiante	
<input type="checkbox"/> 9. es calmado, controla bien el estrés			<input type="checkbox"/> 31. es ingenioso, analítico	
<input type="checkbox"/> 10. tiene intereses muy diversos			<input type="checkbox"/> 32. irradia entusiasmo	
<input type="checkbox"/> 11. está lleno de energía			<input type="checkbox"/> 33. es a veces frío y distante	
<input type="checkbox"/> 12. prefiere trabajos que son rutinarios			<input type="checkbox"/> 34. hace planes y los sigue cuidadosamente	
<input type="checkbox"/> 13. inicia disputas con los demás			<input type="checkbox"/> 35. mantiene la calma en situaciones difíciles	
<input type="checkbox"/> 14. es un trabajador cumplidor, digno de confianza			<input type="checkbox"/> 36. le gusta reflexionar, jugar con las ideas	
<input type="checkbox"/> 15. con frecuencia se pone tenso			<input type="checkbox"/> 37. es considerado y amable con casi todo el mundo	
<input type="checkbox"/> 16. tiende a ser callado			<input type="checkbox"/> 38. se pone nervioso con facilidad	
<input type="checkbox"/> 17. valora lo artístico, lo estético			<input type="checkbox"/> 39. es educado en arte, música, o literatura	
<input type="checkbox"/> 18. tiende a ser desorganizado			<input type="checkbox"/> 40. es asertivo, no teme expresar lo que quiere	
<input type="checkbox"/> 19. es emocionalmente estable, difícil de alterar			<input type="checkbox"/> 41. le gusta cooperar con los demás	
<input type="checkbox"/> 20. tiene una imaginación activa			<input type="checkbox"/> 42. se distrae con facilidad	
<input type="checkbox"/> 21. persevera hasta terminar el trabajo			<input type="checkbox"/> 43. es extrovertido, sociable	
<input type="checkbox"/> 22. es a veces maleducado con los demás			<input type="checkbox"/> 44. tiene pocos intereses artísticos	
Por favor, compruebe que ha escrito un número delante de cada frase.				
<i>Note.</i> Copyright 1996 by Oliver P. John and Verónica Benet-Martínez.				

<sup>2</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.

Figura 14. Spanish Big Five Inventory.

Tabla 7. Ítems del BFI organizados por dimensión.

Dimensión	Ítem	Descripción
<i>Extraversion</i> ( <i>Extraversión</i> )	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.
<i>Agreeableness</i> ( <i>Agradabilidad</i> )	43	Es extrovertido, sociable.
	2	Tiende a ser criticón.
	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.
<i>Conscientiousness</i> ( <i>Meticulosidad</i> )	33	Es a veces frío y distante.
	37	Es considerado y amable con casi todo el mundo.
	41	Le gusta cooperar con los demás.
	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.
<i>Neuroticism</i> ( <i>Inestabilidad Emocional</i> )	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.
	4	Es depresivo, melancólico.
	9	Es clamado, controla bien el estrés.
<i>Openness</i> ( <i>Apertura</i> )	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.
	5	Es original, se le ocurren ideas nuevas.
<i>Openness</i> ( <i>Apertura</i> )	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
- Agradabilidad: 2, 13, 22, 33
- Meticulosidad: 8, 18, 25, 42
- Neuroticismo: 9, 19, 35
- Apertura: 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:  $(1 + R6 + 11 + R16 + R27 + 32 + 40 + 43) / 8$
- Agradabilidad:  $(R2 + 7 + R13 + R22 + 24 + 28 + R33 + 37 + 41) / 9$
- Meticulosidad:  $(3 + R8 + 14 + R18 + 21 + R25 + 29 + 34 + R42) / 9$
- Neuroticismo:  $(4 + R9 + 15 + R19 + 26 + 30 + R35 + 38) / 8$
- Apertura:  $(5 + 10 + R12 + 17 + 20 + 23 + 31 + 36 + 39 + R44) / 10$

Por ejemplo, en la Tabla 8 se muestra las puntuaciones registradas por el Individuo A en el BFI.

Tabla 8. Puntuaciones BFI para Individuo A.

Ítem	Puntaje	Ítem	Puntaje	Ítem	Puntaje	Ítem	Puntaje
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 9. 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 10. Obtención de puntuaciones para cada dimensión.

Dimensión	Operaciones	Resultado
<i>Extraversión</i>	$(5 + 2 + 4 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5) / 8$	<b>4.50</b>
<i>Agradabilidad</i>	$(2 + 5 + 5 + 5 + 2 + 2 + 5 + 5 + 5) / 9$	<b>4.00</b>
<i>Meticulosidad</i>	$(5 + 2 + 5 + 1 + 5 + 5 + 5 + 3 + 2) / 9$	<b>3.67</b>
<i>Neuroticismo</i>	$(1 + 2 + 1 + 2 + 3 + 5 + 2 + 2) / 8$	<b>2.25</b>
<i>Apertura</i>	$(5 + 2 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 4) / 10$	<b>4.60</b>

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 formación 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 el que se empleó

en el presente estudio, el cual forma parte integral del cuestionario implementado en Moodle™.

### 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 14. 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 implementó una actividad tipo “*Encuesta*” en Moodle™ y se desarrolló un complemento para el mismo, recursos que permiten 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 estos recursos, los cuales son de acceso libre para efectos académicos o de investigación, previo contacto con el autor.

### 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 11. Tabulación sugerida de resultados.

ID	Nombre	E	A	C	N	O
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 al momento de requerir la formación 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 15 se presenta una muestra de cómo se prepararía el mencionado archivo.

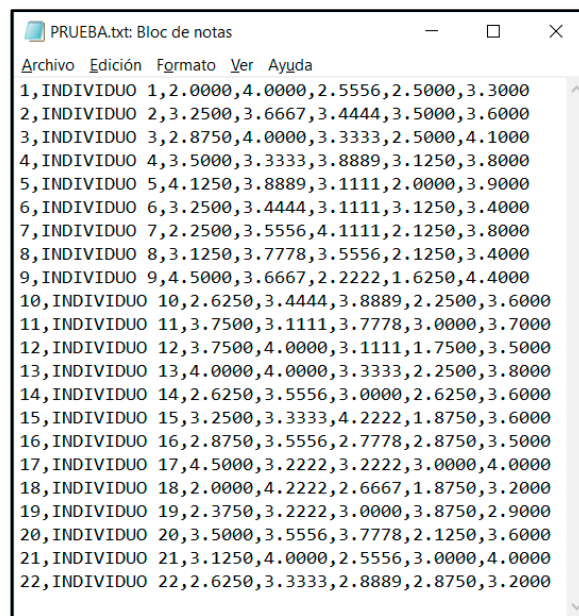


Figura 15. Muestra del archivo de texto plano.

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 omitido el nombre real por razones de confidencialidad de la información de los participantes), extraversión, agradabilidad, meticulosidad, neuroticismo y apertura.

### 3.3. Formación 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  $r$  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:

$$\frac{p!}{(q!)^r} \quad (1)$$

Así, por ejemplo, si se desea repartir 50 estudiantes en 10 grupos de 5, este valor ascendería a  $4,91 \times 10^{43}$  posibles combinaciones (aplicando 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 & 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, el problema combinatorio de la formación 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 formación de grupos basada en rasgos de la personalidad, la cual utiliza como técnica de optimización un algoritmo genético, asimismo, lo que corresponde a 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.

### **Generalidades**

La formación de grupos en ambientes colaborativos de aprendizaje 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 (*Computer-Assisted Learner Group Formation Based on Personality Traits*, 2005).

De otra parte, 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.

En la revisión de literatura hecha por Cruz e Isotani (2014), el uso de Algoritmos Genéticos se presenta como una de las técnicas de optimización más empleadas para la formación de grupos, dada su pertinencia al tratar con un gran número de variables y su posibilidad de generar rápidamente soluciones óptimas, en este caso, grupos útiles.

El modelo que se propone busca encontrar grupos homogéneos, heterogéneos o mixtos, atendiendo a los rasgos de personalidad en cada estudiante. Los rasgos de la personalidad se miden bajo el modelo de los “Cinco Grandes”<sup>3</sup>, empleando el

---

<sup>3</sup> Conocido también como “Big Five” (L. R. Goldberg, 1993), “Five Factor Model - FFM” (Oliver P. John & Srivastava, 1999) o actualmente como “OCEAN” (Martínez-Miranda & Pavón, 2010), es un modelo psicológico que define la personalidad humana y que explica las diferencias individuales a través de cinco grandes dominios: apertura a la experiencia, responsabilidad, extraversión, cordialidad/amabilidad y

instrumento de autoevaluación basado en este modelo denominado BQF – Big Five Questionnaire (Caprara et al., 1993). El objetivo es evaluar los rasgos de cada persona dentro de un grupo global, para posteriormente encontrar la media del grupo en cada dimensión que contempla el modelo Big-Five, y formar grupos buscando optimizar cierta medida de intra-heterogeneidad e inter-homogeneidad.

### 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:

$$E_n = \{C_1, C_2, \dots, C_M\} \quad (2)$$

Estas características podrían tener diferente naturaleza, por ejemplo, demográfica (edad, sexo, etcétera), psicológica (rasgos de personalidad, habilidades, capacidades, etcétera), académica (calificaciones, pre-pruebas, autoevaluación, etcétera), 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 16.



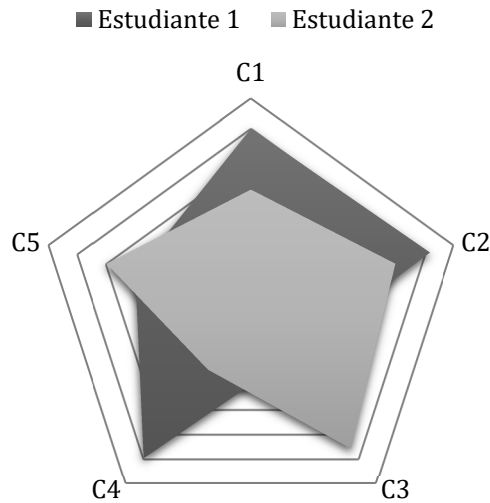


Figura 16. Representación de dos estudiantes.

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.

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 12.

Tabla 12. 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 (The International Statistical Institute, 2006), mediante la siguiente fórmula:

$$X' = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3)$$

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 los 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 formación 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 13.

Tabla 13. Representación de un individuo.

	<b>E<sub>1</sub></b>	<b>E<sub>2</sub></b>	<b>E<sub>3</sub></b>	<b>E<sub>4</sub></b>	<b>E<sub>5</sub></b>
<b>G<sub>1</sub></b>	1	2	3	4	5
<b>G<sub>2</sub></b>	6	7	8	9	10
<b>G<sub>3</sub></b>	11	12	13	14	15
<b>G<sub>4</sub></b>	16	17	18	19	20

### Medida de aptitud

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

$$TM = \{\overline{C}_1, \overline{C}_2, \dots, \overline{C}_M\} \quad (4)$$

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

$$IM_g^i = \{\overline{X}_{g,1}^i, \overline{X}_{g,2}^i, \dots, \overline{X}_{g,M}^i\} \quad (5)$$

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:

$$D^i = \sum_{g=1}^G \left[ \left( \overline{C}_1 - \overline{X}_{g,1}^i \right)^2 + \left( \overline{C}_2 - \overline{X}_{g,2}^i \right)^2 + \dots + \left( \overline{C}_M - \overline{X}_{g,M}^i \right)^2 \right] \quad (6)$$

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, para el caso de formación homogénea, y, entre mayor sea este valor, menos similares serán en promedio cada uno de los grupos con respecto al total de los estudiantes, para el caso de formación heterogénea. Por lo tanto, la función objetivo podría expresarse como sigue:

$$\min | \max Z = \sum_{g=1}^G \left[ \left( \overline{C}_1 - \overline{X}_{g,1}^i \right)^2 + \left( \overline{C}_2 - \overline{X}_{g,2}^i \right)^2 + \dots + \left( \overline{C}_M - \overline{X}_{g,M}^i \right)^2 \right] \quad (7)$$

Para el caso de formación mixta, es decir, heterogénea para ciertas características y homogénea para otras, el problema se convierte en uno de optimización multiobjetivo: se requiere maximizar las diferencias para las características heterogéneas y a la vez minimizar las diferencias para las características homogéneas. Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, una posible forma de abordar esta situación se describe en los apartes siguientes.

Sean  $HT$  y  $HM$  los vectores de características para las que se considera heterogeneidad y homogeneidad respectivamente, representados así:

$$HT = \{C_1, C_2, \dots, C_J\} \subset E_n \quad (8)$$

$$HM = \{C_{J+1}, C_{J+2}, \dots, C_M\} \subset E_n \quad (9)$$

Para la medida de aptitud, se calcula la sumatoria de las diferencias al cuadrado entre las  $J$  características de heterogeneidad para cada grupo  $g$  del individuo  $i$  y el promedio de cada característica en la totalidad de los elementos, y se la resta del valor obtenido de la sumatoria de las diferencias al cuadrado entre las  $K$  características de homogeneidad para cada grupo  $g$  del individuo  $i$  y el promedio de cada característica en la totalidad de los elementos, todo esto en valor absoluto, así:

$$D^i = \left| \begin{array}{l} \sum_{g=1}^G \left[ \left( \overline{C_1} - \overline{X_{g,1}^i} \right)^2 + \left( \overline{C_2} - \overline{X_{g,2}^i} \right)^2 + \dots + \left( \overline{C_J} - \overline{X_{g,J}^i} \right)^2 \right] - \\ \sum_{g=1}^G \left[ \left( \overline{C_{J+1}} - \overline{X_{g,J+1}^i} \right)^2 + \left( \overline{C_{J+2}} - \overline{X_{g,J+2}^i} \right)^2 + \dots + \left( \overline{C_K} - \overline{X_{g,M}^i} \right)^2 \right] \end{array} \right| \quad (10)$$

Entre mayor sea la diferencia de los objetivos, mejor heterogeneidad presentarían los grupos en las características  $HT$  y mejor homogeneidad en las características  $HM$ , en simultaneo. La función objetivo podría expresarse como sigue:

$$\max Z = \left| \begin{array}{l} \sum_{g=1}^G \left[ \left( \overline{C_1} - \overline{X_{g,1}^i} \right)^2 + \left( \overline{C_2} - \overline{X_{g,2}^i} \right)^2 + \dots + \left( \overline{C_J} - \overline{X_{g,J}^i} \right)^2 \right] - \\ \sum_{g=1}^G \left[ \left( \overline{C_{J+1}} - \overline{X_{g,J+1}^i} \right)^2 + \left( \overline{C_{J+2}} - \overline{X_{g,J+2}^i} \right)^2 + \dots + \left( \overline{C_K} - \overline{X_{g,M}^i} \right)^2 \right] \end{array} \right| \quad (11)$$

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 14.

Tabla 14. 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 en la Sección “Representación de los estudiantes”, se obtiene la Tabla 15.

Tabla 15. 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 16.

Tabla 16. Individuos de ejemplo.

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

Al aplicar (4), se obtiene:

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

Al calcular  $IM_g^i$  según (5) a partir de la Tabla 15 y la Tabla 16 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 (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 intra-homogéneo que el Individuo 2, es decir, con esta distribución, todos los grupos del Individuo 1 reflejan al total de estudiantes con mayor precisión cuando se buscan todas las características en conjunto. Por el contrario, el agrupamiento representado por el Individuo 2 es más intra-heterogéneo que el Individuo 1, es decir, con esta distribución, todos los grupos del Individuo 2 presentan mayor variabilidad con respecto al total de estudiantes, cuando se consideran todas las características en conjunto. Estos resultados se representan en la Figura 17.

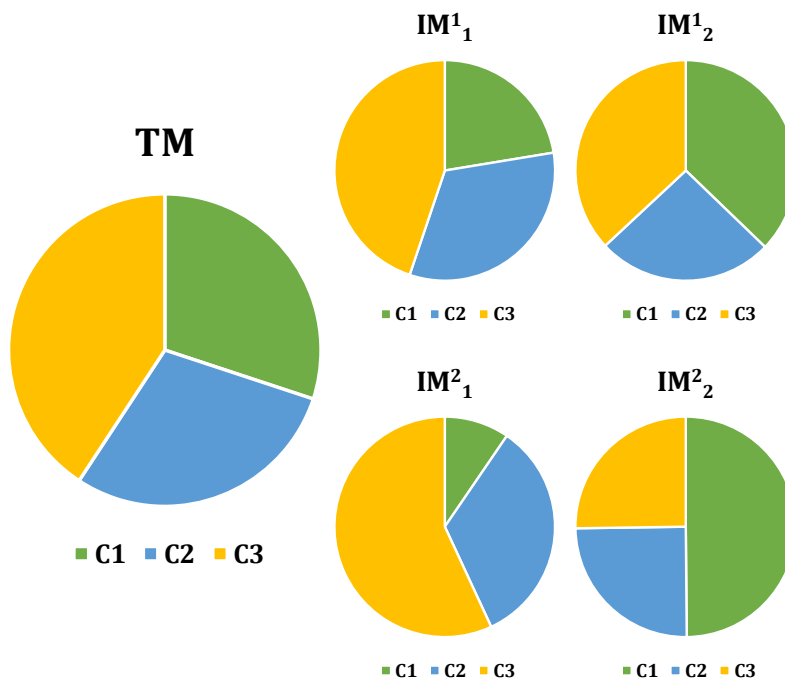


Figura 17. Representación de los resultados.

Ahora, supongamos que se desea una formación mixta, que sea homogénea para  $C_2$  y a la vez heterogénea para  $C_1$  y  $C_3$ . Según (8) y (9) se tendría:

$$HT = \{C_1, C_3\} \text{ y } HM = \{C_2\}$$

Calculando las medidas de aptitud aplicando (10) se obtiene:

$$D_{HT}^1 = \left[ (0.505 - 0.363)^2 + (0.684 - 0.725)^2 + (0.505 - 0.647)^2 + (0.684 - 0.643)^2 \right] = 0.044$$

$$D_{HM}^1 = \left[ (0.490 - 0.530)^2 + (0.490 - 0.449)^2 \right] = 0.003$$

$$D^1 = |0.044 - 0.003| = 0.041$$

$$D_{HT}^2 = \left[ (0.505 - 0.157)^2 + (0.684 - 0.936)^2 + (0.505 - 0.853)^2 + (0.684 - 0.432)^2 \right] = 0.369$$

$$D_{HM}^2 = \left[ (0.490 - 0.552)^2 + (0.490 - 0.427)^2 \right] = 0.008$$

$$D^2 = |0.369 - 0.008| = 0.361$$

Se puede observar que el agrupamiento representado por el Individuo 2 es más intra-homogéneo para  $C_2$  e intra-heterogéneo para  $C_1$  y  $C_3$  que el Individuo 1, es decir, con esta distribución, todos los grupos del Individuo 2 reflejan con mayor precisión similitud y variabilidad con el conjunto total de estudiantes, cuando se busca en conjunto homogeneidad para  $C_2$  y heterogeneidad para  $C_1$  y  $C_3$ .

### Población inicial y evolución

En el ejemplo representado en la Tabla 16, se muestra una formación de grupos trivial: asignar cada estudiante en orden a un grupo según el identificador que tenga. 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 formación es válida, la idea de la población inicial es generar  $k$  individuos de manera aleatoria, utilizando la representación matricial descrita en la Sección “Representación de los individuos” y cumpliendo la restricción que cada elemento debe estar en una y sólo una de las posiciones de la matriz.

Una vez se obtiene la población inicial, y de acuerdo con el esquema representado en la Figura 8, 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:

$$p_i = \frac{f(i)}{TF} \quad (12)$$

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

$$TF = \sum_{i=1}^N f(i) \quad (13)$$

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 17 se presenta información correspondiente a una población de 8 individuos.

Tabla 17. Población de ejemplo.

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

(a) Cálculo de la *adaptación total* de la población aplicando (13):

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

(b) Cálculo de las *probabilidades de selección* de los individuos aplicando (12):

Tabla 18. 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><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 19. 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><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 18.

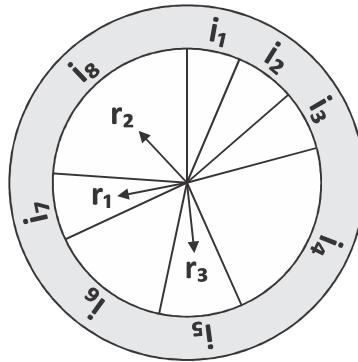


Figura 18. Representación del método de la ruleta.

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 puede ser 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:

$$\min V = \min \{f(i), \forall i \in Pop\} \quad (14)$$

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

$$\max V = \max \{f(i), \forall i \in Pop\} \quad (15)$$

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

$$normV(i) = \frac{\max V - f(i)}{\max V - \min V} \quad (16)$$

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

$$p_i = \frac{normV(i)}{TNF} \quad (17)$$

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

$$TNF = \sum_{i=1}^N normV(i) \quad (18)$$

A continuación, se presenta como ejemplo de aplicación de la selección proporcional de aptitud normalizada el caso anterior, que toma como base la Tabla 17.

(a) Obtención de la *menor adaptación* aplicando (14):

$$\min V = 0,21$$

(b) Obtención de la *mayor adaptación* aplicando (15):

$$\max V = 0,80$$

(c) Cálculo de los *valores normalizados* de los individuos aplicando (16):

Tabla 20. 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(j)</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 (18):

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

(e) Cálculo de las *probabilidades de selección* de los individuos aplicando (17):

Tabla 21. Cálculo de probabilidades de selección (minimización).

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 22. Cálculo de probabilidades acumuladas (minimización).

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 19.

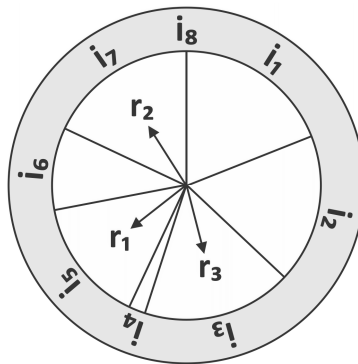


Figura 19. Representación del método de la ruleta (Minimización).

**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 Hejazi & Saghafian, 2005).

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 20. 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 23 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.

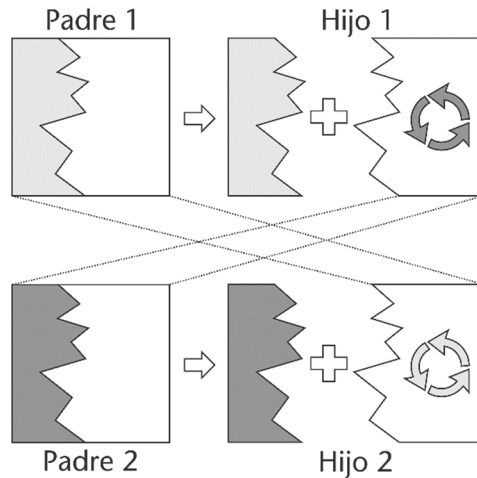


Figura 20. Operador C1 modificado.

Tabla 23. 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 para 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 et al. (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 cómputo 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.

### **Algoritmo para la formación de grupos**

El principal objetivo del algoritmo propuesto es mejorar la calidad de la formación de los grupos y, por tanto, la eficacia del aprendizaje colaborativo. En este sentido, se prueba un conjunto de configuraciones y se introducen algunas modificaciones a los operadores genéticos clásicos. El flujo del algoritmo genético utilizado para la formación de grupos de estudiantes basada en rasgos de la personalidad es:

**Paso 1: Medir los rasgos de personalidad de los estudiantes.** El primer paso es medir las características de los estudiantes con base en las cuales se realiza la formación de los grupos, en este caso, sus rasgos de personalidad. Esto es crucial para estructurar grupos adecuados que promuevan una colaboración eficiente y efectiva, y lograr mejores resultados de aprendizaje. Este proceso se describe en la Sección 3.2.

**Paso 2: Definir los parámetros genéticos.** Antes de ejecutar el algoritmo genético, se deben establecer los parámetros genéticos con respecto a tamaño del grupo, tamaño de la población, número de generaciones, y las probabilidades de cruce y mutación. Esto se describe en las Secciones 4.4.1 y 4.4.2.



**Paso 3: Codificar el cromosoma.** En este paso, el cromosoma es representado en una estructura de datos predefinida con el fin de permitir la aplicación de operadores genéticos. En este estudio se utiliza una estructura matricial, como se describe en la Sección “*Representación de los individuos*”.

**Paso 4: Inicializar la población.** Se inicia el algoritmo genético creando una población inicial que consta de ciertas soluciones factibles codificadas (cromosomas). Esta población se genera aleatoriamente para asegurar su diversidad.

**Paso 5: Evaluar la aptitud.** Se utiliza una función de aptitud basada en los rasgos de personalidad de los estudiantes, para evaluar los cromosomas de la población, como se describe en la Sección “*Medida de aptitud*”. Un menor valor de aptitud para un cromosoma representa una mejor solución para formación homogénea, y, un mayor valor de aptitud representa una mejor solución para formación heterogénea y mixta.

**Paso 6: Generar nueva población.** Este proceso es el corazón del algoritmo genético, donde se generan nuevas y mejores soluciones. Los operadores genéticos aplicados en este paso son: a) selección, donde dos padres son seleccionados para cruzarse, b) cruce, donde, basado en una probabilidad, se realiza una recombinación de los genes de los padres con la intención de producir una mejor descendencia, y c) mutación, donde, basada en una probabilidad, se mutan partes del cromosoma de la nueva población.

**Paso 7: Finalizar la búsqueda.** Después de varias generaciones, el algoritmo termina y converge al cromosoma más apto, que representa la solución óptima.

**Paso 8: Formar grupos óptimos.** Se forman los grupos de estudiantes con base en los resultados del algoritmo genético, y se notifica a los estudiantes que comiencen a trabajar en sus grupos en el desarrollo de la actividad colaborativa propuesta.

La Figura 21 ilustra el flujo principal del proceso de formación de grupos de estudiantes, utilizando el algoritmo genético propuesto.

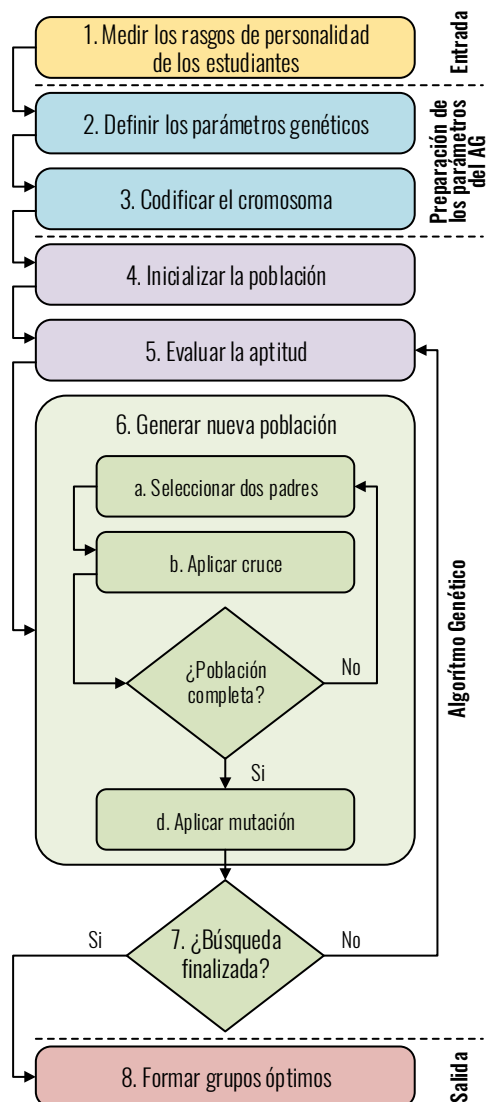


Figura 21. Flujo principal del proceso de formación de grupos de estudiantes (Adaptado de (Krouska & Virvou, 2020)).

### Complejidad algorítmica

La estimación de la complejidad en el tiempo de ejecución del algoritmo propuesto está asociada a la explosión combinatoria generada por el proceso de formación del grupo, va de la mano con el número total de estudiantes a agrupar y el número de grupos que se quieren formar, que, a su vez, está directamente relacionado con el tamaño de los grupos. En general, el número de  $r$  diferentes grupos de  $q$  estudiantes que se puede obtener de un conjunto total de  $p$  estudiantes ( $q \leq p$ ), considerando el orden de los grupos relevante, se puede calcular aplicando (1).

Teniendo en cuenta, además, las siguientes restricciones para el tamaño de los grupos ( $q$ ): debe ser al menos 2; no puede exceder la mitad del número total de estudiantes si es par; no puede exceder la mitad más 1 del número total de estudiantes si es impar; si el tamaño de los grupos no es un divisor del número total de estudiantes, entonces el tamaño de los grupos ( $q$ ) debe ser un valor que satisfaga la siguiente relación:

$$\frac{(p+s)}{q} > s; s = q - (p \bmod q) \quad (19)$$

Donde  $p$  es el número total de estudiantes,  $q$  es el tamaño de los grupos y  $s$  es el número de estudiantes que le faltan a  $p$  para ser el próximo múltiplo de  $q$ .

Por tanto, se puede concluir que la complejidad en tiempo de ejecución de este algoritmo se estima aproximadamente mediante la siguiente expresión:

$$O\left(\frac{p!}{(q!)^r}\right) \quad (20)$$

Así, por ejemplo, si se quiere organizar a 50 alumnos en 10 grupos de 5, este valor ascendería a  $4,91 \times 10^{43}$  combinaciones posibles (aplicando (1)), lo que hace que encontrar la mejor solución a partir de una búsqueda exhaustiva no sea muy factible en muchos casos. De ahí la utilidad del método propuesto.

### 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 debe tener en cuenta que no todos los “tamaños de los grupos” son válidos; inicialmente se considera una validación básica que considera que este valor debe ser mayor de uno, y, no debe superar la mitad del número de individuos en el listado (si este número es par), o, superar la mitad más uno del número de individuos en el listado (si este número es impar). Además, cuando este valor no sea divisor del número de individuos en el listado, este debe satisfacer la siguiente condición: el número de

“individuos faltantes” para completar el siguiente múltiplo, debe ser menor que el número de grupos a formar.

Para el caso específico del presente estudio, la implementación se la hizo en Java™, con la creación de la librería “TEAM-B v2.2”. La librería está diseñada para una fácil creación de aplicaciones Java (de escritorio, web o móviles) para la formación automática de grupos en 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.

En esta nueva versión se le ha brindado a la Librería TEAM-B la posibilidad de formar grupos de diferente tipo, atendiendo a la similitud en las características de los individuos a agrupar; específicamente formación homogénea, heterogénea y mixta, permitiendo esta última el manejo homogéneo de unas ciertas características y al mismo tiempo el manejo heterogéneo de otras.

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

En la Figura 22 se presenta el diagrama de clases de la librería TEAM-B v2.2, la cual puede tomarse como referencia para implementaciones personalizadas. En el Anexo C se presentan capturas de pantalla de un Complemento para Moodle™ (M-GROUP, disponible en <http://www.galeras.net/ors/m-group.zip>), creado haciendo uso de la librería TEAM-B, con el cual se realizaron las validaciones correspondientes a la implementación del algoritmo genético, y cuyos resultados se emplearon en la evaluación del modelo de formación de grupos propuesto.

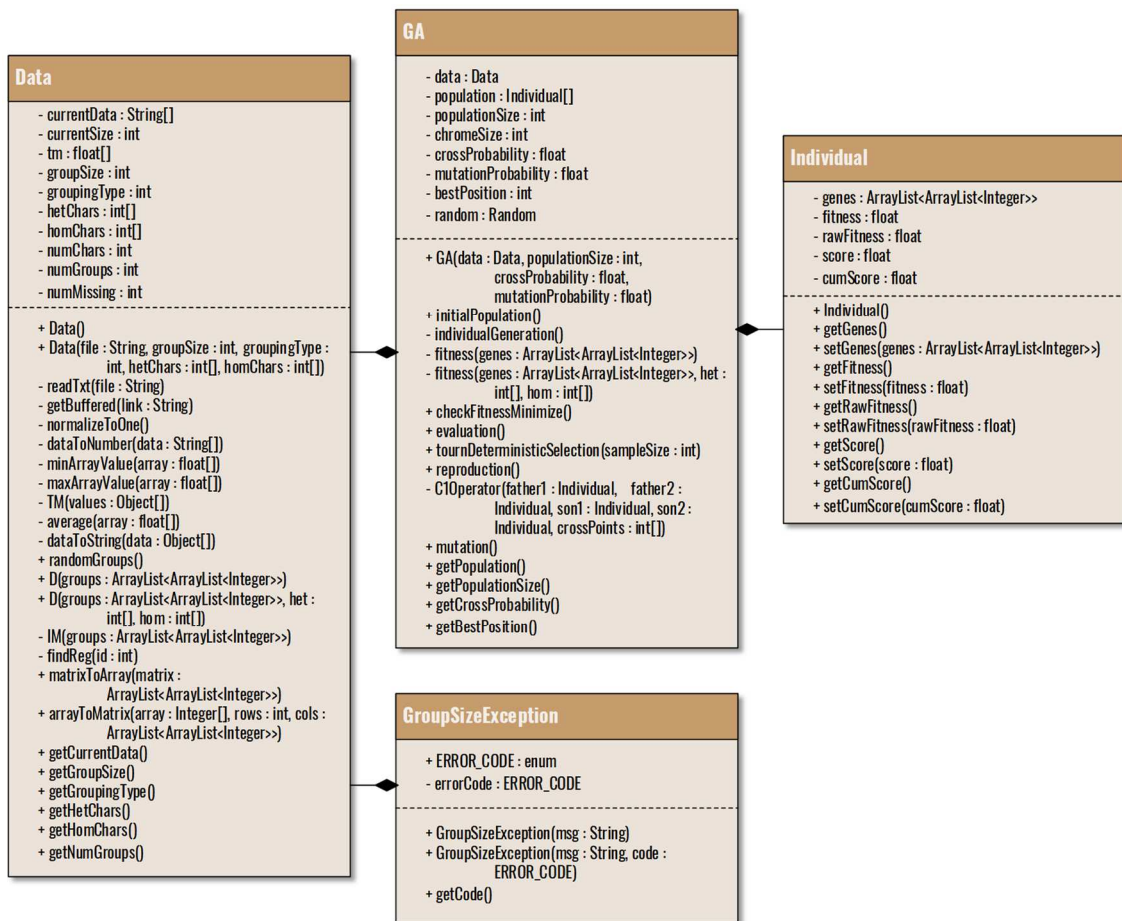


Figura 22. Diagrama de clases de la librería TEAM-B v2.2.

### 3.3.3. Obtención de grupos

La implementación computacional que se realice debe permitir de alguna manera obtener la formación “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 v2.2, como se observa en su diagrama de clases, dispone de unos métodos que permiten obtener la mencionada formación 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 formación 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 el Anexo D se muestra parte del reporte que genera el Complemento M-GROUP luego de procesar un archivo de datos como el descrito en la Sección 3.2.6.

### 3.4. Valoración del desempeño colaborativo

El desempeño colaborativo de los grupos participantes, se midió con una adaptación del instrumento originalmente propuesto por Diez et al. (2013), a través de indicadores que las autoras denominan *procesos operativos* (ver Figura 23). Estos procesos describen funciones e interacciones que aparecen durante el trabajo en grupo y cómo éstas son gestionadas para realizar las tareas del grupo.



Figura 23. Procesos operativos del desempeño colaborativo.

El instrumento está compuesto por un cuestionario que permite valorar el nivel de desempeño colaborativo (ver Anexo E), y por un documento que permite a los estudiantes interpretar la puntuación obtenida y les proporciona pautas para el mejoramiento (ver Anexo F). Este instrumento se lo implementó como una actividad tipo “Encuesta” para Moodle™, la cual puede ser importada en cualquier curso o

espacio académico que esté disponible en el mencionado LMS, tal como se observa en el Anexo G.

Al finalizar una actividad colaborativa, cada estudiante completó el cuestionario, primero individualmente y luego consensuando las puntuaciones individuales para obtener una puntuación de grupo. A partir de estas puntuaciones es posible obtener la “huella” de cada estudiante / grupo, la cual representa una evidencia de su desempeño colaborativo en la realización de una actividad determinada. La Figura 24 presenta un ejemplo de una huella para un grupo de trabajo. Como se menciona en líneas anteriores, en la práctica esta huella es la que permitiría al profesor retroalimentar al trabajo del grupo, identificando los procesos en los que se podría mejorar. Esto, indirectamente proporciona al grupo y, por extensión a cada estudiante en particular, una potente herramienta para el análisis de fortalezas y debilidades del grupo de trabajo, como base inicial de la mejora (Oakley et al., 2004; Wanous et al., 2009).

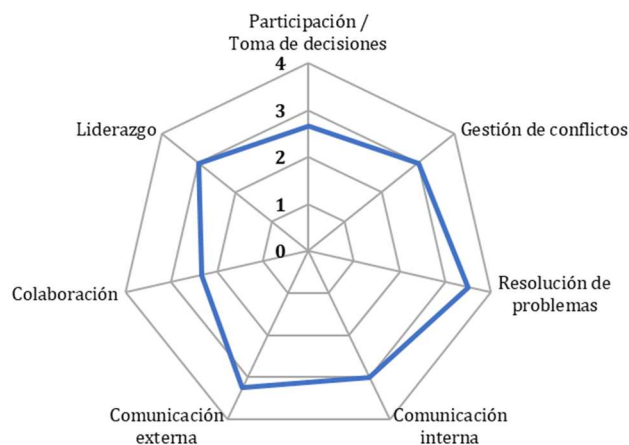


Figura 24. Ejemplo de una huella para un grupo de trabajo.





# Capítulo 4

## Resultados Obtenidos

En este capítulo se presentan en detalle los resultados de la aplicación del diseño experimental descrito en la Sección 1.5, iniciando por una descripción de cómo se llevaría a cabo una sesión de clase bajo el modelo propuesto, luego se describen los grupos con los cuales se llevó a cabo la experimentación, posteriormente se presenta un ejemplo de los resultados obtenidos en la medición de rasgos de personalidad de los estudiantes, se continúa con la presentación de los resultados de configuración, ejecución y rendimiento del algoritmo genético, y se finaliza con los resultados del experimento propuesto.

### 4.1. Sesión de Clase

Antes de presentar los resultados obtenidos en el proceso experimental, es conveniente mostrar a nivel de ejemplo cómo se llevaría a cabo una sesión de clase en la que se desee formar grupos con el modelo propuesto. Para ello, el profesor, teniendo en cuenta el esquema metodológico presentado en la Figura 13, realiza los pasos indicados en el diagrama de actividades que se muestra en la Figura 25.

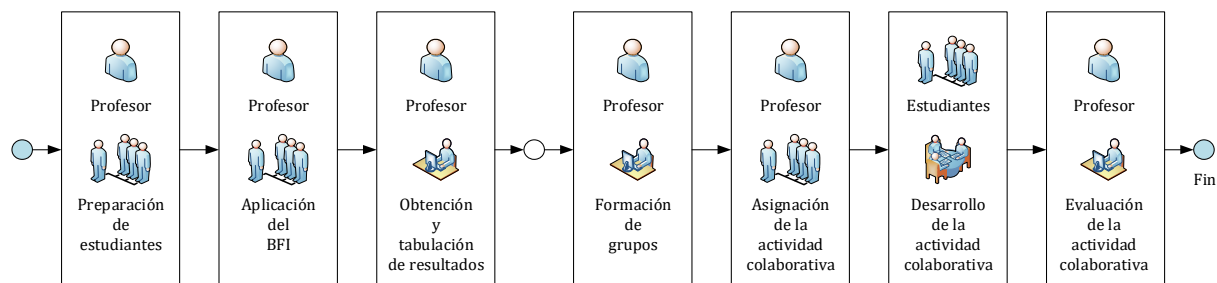


Figura 25. Diagrama de actividades para una sesión de clase.

En la Figura 25 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 formación 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 con 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 los recursos descritos 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 las dimensiones del modelo Big-Five. 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 los recursos descritos 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 formación de nuevos grupos de trabajo, en cuanto a integrantes o a cantidad de estos.

4. **Formación 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, el complemento de Moodle que se describe en la Sección 3.3.2, el cual permite obtener la formación homogénea, heterogénea o mixta “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 formados 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, en los diferentes grupos de experimentación se trabajó con una actividad colaborativa denominada “evaluación de código por pares”, descrita en detalle en trabajo previo (Revelo-Sánchez et al., 2020).
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 la Tabla 24 se describen los roles, la realización y la duración estimada de cada una de las actividades para apoyar una temática de clase con el modelo propuesto.

Tabla 24. Acciones para apoyar una temática de clase.

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
Formar 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 aula presencial o en casa a través de LMS	15 días
Evaluar la actividad colaborativa	Profesor	Antes de iniciar nueva temática	5 días

## 4.2. Caracterización de los Grupos de Experimentación

La validación del modelo de formación de grupos propuesto fue realizada con estudiantes de 16 cursos de Programación y afines de la Universidad de Nariño, Universidad CESMAG y Universidad Mariana en San Juan de Pasto – Colombia; estudiantes de la Universidad Nacional de Santiago del Estero en Santiago del Estero – Argentina; y, estudiantes de la Universidad de Castilla-La Mancha en Ciudad Real – España; durante los semestres académicos B-2019, A-2020 y B-2020. Es importante mencionar que para los períodos A-2020 y B-2020 se contó con menos cursos que en el período B-2019, los cuales se desarrollaron en modalidad virtual, dada la coyuntura del COVID-19. En la Tabla 25 se muestra el listado de cursos por Institución y Programa.

Tabla 25. Cursos por Institución y Programa.

Institución	Programa	Curso
Universidad de Nariño	Ingeniería de Sistemas	1. Fundamentos de Ingeniería de Software
		2. Seminario de profundización
		3. Estructuras de datos
		4. Software gráfico
		5. Ingeniería de Software aplicada
	Ingeniería Electrónica	6. Programación de computadores
Universidad Mariana	Ingeniería de Sistemas	7. Ingeniería de Software I
		8. Ingeniería de Software II
		9. Administración de proyectos ágiles
Universidad CESMAG	Ingeniería de Sistemas	10. Electiva de Ingeniería aplicada
		11. Estructuras de información
		12. Programación de computadores
		13. Ingeniería de Software III
Universidad Nacional de Santiago de Estero	Licenciatura en Sistemas de Información	14. Inteligencia artificial
Universidad de Castilla-La Mancha	Ingeniería Informática	15. Fundamentos de programación I
		16. Sistemas operativos I

En la Fase 1, los grupos indexados del 1 al 5 fueron los grupos experimentales, a los cuales se les aplicó el tratamiento experimental ( $X_i$ ): formación homogénea, heterogénea y mixta (3 casos) de los grupos requeridos para la actividad colaborativa, aplicando el modelo propuesto.  $G_6$  fue el grupo de control, al cual no se le aplicó el tratamiento experimental; los grupos requeridos para la actividad fueron formados por preferencia de los estudiantes. En la Tabla 26 se resume esta caracterización. A su vez,  $O_i$  y  $O_j$  fueron las post-pruebas aplicadas al finalizar el experimento, tanto a los grupos experimentales como al de control, que consistieron en el diligenciamiento

tanto individual como grupal del instrumento descrito en la Sección 3.4, buscando determinar la incidencia del tratamiento experimental en el desempeño colaborativo de los participantes.

En la formación mixta, para efectos de validación funcional del modelo, se considera en cada caso una dimensión del modelo Big-Five para homogeneidad y las demás para heterogeneidad, respectivamente apertura (O), neuroticismo (N) y meticulosidad (C). Se eligen estas dimensiones para homogeneidad, porque la evidencia muestra que podrían ser importantes y relevantes para influir en el éxito académico en la educación superior (De Raad & Schouwenburg, 1996)

Por su parte, en la Fase 2, los grupos indexados del 1 al 4 fueron los grupos experimentales, a los cuales se les aplicó el tratamiento experimental ( $X_i$ ): formación homogénea y heterogénea de los grupos requeridos para la actividad colaborativa, aplicando el modelo propuesto. Los grupos indexados del 5 al 8 fueron los grupos de control, a los cuales no se les aplicó el tratamiento experimental; los grupos requeridos para la actividad fueron formados por preferencia de los estudiantes. En la Tabla 26 se resume esta caracterización. A su vez,  $O_k$  y  $O_m$  fueron las pre-pruebas, y,  $O_l$  y  $O_n$  las post-pruebas aplicadas al inicio y al final del experimento respectivamente, tanto a los grupos experimentales como a los de control, que consistieron en el diligenciamiento tanto individual como grupal del instrumento descrito en la Sección 3.4, buscando determinar la incidencia del tratamiento experimental en el desempeño colaborativo de los participantes, y, en la aplicación de una prueba individual (como post-prueba) sobre la temática específica de la actividad colaborativa, buscando determinar de manera básica la incidencia del tratamiento experimental en el desempeño académico de los participantes.

Tabla 26. Caracterización de los grupos de experimentación.

Fase	Curso	Semestre	Número de estudiantes	Tipo de grupo	Tipo de agrupamiento
1	1. Fundamentos de Ingeniería de Software	B-2019	11	E	Mixto (O)
	2. Seminario de profundización	B-2019	18	E	Mixto (N)
	3. Estructuras de datos	B-2019	21	E	Mixto (N)
	11. Software gráfico	B-2019	19	C	P.E.
	4. Ingeniería de Software aplicada	A-2020	35	E	Heterogéneo
	5. Ingeniería de Software I	B-2019	16	E	Homogéneo
	6. Ingeniería de Software II	B-2019	21	E	Mixto (C)
	12. Gestión de proyectos ágiles	B-2019	13	C	P.E.
	7. Electiva de Ingeniería aplicada	B-2019	13	E	Mixto (C)
8. Estructuras de información	B-2019	16	E	Heterogéneo	

Fase	Curso	Semestre	Número de estudiantes	Tipo de grupo	Tipo de agrupamiento
	9. Programación de computadores	B-2019	13	E	Mixto (O)
	10. Ingeniería de Software III	B-2019	8	E	Homogéneo
	13. Electiva de Ingeniería aplicada	B-2019	13	C	P.E.
	14. Ingeniería de Software III	A-2020	13	C	P.E.
	15. Inteligencia artificial	B-2020	11	E	Heterogéneo
	16. Inteligencia artificial	B-2020	10	C	P.E.
2	17. Programación de computadores	B-2020	21 – 22	E	Homogéneo
	18. Programación de computadores	B-2020	15 – 17	C	P.E.
	19. Software gráfico	B-2020	25 – 24	E	Heterogéneo
	20. Software gráfico	B-2020	20 – 19	C	P.E.
	21. Fundamentos de programación I	B-2020	10	E	Heterogéneo
	22. Fundamentos de programación I	B-2020	12	C	P.E.
	23. Sistemas operativos I	B-2020	39	E	Heterogéneo
	24. Sistemas operativos I	B-2020	40	C	P.E.

### 4.3. Resultados BFI

Como se menciona en la sección anterior, los grupos a los cuales se les aplicó el tratamiento experimental requirieron inicialmente de la aplicación del instrumento de medición de rasgos de la personalidad descrito anteriormente. A manera de ejemplo, los resultados del BFI obtenidos a través de los recursos descritos en la Sección 3.2.4 se muestran en la Tabla 27, en la cual se ha suprimido el nombre de los estudiantes por efectos de confidencialidad de la información.

Tabla 27. Resultados del BFI en Ingeniería de Software aplicada.

No.	Estudiante	E	A	C	N	O
1	Estudiante 1	3,5000	3,0000	2,6667	3,6250	3,1000
2	Estudiante 2	2,5000	3,7778	3,2222	2,0000	3,5000
3	Estudiante 3	3,3750	3,7778	3,3333	3,1250	3,9000
4	Estudiante 4	1,8750	3,3333	3,7778	3,7500	3,3000
5	Estudiante 5	2,8750	4,1111	3,8889	2,2500	3,4000
6	Estudiante 6	3,3750	3,6667	4,3333	3,2500	3,3000
7	Estudiante 7	2,2500	3,0000	4,2222	3,5000	3,5000
8	Estudiante 8	4,1250	3,3333	3,2222	2,0000	3,3000
9	Estudiante 9	3,8750	4,0000	4,1111	2,3750	4,3000
10	Estudiante 10	2,3750	2,2222	3,1111	4,1250	3,5000
11	Estudiante 11	3,0000	3,0000	3,6667	3,1250	3,5000
12	Estudiante 12	2,8750	3,0000	2,5556	2,7500	4,4000
13	Estudiante 13	2,6250	4,2222	3,8889	2,0000	3,1000
14	Estudiante 14	3,8750	4,0000	3,3333	2,1250	4,8000
15	Estudiante 15	3,8750	3,4444	3,5556	2,5000	3,8000
16	Estudiante 16	1,8750	3,4444	3,1111	2,8750	3,5000
17	Estudiante 17	3,0000	4,2222	4,2222	2,1250	3,5000
18	Estudiante 18	2,8750	3,6667	3,2222	3,3750	3,9000
19	Estudiante 19	3,0000	4,0000	2,7778	2,0000	3,8000
20	Estudiante 20	3,1250	4,0000	3,4444	2,3750	3,6000

No.	Estudiante	E	A	C	N	O
21	Estudiante 21	3,7500	3,4444	3,8889	2,6250	4,3000
22	Estudiante 22	3,1250	3,8889	5,0000	1,7500	3,6000
23	Estudiante 23	3,8750	4,2222	3,6667	3,6250	3,7000
24	Estudiante 24	3,5000	3,3333	4,3333	3,0000	3,2000
25	Estudiante 25	4,0000	3,3333	3,3333	2,0000	3,8000
26	Estudiante 26	3,1250	3,6667	3,2222	2,7500	3,3000
27	Estudiante 27	1,5000	3,6667	3,7778	2,7500	3,7000
28	Estudiante 28	1,6250	3,7778	3,4444	4,1250	2,8000
29	Estudiante 29	3,2500	3,4444	4,1111	2,1250	4,1000
30	Estudiante 30	4,8750	4,3333	4,1111	2,2500	4,4000
31	Estudiante 31	3,0000	2,8889	3,2222	1,6250	3,7000
32	Estudiante 32	3,7500	3,6667	4,1111	2,1250	4,1000
33	Estudiante 33	2,8750	4,0000	4,7778	3,6250	4,7000
34	Estudiante 34	2,3750	3,4444	2,8889	2,6250	3,9000
35	Estudiante 35	2,6250	3,8889	3,5556	1,6250	2,6000
36	Estudiante 36	3,6250	4,5556	3,7778	2,5000	4,8000
37	Estudiante 37	4,2500	4,2222	4,7778	2,1250	3,7000
38	Estudiante 38	3,3750	3,7778	3,2222	2,6250	4,3000

Con tablas como estas se prepararon los correspondientes archivos de texto plano que fueron suministrados al Complemento de Moodle™ descrito 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 formación “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, ya que es la estrategia de selección más utilizada desde los orígenes de algoritmos genéticos (D. E. Goldberg & Deb, 1991; Jinghui Zhong et al., 2005).

El operador de cruce se utilizó en el 60% restante de la población, manteniendo constante el tamaño de la población. Se utilizó una modificación del operador C1, un

operador de cruce para problemas en donde los genes no deben repetirse, como es el caso en estudio; elige un punto de cruce entre los cromosomas de los padres, combina el primer segmento del primer padre con el segundo segmento, pero en el orden en que aparecen en el segundo padre y viceversa (Reza Hejazi & Saghafian, 2005).

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 la mutación, dada la naturaleza del problema, se utilizó una variación del operador de mutación por intercambio, en el que se seleccionan al azar dos puntos del individuo que se va a mutar y se intercambian los valores de estas posiciones (Araujo & Cervigón, 2009).

El uso de estos operadores genéticos modificados permite una búsqueda más completa en el espacio de la solución, insertando nueva información genética en la población, evitando que el algoritmo quede atrapado en un mínimo local. Los valores utilizados para las probabilidades de cruce y mutación se consideran en la literatura como valores comunes (De Jong, 1975; Grefenstette, 1986; Schaffer et al., 1989)

#### 4.4.2. Tamaño de la población y número de generaciones

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 entrada los resultados del BFI de ejemplo que se muestran en la Tabla 27, para formar grupos heterogéneos de tres estudiantes.

Se realizaron varias corridas utilizando un computador portátil con un procesador Intel Core I7 a 1.8 Ghz con 16 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 28: tiempo medio de ejecución en segundos (T) y valor de ajuste medio del mejor individuo (A).

Tabla 28. Resumen de los resultados de la ejecución del algoritmo.

Número de generaciones	Tamaño de la población									
	250		500		1000		2500		5000	
	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A
10	0,29	1,8514	0,56	1,8664	1,10	1,8788	3,02	2,0370	5,39	1,9685
50	1,18	2,0909	2,30	2,1544	4,42	1,9236	11,26	1,7358	22,78	1,7206
100	2,19	2,3472	4,34	2,0540	8,75	1,9434	21,95	1,9009	43,95	1,7263



Número de generaciones	Tamaño de la población									
	250		500		1000		2500		5000	
	T	A	T	A	T	A	T	A	T	A
250	5,40	2.3452	11,18	2,1157	22,07	1,8906	55,72	1,8891	107,18	1,6386
500	10,86	2.3652	-	-	-	-	-	-	-	-
1000	24,16	2.3660	-	-	-	-	-	-	-	-
2500	57,23	2.3633	-	-	-	-	-	-	-	-
5000	110,70	2.3650	-	-	-	-	-	-	-	-

El valor de aptitud mejora cuando aumenta el número de individuos por población, pero sólo cuando se manejan 10 generaciones; a medida que aumenta el número de generaciones, el valor de aptitud empeora, a medida que aumenta el tamaño de la población. El valor de aptitud mejora cuando aumenta el número de generaciones, manejando un tamaño de población de 250, pero sólo hasta llegar a las 500 generaciones, donde el valor de aptitud parece estabilizarse. Los demás valores, para tamaños de población superiores a 250 no se obtuvieron, ya que está claro que el valor de aptitud no mejorará. En cualquier caso, el tiempo de ejecución aumenta proporcionalmente, a medida que aumenta el tamaño de la población y/o el número de generaciones. De acuerdo con estos resultados, para agrupaciones con un número de estudiantes similar al del caso en estudio, se recomiendan valores cercanos a 250 y 500 para el tamaño de la población y el número de generaciones, respectivamente.

#### 4.4.3. Formación de los grupos

Una vez establecidos unos parámetros aceptables para la configuración del algoritmo genético, se procede a formar los grupos, para el ejemplo, heterogéneos de tres estudiantes, haciendo uso del Complemento de Moodle™ descrito en la Sección 3.3.2, preparando el correspondiente archivo de texto plano con los resultados del BFI (ver Tabla 27). Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 29. Formación de grupos.

Grupo	Id	Estudiante
1	10	Estudiante 10
	1	Estudiante 1
2	35	Estudiante 35
	2	Estudiante 2
	19	Estudiante 19
3	16	Estudiante 16
	12	Estudiante 12
	11	Estudiante 11
4	9	Estudiante 9
	32	Estudiante 32

Grupo	Id	Estudiante
	25	Estudiante 25
5	31	Estudiante 31
	29	Estudiante 29
	24	Estudiante 24
	8	Estudiante 8
6	30	Estudiante 30
	3	Estudiante 3
	23	Estudiante 23
7	6	Estudiante 6
	33	Estudiante 33
	36	Estudiante 36
8	18	Estudiante 18
	34	Estudiante 34
	20	Estudiante 20
9	26	Estudiante 26
	27	Estudiante 27
	15	Estudiante 15
10	37	Estudiante 37
	22	Estudiante 22
	38	Estudiante 38
11	21	Estudiante 21
	14	Estudiante 14
	5	Estudiante 5
12	13	Estudiante 31
	17	Estudiante 17
	28	Estudiante 28
13	4	Estudiante 4
	7	Estudiante 7

Dado que el número total de estudiantes no es múltiplo de cuatro, uno de los grupos quedó formado por dos estudiantes, en este caso el grupo número 1.

La formación de grupos que se muestra en la Tabla 29 se obtuvo en 500 generaciones, con un tamaño de la población de 250 individuos, una supervivencia del 40%, y una probabilidad de mutación de 0.01, lo cual arrojó una adaptación de 2,4429 en un tiempo de 11,28 segundos. A manera de verificación de los resultados del algoritmo, se procesan los datos obtenidos.

Luego de escalar los valores de la Tabla 27, según el procedimiento descrito en la Sección “*Representación de los estudiantes*”, y de calcular  $IM_g$  según (5), se obtienen la Tabla 30 y la Tabla 31.

Tabla 30. Valores escalados y cálculo de  $\overline{X_{g,C}}$ .

Grupo	Id	Estudiante	E	A	C	N	O
1	10	Estudiante 10	0,2593	0,0000	0,2273	1,0000	0,4091
	1	Estudiante 1	0,5926	0,3333	0,0455	0,8000	0,2273
	$\overline{X_{1,C}}$		<b>0,4259</b>	<b>0,1667</b>	<b>0,1364</b>	<b>0,9000</b>	<b>0,3182</b>
2	35	Estudiante 35	0,3333	0,7143	0,4091	0,0000	0,0000
	2	Estudiante 2	0,2963	0,6667	0,2727	0,1500	0,4091
	19	Estudiante 19	0,4444	0,7619	0,0909	0,1500	0,5455
	$\overline{X_{2,C}}$		<b>0,3580</b>	<b>0,7143</b>	<b>0,2576</b>	<b>0,1000</b>	<b>0,3182</b>
3	16	Estudiante 16	0,1111	0,5238	0,2273	0,5000	0,4091
	12	Estudiante 12	0,4074	0,3333	0,0000	0,4500	0,8182
	11	Estudiante 11	0,4444	0,3333	0,4545	0,6000	0,4091
	$\overline{X_{3,C}}$		<b>0,3210</b>	<b>0,3968</b>	<b>0,2273</b>	<b>0,5167</b>	<b>0,5455</b>
4	9	Estudiante 9	0,7037	0,7619	0,6364	0,3000	0,7727
	32	Estudiante 32	0,6667	0,6190	0,6364	0,2000	0,6818
	25	Estudiante 25	0,7407	0,4762	0,3182	0,1500	0,5455
	$\overline{X_{4,C}}$		<b>0,7037</b>	<b>0,6190</b>	<b>0,5303</b>	<b>0,2167</b>	<b>0,6667</b>
5	31	Estudiante 31	0,4444	0,2857	0,2727	0,0000	0,5000
	29	Estudiante 29	0,5185	0,5238	0,6364	0,2000	0,6818
	24	Estudiante 24	0,5926	0,4762	0,7273	0,5500	0,2727
	$\overline{X_{5,C}}$		<b>0,5185</b>	<b>0,4286</b>	<b>0,5455</b>	<b>0,2500</b>	<b>0,4848</b>
6	8	Estudiante 8	0,7778	0,4762	0,2727	0,1500	0,3182
	30	Estudiante 30	1,0000	0,9048	0,6364	0,2500	0,8182
	3	Estudiante 3	0,5556	0,6667	0,3182	0,6000	0,5909
	$\overline{X_{6,C}}$		<b>0,7778</b>	<b>0,6825</b>	<b>0,4091</b>	<b>0,3333</b>	<b>0,5758</b>
7	23	Estudiante 23	0,7037	0,8571	0,4545	0,8000	0,5000
	6	Estudiante 6	0,5556	0,6190	0,7273	0,6500	0,3182
	33	Estudiante 33	0,4074	0,7619	0,9091	0,8000	0,9545
	$\overline{X_{7,C}}$		<b>0,5556</b>	<b>0,7460</b>	<b>0,6970</b>	<b>0,7500</b>	<b>0,5909</b>
8	36	Estudiante 36	0,6296	1,0000	0,5000	0,3500	1,0000
	18	Estudiante 18	0,4074	0,6190	0,2727	0,7000	0,5909
	34	Estudiante 34	0,2593	0,5238	0,1364	0,4000	0,5909
	$\overline{X_{8,C}}$		<b>0,4321</b>	<b>0,7143</b>	<b>0,3030</b>	<b>0,4833</b>	<b>0,7273</b>
9	20	Estudiante 20	0,4815	0,7619	0,3636	0,3000	0,4545
	26	Estudiante 26	0,4815	0,6190	0,2727	0,4500	0,3182
	27	Estudiante 27	0,0000	0,6190	0,5000	0,4500	0,5000
	$\overline{X_{9,C}}$		<b>0,3210</b>	<b>0,6667</b>	<b>0,3788</b>	<b>0,4000</b>	<b>0,4242</b>
10	15	Estudiante 15	0,7037	0,5238	0,4091	0,3500	0,5455
	37	Estudiante 37	0,8148	0,8571	0,9091	0,2000	0,5000
	22	Estudiante 22	0,4815	0,7143	1,0000	0,0500	0,4545
	$\overline{X_{10,C}}$		<b>0,6667</b>	<b>0,6984</b>	<b>0,7727</b>	<b>0,2000</b>	<b>0,5000</b>
11	38	Estudiante 38	0,5556	0,6667	0,2727	0,4000	0,7727
	21	Estudiante 21	0,6667	0,5238	0,5455	0,4000	0,7727
	14	Estudiante 14	0,7037	0,7619	0,3182	0,2000	1,0000
	$\overline{X_{11,C}}$		<b>0,6420</b>	<b>0,6508</b>	<b>0,3788</b>	<b>0,3333</b>	<b>0,8485</b>
12	5	Estudiante 5	0,4074	0,8095	0,5455	0,2500	0,3636

Grupo	Id	Estudiante	E	A	C	N	O
	13	Estudiante 31	0,3333	0,8571	0,5455	0,1500	0,2273
	17	Estudiante 17	0,4444	0,8571	0,6818	0,2000	0,4091
	$\overline{X}_{12,C}$		<b>0,3951</b>	<b>0,8413</b>	<b>0,5909</b>	<b>0,2000</b>	<b>0,3333</b>
13	28	Estudiante 28	0,0370	0,6667	0,3636	1,0000	0,0909
	4	Estudiante 4	0,1111	0,4762	0,5000	0,8500	0,3182
	7	Estudiante 7	0,2222	0,3333	0,6818	0,7500	0,4091
	$\overline{X}_{13,C}$		<b>0,1235</b>	<b>0,4921</b>	<b>0,5152</b>	<b>0,8667</b>	<b>0,2727</b>

Tabla 31. Resumen del cálculo de  $IM_g$ .

Grupo	$\overline{X}_{g,E}$	$\overline{X}_{g,A}$	$\overline{X}_{g,C}$	$\overline{X}_{g,N}$	$\overline{X}_{g,O}$
1	0,4259	0,1667	0,1364	0,9000	0,3182
2	0,3580	0,7143	0,2576	0,1000	0,3182
3	0,3210	0,3968	0,2273	0,5167	0,5455
4	0,7037	0,6190	0,5303	0,2167	0,6667
5	0,5185	0,4286	0,5455	0,2500	0,4848
6	0,7778	0,6825	0,4091	0,3333	0,5758
7	0,5556	0,7460	0,6970	0,7500	0,5909
8	0,4321	0,7143	0,3030	0,4833	0,7273
9	0,3210	0,6667	0,3788	0,4000	0,4242
10	0,6667	0,6984	0,7727	0,2000	0,5000
11	0,6420	0,6508	0,3788	0,3333	0,8485
12	0,3951	0,8413	0,5909	0,2000	0,3333
13	0,1235	0,4921	0,5152	0,8667	0,2727

Al aplicar (4), se obtiene:

$$TM = \{0,4815, 0,6128, 0,4498, 0,4145, 0,5132\}$$

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 32.

Tabla 32. Cálculo de diferencias al cuadrado.

Grupo	$(\overline{E} - \overline{X}_{g,E})^2$	$(\overline{A} - \overline{X}_{g,A})^2$	$(\overline{C} - \overline{X}_{g,C})^2$	$(\overline{N} - \overline{X}_{g,N})^2$	$(\overline{O} - \overline{X}_{g,O})^2$
1	0,00309	0,19902	0,09822	0,23574	0,03802
2	0,01524	0,01030	0,03694	0,09889	0,03802
3	0,02576	0,04664	0,04950	0,01044	0,00104
4	0,04938	0,00004	0,00649	0,03913	0,02356
5	0,00137	0,03393	0,00916	0,02705	0,00080
6	0,08779	0,00487	0,00165	0,00658	0,00392
7	0,00549	0,01776	0,06111	0,11258	0,00605
8	0,00244	0,01030	0,02153	0,00474	0,04585
9	0,02576	0,00290	0,00504	0,00021	0,00791

Grupo	$(\bar{E} - \overline{X_{g,E}})^2$	$(\bar{A} - \overline{X_{g,A}})^2$	$(\bar{C} - \overline{X_{g,C}})^2$	$(\bar{N} - \overline{X_{g,N}})^2$	$(\bar{O} - \overline{X_{g,O}})^2$
10	0,03429	0,00733	0,10431	0,04600	0,00017
11	0,02576	0,00144	0,00504	0,00658	0,11244
12	0,00747	0,05221	0,01992	0,04600	0,03234
13	0,12818	0,01457	0,00428	0,20448	0,05781

Finalmente, calculando la medida de aptitud aplicando (6) se obtiene  $D = 2.44285$ , que es el mismo resultado obtenido a través del algoritmo.

Con la obtención manual del valor de aptitud para los datos de ejemplo, se verifica el correcto funcionamiento e implementación del algoritmo genético para la formación de grupos basada en rasgos de la personalidad.

## 4.5. Resultados del Experimento

Para efectos de una medición del desempeño colaborativo (Fase 1 y Fase 2) y del nivel de aprendizaje (Fase 2) logrados 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 diferentes pruebas, obteniendo los resultados que se muestran en las secciones siguientes. Es importante aclarar que ninguno de los grupos participantes en el estudio tenía experiencia y/o formación previa en un trabajo colaborativo estructurado y bien definido.

### 4.5.1. Procesamiento de la Escala de Likert

Teniendo en cuenta que los 24 ítems del instrumento para la valoración del desempeño colaborativo se puntúan con una escala de Likert, para la obtención de resultados del instrumento se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

- Se obtuvo la sumatoria de los puntajes dados a los 24 ítems por cada uno de los estudiantes participantes, tanto de manera global como agrupando los ítems correspondientes a cada proceso operativo. La menor sumatoria posible es 0 en todos los casos y la mayor 96 en el caso global; 12 para los procesos participación / toma de decisiones, comunicación interna / respeto mutuo / confianza y colaboración / cooperación / coordinación; 8 para los procesos gestión de conflictos,

resolución de problemas y liderazgo; y, 32 para el proceso comunicación externa / feedback.

- Para una mejor comprensión, las sumatorias obtenidas en el paso anterior fueron normalizadas en una escala de 0,0 a 5,0, aplicando normalización min-max (Han & Kamber, 2006), considerando como nuevo mínimo 0,0 y como nuevo máximo 5,0.

#### 4.5.2. Evaluación del desempeño colaborativo – Fase 1

Para evaluar de manera integral el desempeño colaborativo logrado por los estudiantes participantes en la primera fase del presente estudio, se aplicó el instrumento descrito en la Sección 3.4 a 5 grupos experimentales (11 cursos con 183 estudiantes) y a un grupo de control (5 cursos con 68 estudiantes). En total 82 grupos de trabajo, los cuales estuvieron formados por 3 o 4 estudiantes, de acuerdo con el criterio del profesor de cada curso.

Los grupos de trabajo desarrollaron actividades colaborativas en el marco de sus respectivos grupos (experimentales y de control), para cada uno de los cursos (ver Tabla 26). Los estudiantes realizaron un trabajo colaborativo por curso, evaluado a partir del instrumento diligenciado por cada uno de los participantes. Estos trabajos corresponden a casos prácticos de evaluación de código por pares (Revelo-Sánchez et al., 2020), relacionados con temáticas específicas de cada uno de los cursos. La actividad grupal se contempló en todos los cursos como una labor no presencial y los instrumentos fueron diligenciados fuera del horario lectivo.

Previamente al análisis de los datos se verificó la fiabilidad de los resultados (consistencia de las respuestas), a través del cálculo del  $\alpha$  de Cronbach, obteniendo un valor global de 0,887 y para cada uno de los procesos operativos dados por Diez et al. (2013) en su instrumento, los valores que se muestran en la Tabla 33.

Tabla 33.  $\alpha$  de Cronbach por proceso operativo.

Proceso operativo	$\alpha$ de Cronbach
Participación / Toma de decisiones	0,686
Gestión de conflictos	0,554
Resolución de problemas	0,686
Comunicación interna / Respeto mutuo/ Confianza	0,710
Comunicación externa / Feedback	0,839
Colaboración / Cooperación / Coordinación	0,810
Liderazgo	0,946

Se puede observar que la consistencia interna global es muy elevada, cercana a 0,9, y todos los procesos operativos pueden considerarse consistentes, a excepción de gestión de conflictos, cuyo valor es considerado regular (Hernández Sampieri et al., 2014). Al analizar la posible mejora de la consistencia de alguno de los ítems, los resultados no fueron significativos. En general, estos valores apoyan la confiabilidad de los resultados que se presentan.

No obstante, conocer el  $\alpha$  de Cronbach por sí solo no prueba la validez del instrumento empleado. La coherencia conceptual del instrumento se ha validado observando si los resultados que este aporta son coherentes con la teoría acerca del trabajo colaborativo y la influencia de la personalidad en actividades de programación y desarrollo de software. En concreto, y como se verá más adelante, se realizó un contraste de grupos experimentales para cada uno de los tipos de agrupamiento (homogéneo, heterogéneo y mixto) versus el grupo de control, tanto de manera global como por cada uno de los procesos operativos.

### **Contraste estadístico general**

Como se menciona en la Sección 4.2, en la Fase 1 al finalizar el experimento se aplicó a los grupos de estudio unas post-pruebas ( $O_i$  y  $O_j$ ), cuyo objetivo fue determinar la implicación del tratamiento experimental. Estas post-pruebas consistieron en el diligenciamiento tanto individual como grupal del instrumento descrito en la Sección 3.4. Las post-pruebas permitieron contrastar los grupos experimentales versus el grupo de control, buscando determinar si existe una mejora en el desempeño colaborativo de los estudiantes aplicando el modelo propuesto de formación de grupos basada en rasgos de la personalidad, frente a la formación por preferencia de los estudiantes, tradicionalmente empleada por los profesores, al momento de desarrollar actividades colaborativas.

En la Figura 26 se muestra el contraste de las puntuaciones medias obtenidas en cada uno de los agrupamientos considerados (grupos experimentales) frente al agrupamiento por preferencia de los estudiantes (grupo de control). Los resultados permiten evidenciar que en promedio las puntuaciones obtenidas en las post-pruebas

por los grupos experimentales son aparentemente diferentes a las obtenidas por el grupo de control.

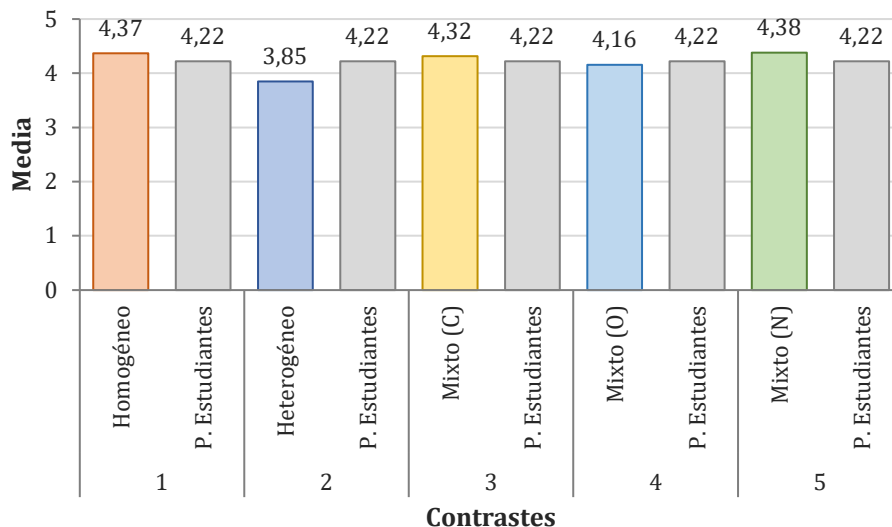


Figura 26. Contraste de grupos experimentales versus grupo de control.

Con el objetivo de brindar una conclusión estadísticamente sólida respecto al tratamiento experimental propuesto, se realizó un análisis estadístico mediante la prueba U de Mann Whitney, prueba no paramétrica empleada para la comparación de dos muestras independientes, buscando confirmar estadísticamente la diferencia existente entre las puntuaciones obtenidas por los grupos experimentales frente a las obtenidas por el grupo de control, es decir, una diferencia general en el desempeño colaborativo logrado por los estudiantes en la temática específica de cada uno de los cursos. Se utilizó esta prueba teniendo en cuenta que las puntuaciones de desempeño colaborativo de los estudiantes no siguen una distribución normal.

Los resultados de la aplicación de la prueba U de Mann Whitney para cada uno de los contrastes se muestran en la Tabla 34, Tabla 35, Tabla 36, Tabla 37 y Tabla 38, los cuales se obtuvieron mediante SPSS™, con un nivel de confianza del 95% y teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

- $H_0$ : las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en la post-prueba son similares.



- $H_1$ : las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en la post-prueba son diferentes.

Tabla 34. Prueba U para agrupamiento homogéneo vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes.

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental ( $G_1$ ) n = 24	Control ( $G_6$ ) n = 68			
	Rango promedio	Rango promedio			
Puntuaciones DC	53,31	44,10	-1,458	652,5	,145

Al comparar el grupo experimental  $G_1$  con el grupo de control  $G_6$ , se obtuvo un valor de  $p$  de ,145. Como este valor es mayor que 0,05, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) ni para aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes con formación homogénea y las obtenidas por aquellos con formación por su preferencia, son estadísticamente diferentes.

Tabla 35. Prueba U para agrupamiento heterogéneo vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes.

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p	g
	Experimental ( $G_2$ ) n = 62	Control ( $G_6$ ) n = 68				
	Rango promedio	Rango promedio				
Puntuaciones DC	53,77	76,20	-3,398	1380,5	,001	-0,658

Al comparar el grupo experimental  $G_2$  con el grupo de control  $G_6$ , se obtuvo un valor de  $p$  de ,001. Como este valor es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) en favor de la hipótesis alterna ( $H_1$ ), con un nivel de confianza del 95%, es decir, que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes con formación heterogénea y las obtenidas por aquellos con formación por su preferencia, son estadísticamente diferentes, con una diferencia de 0,37 en favor de  $G_6$ .

Para este caso específico, teniendo en cuenta la favorabilidad de la hipótesis alterna, se calculó el tamaño del efecto del tratamiento experimental a través de la  $g$  de Hedges (Ledesma et al., 2008), métrica que permite cuantificar la magnitud de la diferencia entre dos muestras independientes analizadas a través de pruebas no paramétricas, dándole mayor confiabilidad a los resultados de la prueba. Según la clasificación hecha por Cohen (1988), el tamaño del efecto del tratamiento experimental ( $g$ ) con un valor

de -0,658 se considera como mediano, lo que implica que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos por el grupo de control frente a los obtenidos por el grupo experimental que no se debe al azar.

Tabla 36. Prueba U para agrupamiento mixto (C) vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes.

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental (G <sub>3</sub> ) n = 34	Control (G <sub>6</sub> ) n = 68			
	Rango promedio	Rango promedio			
Puntuaciones DC	57,29	48,60	-1,402	959,0	,161

Al comparar el grupo experimental G<sub>3</sub> con el grupo de control G<sub>6</sub>, se obtuvo un valor de  $p$  de ,161. Como este valor es mayor que 0,05, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) ni para aceptar la hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>), es decir, no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes con formación Mixta (C) y las obtenidas por aquellos con formación por su preferencia, son estadísticamente diferentes.

Tabla 37. Prueba U para agrupamiento mixto (O) vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes.

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental (G <sub>4</sub> ) n = 24	Control (G <sub>6</sub> ) n = 68			
	Rango promedio	Rango promedio			
Puntuaciones DC	45,85	46,73	-0,138	800,5	,890

Al comparar el grupo experimental G<sub>4</sub> con el grupo de control G<sub>6</sub>, se obtuvo un valor de  $p$  de ,890. Como este valor es mayor que 0,05, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula (H<sub>0</sub>) ni para aceptar la hipótesis alternativa (H<sub>1</sub>), es decir, no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes con formación Mixta (O) y las obtenidas por aquellos con formación por su preferencia, son estadísticamente diferentes.

Tabla 38. Prueba U para agrupamiento mixto (N) vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes.

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental (G <sub>5</sub> ) n = 39	Control (G <sub>6</sub> ) n = 68			
	Rango promedio	Rango promedio			
Puntuaciones DC	61,63	49,63	-1,931	1028,5	,053

Al comparar el grupo experimental  $G_5$  con el grupo de control  $G_6$ , se obtuvo un valor de  $p$  de ,053. Como este valor es mayor que 0,05, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) ni para aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes con formación Mixta (N) y las obtenidas por aquellos con formación por su preferencia, son estadísticamente diferentes.

Todo este conjunto resultados permiten destacar lo siguiente:

- Los grupos experimentales con formación homogénea, Mixta (C) y Mixta (N), presentan puntuaciones medias de desempeño colaborativo ligeramente superiores al grupo de control. Pese a que la prueba de contraste de hipótesis en cada uno de los casos concluye que no se puede hablar de una diferencia estadísticamente significativa, si se repara en los valores correspondientes de  $p$  (,145, ,161, y ,053), se puede observar que son valores cercanos a la significancia establecida del 5%, sobre todo el que corresponde al grupo experimental  $G_5$  con formación Mixta (N). Valdría la pena entonces, refinar el experimento en búsqueda de la significancia deseada.
- El grupo experimental con formación heterogénea presenta una puntuación media de desempeño colaborativo significativamente menor que la del grupo de control, hecho ratificado por la prueba de contraste de hipótesis y el tamaño del efecto. Este resultado permite establecer que la formación heterogénea de grupos basada en rasgos de personalidad parece no ser la estrategia más adecuada en cursos de programación y afines, si lo que se busca es un mejoramiento en el desempeño colaborativo de los participantes.
- El grupo experimental con formación Mixta (O), según la prueba de contraste de hipótesis, es el que presenta la puntuación media de desempeño colaborativo más similar al grupo de control. Este resultado permite establecer que la formación mixta de grupos basada en rasgos de personalidad, en la que se privilegia la dimensión de apertura (O) para homogeneidad y las demás dimensiones para heterogeneidad, arroja unos resultados muy similares de desempeño colaborativo, frente a la formación de grupos por preferencia de los estudiantes, en cursos de programación y afines.

- En resumen, las formaciones sugeridas para lograr una mejora general en el desempeño colaborativo de los participantes, en orden de puntuación serían: Mixta (N), Homogénea y Mixta (C).

### Contrastes estadísticos por procesos operativos

La Tabla 39 y la Figura 27 muestran los resultados globales de los estudiantes. El objetivo de estas es presentar de manera resumida los resultados de todos los participantes, pero su análisis a nivel general no resulta significativo. En la práctica lo interesante de la experiencia es el análisis particular de cada grupo y su posterior retroalimentación, lo cual por ahora se encuentra fuera del alcance de este trabajo.

Sin embargo, con relación a los resultados globales de los estudiantes se puede observar que los procesos operativos 4 y 6 son los que obtienen puntuaciones medias más elevadas, lo cual implica que la comunicación interna es adecuada y eficaz; y, que la colaboración está presente en los estudiantes para conseguir los objetivos que se han establecido. De otra parte, el proceso operativo 2 es el que menos puntuación obtuvo, siendo este un factor clave a tener en cuenta al momento de gestionar grupos de trabajo colaborativo, independiente de su forma de composición, dado que los conflictos disminuyen el rendimiento de los grupos de trabajo, especialmente cuando intervienen elementos personales (De Dreu & Weingart, 2003; Kozlowski & Ilgen, 2006). Se observa asimismo un comportamiento bastante uniforme entre los grupos (poca variabilidad en los datos).

Tabla 39. Descriptivos generales de las puntuaciones de los estudiantes sobre los procesos operativos (Fase 1).

	<b>Procesos Operativos</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>Moda</b>	<b>Mín</b>	<b>Máy</b>
1	Participación / Toma de decisiones	4,20	0,90	5,00	0,83	5,00
2	Gestión de conflictos	3,21	1,64	5,00	0,00	5,00
3	Resolución de problemas	4,12	0,94	5,00	0,00	5,00
4	Comunicación interna	4,51	0,75	5,00	0,00	5,00
5	Comunicación externa	4,29	0,72	5,00	0,00	5,00
6	Colaboración	4,31	0,88	5,00	0,00	5,00
7	Liderazgo	3,89	1,43	5,00	0,00	5,00

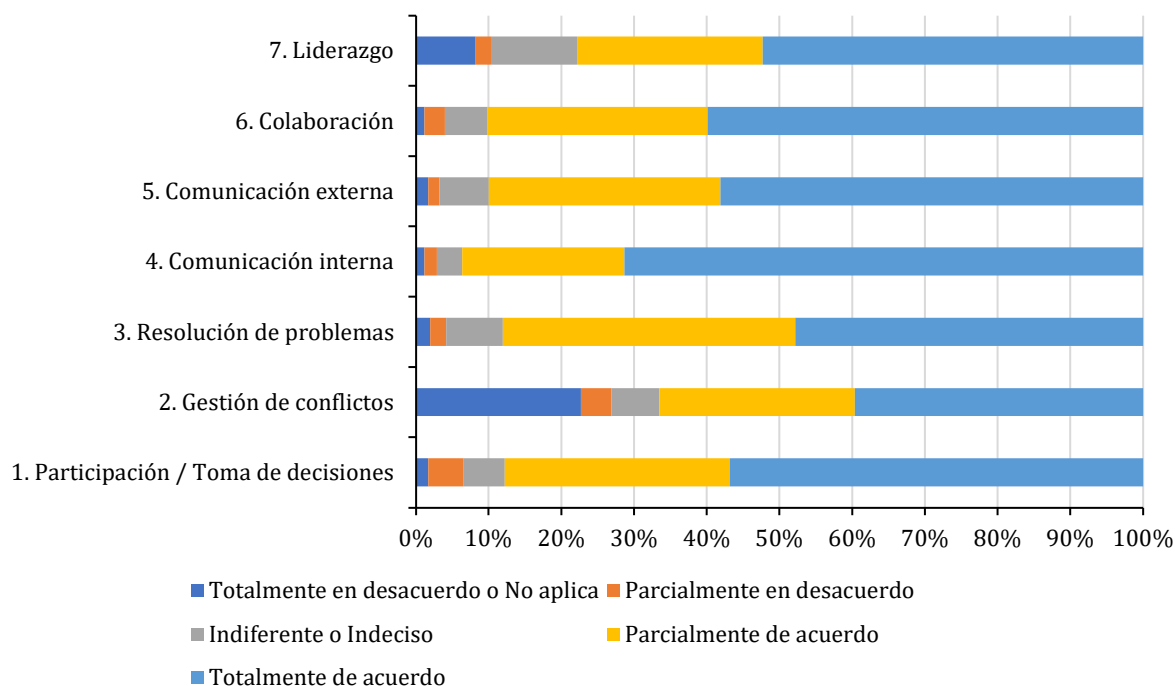


Figura 27. Puntuaciones generales de los estudiantes expresadas en porcentajes (Fase 1).

La Tabla 40 resume las puntuaciones medias de los grupos experimentales y de control en cada uno de los procesos operativos, seguida de las huellas y los contrastes estadísticos correspondientes.

Tabla 40. Puntuaciones medias de los grupos de experimentación por tipo de formación.

Procesos operativos	Experimentales					Control
	Hom	Het	Mix (C)	Mix (O)	Mix (N)	
Participación/Toma de decisiones	4,20	4,00	4,26	4,08	4,50	4,24
Gestión de conflictos	3,44	2,63	3,84	2,71	3,53	3,33
Resolución de problemas	4,38	3,57	4,36	4,01	4,41	4,29
Comunicación interna	4,57	4,43	4,50	4,17	4,66	4,61
Comunicación externa	4,49	3,92	4,47	4,02	4,50	4,45
Colaboración	4,36	4,06	4,33	4,05	4,63	4,43
Liderazgo	4,60	3,68	4,12	4,20	4,02	3,55
<b>Puntuación media</b>	<b>4,29</b>	<b>3,75</b>	<b>4,27</b>	<b>3,89</b>	<b>4,32</b>	<b>4,13</b>

Con el objetivo de brindar conclusiones estadísticamente sólidas respecto al tratamiento experimental propuesto, se realizó un análisis estadístico mediante la prueba U de Mann Whitney, buscando confirmar estadísticamente la diferencia existente entre las puntuaciones obtenidas por los grupos experimentales frente a las

obtenidas por el grupo de control en cada uno de los procesos operativos, es decir, una diferencia específica en el desempeño colaborativo logrado por los estudiantes en la temática de cada uno de los cursos. Se utilizó esta prueba teniendo en cuenta que las puntuaciones de desempeño colaborativo de los estudiantes por proceso operativo tampoco siguen una distribución normal.

Los resultados de la aplicación de la prueba U de Mann Whitney para cada uno de los contrastes se muestran en la Tabla 41, Tabla 42, Tabla 43, Tabla 44 y Tabla 45, los cuales se obtuvieron mediante SPSS™, con un nivel de confianza del 95% y teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

- $H_0$ : las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en un proceso operativo específico son similares.
- $H_1$ : las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en un proceso operativo específico son diferentes.

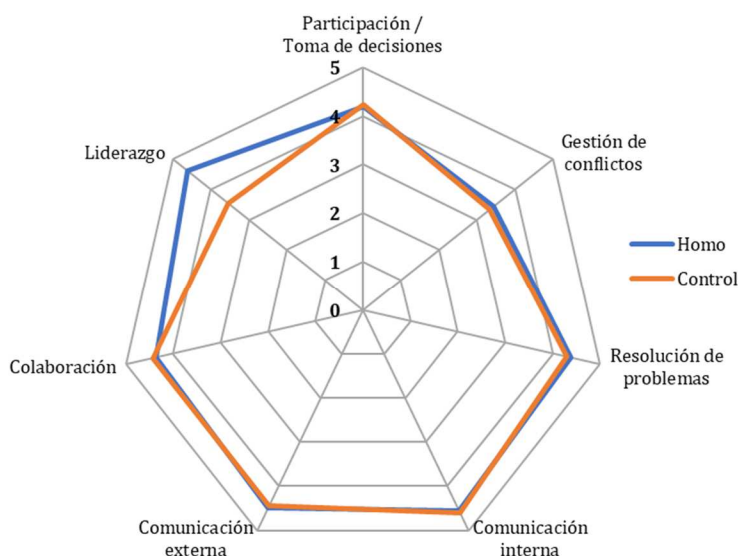


Figura 28. Huella del agrupamiento homogéneo versus grupo de control.

Tabla 41. Pruebas U para agrupamiento homogéneo versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes.

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p	g
	Experimental (G <sub>1</sub> ) n = 24	Control (G <sub>6</sub> ) n = 68				
	Rango promedio	Rango promedio				
Participación / Toma de decisiones	45,15	46,98	-0,299	783,5	,765	-
Gestión de conflictos	47,40	46,18	-0,194	794,5	,846	-

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p	g
	Experimental (G <sub>1</sub> ) n = 24	Control (G <sub>6</sub> ) n = 68				
	Rango promedio	Rango promedio				
Resolución de problemas	49,88	45,31	-0,756	735,0	,450	-
Comunicación interna	47,67	46,09	-0,272	788,0	,786	-
Comunicación externa	45,92	46,71	-0,127	802,0	,899	-
Colaboración	47,44	46,17	-0,211	793,5	,833	-
Liderazgo	57,75	42,53	-2,489	546,0	,013	0,680

En la Figura 28 se observa un comportamiento muy similar en los procesos operativos entre el grupo experimental con formación homogénea y el grupo de control, exceptuando el proceso de liderazgo. Esto se confirma con el cálculo de las pruebas U para cada uno de los procesos, las cuales se muestran en la Tabla 41. Se observa que todos los procesos, exceptuando liderazgo, presentan valores de  $p$  mayores a 0,05, lo que significa que no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las puntuaciones en estos procesos son estadísticamente diferentes. Para liderazgo como el valor de  $p$  es menor de 0,05, se acepta que existe una diferencia estadísticamente significativa en favor del grupo experimental. Para este caso, se calculó también el tamaño del efecto ( $g$ ), obteniendo un valor de 0,680 que se considera como mediano, lo que implica que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos por el grupo experimental frente a los obtenidos por el grupo de control en el proceso de liderazgo que no se debe al azar.

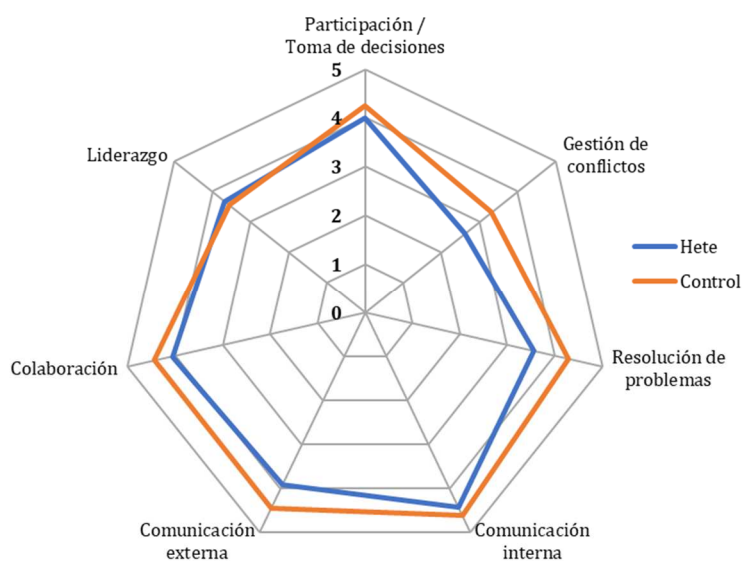


Figura 29. Huella del agrupamiento heterogéneo versus grupo de control.

Tabla 42. Pruebas U para agrupamiento heterogéneo versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes.

Variable	Tipo de Grupo		z	U	p	g
	Experimental (G <sub>2</sub> ) n = 62	Control (G <sub>0</sub> ) n = 68				
	Rango promedio	Rango promedio				
Participación / Toma de decisiones	59,21	71,24	-1,855	1718,0	,064	-
Gestión de conflictos	57,83	72,49	-2,245	1632,5	,025	-0,411
Resolución de problemas	52,55	77,31	-3,850	1305,0	,000	-0,745
Comunicación interna	60,57	69,99	-1,518	1802,5	,129	-
Comunicación externa	51,38	78,38	-4,115	1232,5	,000	-0,746
Colaboración	57,10	73,15	-2,514	1587,5	,012	-0,482
Liderazgo	64,38	66,52	-0,332	2038,5	,740	-

En la Figura 29 se observa un comportamiento aparentemente diferente en los procesos operativos entre el grupo experimental con formación heterogénea y el grupo de control, exceptuando el proceso de liderazgo. Esto se confirma con el cálculo de las pruebas U para cada uno de los procesos, las cuales se muestran en la Tabla 42. Se observa que los procesos participación / toma de decisiones, comunicación interna y liderazgo, presentan valores de  $p$  mayores a 0,05, lo que significa que no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las puntuaciones en estos procesos son estadísticamente diferentes. Para gestión de conflictos, resolución de problemas, comunicación externa y colaboración, como el valor de  $p$  es menor de 0,05, se acepta que existe una diferencia estadísticamente significativa en favor del grupo de control. Para estos casos, se calculó también el tamaño del efecto ( $g$ ), obteniendo valores que se consideran como medianos (algunos acercándose a grandes), lo que implica que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos por el grupo de control frente a los obtenidos por el grupo experimental en los procesos de gestión de conflictos, resolución de problemas, comunicación externa y colaboración, que no se debe al azar.



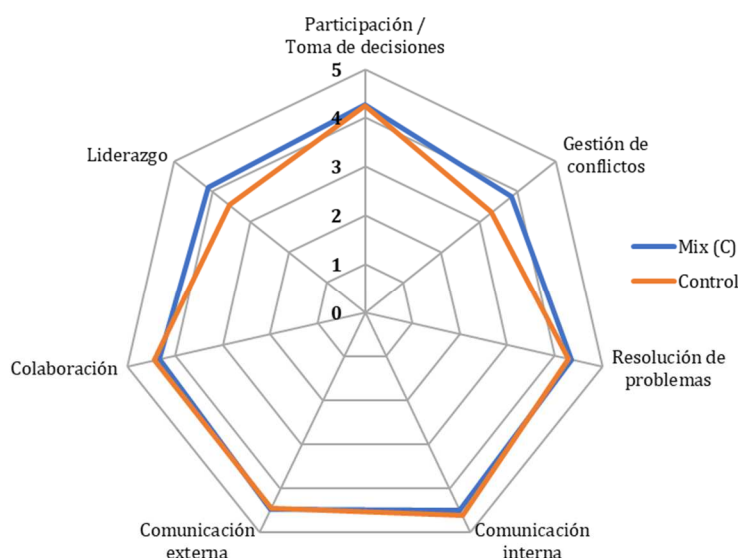


Figura 30. Huella del agrupamiento mixto (C) versus grupo de control.

Tabla 43. Pruebas U para agrupamiento mixto (C) versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes.

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental (G <sub>3</sub> ) n = 34	Control (G <sub>6</sub> ) n = 68			
	Rango promedio	Rango promedio			
Participación / Toma de decisiones	51,93	51,29	-0,106	1141,5	,915
Gestión de conflictos	56,93	48,79	-1,334	971,5	,182
Resolución de problemas	53,62	50,44	-0,536	1084,0	,592
Comunicación interna	51,87	51,32	-0,097	1143,5	,923
Comunicación externa	51,16	51,67	-0,083	1144,5	,933
Colaboración	52,85	50,82	-0,347	1110,0	,729
Liderazgo	57,32	48,59	-1,456	958,0	,146

En la Figura 30 se observa un comportamiento muy similar en los procesos operativos entre el grupo experimental con formación mixta (C) y el grupo de control, exceptuando los procesos de gestión de conflictos y liderazgo. Esto se confirma con el cálculo de las pruebas U para cada uno de los procesos, las cuales se muestran en la Tabla 43. Se observa que todos los procesos, presentan valores de  $p$  mayores a 0,05, lo que significa que no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las puntuaciones son estadísticamente diferentes. Para gestión de conflictos y liderazgo se presentan puntuaciones medias ligeramente superiores al grupo de control. Pese a que la prueba de contraste de hipótesis en cada uno de los casos concluye que no se puede hablar de una diferencia estadísticamente significativa, si se repara en los valores correspondientes de  $p$  (,182, y ,146), se puede observar que

son valores cercanos a la significancia establecida del 5%. Valdría la pena entonces, refinar el experimento en búsqueda de la significancia deseada.

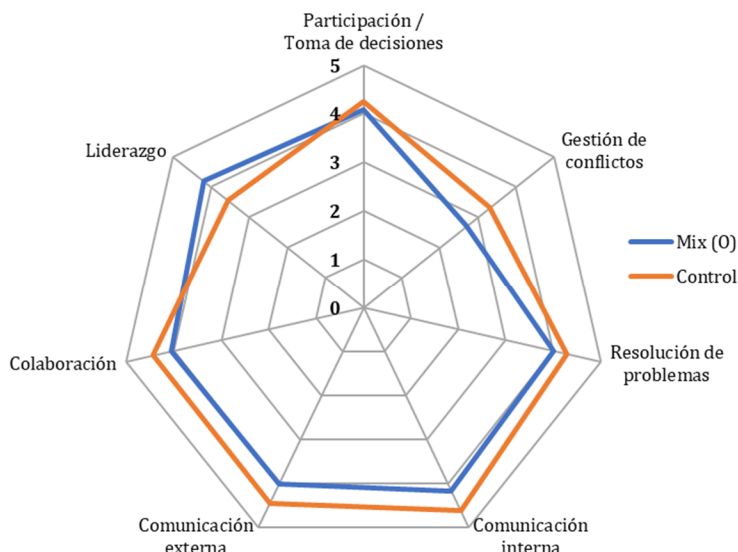


Figura 31. Huella del agrupamiento mixto (O) versus grupo de control.

Tabla 44. Pruebas U para agrupamiento mixto (O) versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes.

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental (G <sub>4</sub> ) n = 24	Control (G <sub>6</sub> ) n = 68			
	Rango promedio	Rango promedio			
Participación / Toma de decisiones	44,56	47,18	-0,426	769,5	,670
Gestión de conflictos	38,71	49,25	-1,685	629,0	,092
Resolución de problemas	41,92	48,12	-1,021	706,0	,307
Comunicación interna	42,77	47,82	-0,857	726,5	,391
Comunicación externa	37,52	49,67	-1,945	600,5	,052
Colaboración	42,33	47,97	-0,931	716,0	,352
Liderazgo	52,31	44,45	-1,278	676,5	,201

En la Figura 31 se observa un comportamiento aparentemente diferente en los procesos operativos entre el grupo experimental con formación mixta (O) y el grupo de control. Esto se confirma con el cálculo de las pruebas U para cada uno de los procesos, las cuales se muestran en la Tabla 44. Se observa que todos los procesos, presentan valores de  $p$  mayores a 0,05, lo que significa que no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las puntuaciones son estadísticamente diferentes. Para gestión de conflictos y comunicación externa se presentan puntuaciones medias ligeramente superiores al grupo de control. Pese a que la prueba de contraste de hipótesis en cada uno de los casos concluye que no se puede hablar

de una diferencia estadísticamente significativa, si se repara en los valores correspondientes de  $p$  ( $,092$ , y  $,052$ ), se puede observar que son valores cercanos a la significancia establecida del 5%. Valdría la pena entonces, refinar el experimento en búsqueda de la significancia deseada.

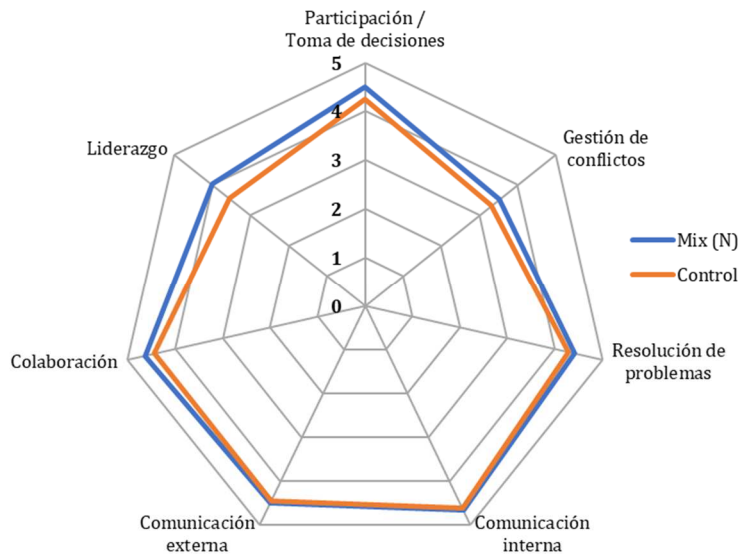


Figura 32. Huella del agrupamiento mixto (N) versus grupo de control.

Tabla 45. Pruebas U para agrupamiento mixto (N) versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes.

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental (G <sub>5</sub> ) n = 39	Control (G <sub>6</sub> ) n = 68			
	Rango promedio	Rango promedio			
Participación / Toma de decisiones	59,12	51,07	-1,346	1126,5	,178
Gestión de conflictos	57,12	52,21	-0,800	1204,5	,424
Resolución de problemas	57,31	52,10	-0,878	1197,0	,380
Comunicación interna	57,85	51,79	-1,072	1176,0	,284
Comunicación externa	52,26	55,00	-0,446	1258,0	,655
Colaboración	59,15	51,04	-1,380	1125,0	,168
Liderazgo	58,41	51,47	-1,142	1154,0	,254

En la Figura 32 se observa un comportamiento muy similar en los procesos operativos entre el grupo experimental con formación mixta (N) y el grupo de control. Esto se confirma con el cálculo de las pruebas U para cada uno de los procesos, los cuales se muestran en la Tabla 45. Se observa que todos los procesos, presentan valores de  $p$  mayores a 0,05, lo que significa que no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las puntuaciones son estadísticamente diferentes. Para participación / toma de decisiones y colaboración se presentan puntuaciones medias

ligeramente superiores al grupo de control. Pese a que la prueba de contraste de hipótesis en cada uno de los casos concluye que no se puede hablar de una diferencia estadísticamente significativa, si se repara en los valores correspondientes de  $p$  (,178, y ,168), se puede observar que son valores cercanos a la significancia establecida del 5%. Valdría la pena entonces, refinar el experimento en búsqueda de la significancia deseada.

Estos comportamientos permiten destacar lo siguiente:

- Aquellos grupos cuya formación ha sido preestablecida por los profesores (experimentales) a través del modelo planteado, han tenido, en general, un mejor desempeño colaborativo que los grupos con formación por preferencia de los estudiantes (control), excepto en el caso de formación heterogénea. Las formaciones homogénea y mixta (N) han sido las mejor puntuadas.
- El proceso menos puntuado en todas las relaciones es gestión de conflictos. Este es un aspecto a mejorar independiente del tipo de agrupamiento, ya que el conflicto al interior del grupo puede afectar su desempeño (Kozlowski & Ilgen, 2006).
- La comunicación interna es el proceso que siempre sobresale en los grupos de control. El hecho de permitir que los estudiantes escojan a sus compañeros o integrantes del grupo hace que se sientan más cómodos y motivados para trabajar, permitiendo que la comunicación al interior y exterior del grupo fluya de mejor manera (Barkley et al., 2014).
- Las formaciones mixtas que privilegian la dimensión de meticulosidad (C) y de estabilidad emocional (N), comparten la mejor puntuación media para todos los procesos operativos. Esto ratifica lo expuesto en algunos estudios que afirman que estas dimensiones del modelo Big-Five son de las más representativas en programadores y desarrolladores de software, tanto en su trabajo individual como grupal (Amin et al., 2018; Anvari & Richards, 2015; Kanij et al., 2015; Karimi et al., 2015, 2016; Rehman et al., 2017; Shameem et al., 2017; Soomro et al., 2015).
- Por su parte, como se mencionó anteriormente, la formación mixta que privilegia la dimensión de apertura (O) fue la que obtuvo la puntuación media más baja, ratificando del igual manera, lo expuesto en algunos estudios relacionados (Amin et al., 2018; Anvari & Richards, 2015; Aqeel Iqbal et al., 2019; Karimi et al., 2016; Rehman et al., 2017; Toala-Sanchez et al., 2018; Toala-Sánchez et al., 2019).

- Con base en el contraste estadístico correspondiente, puede destacarse que la formación homogénea de grupos basada en rasgos de la personalidad potencia el proceso de liderazgo en los estudiantes y por ende en los grupos de trabajo, frente a la formación de grupos por su preferencia.
- Con base en el contraste estadístico correspondiente, podría destacarse que la formación mixta de grupos, en la cual se privilegia la dimensión de meticulosidad (C), podría llegar a potenciar los procesos de gestión de conflictos y liderazgo en los estudiantes y por ende en los grupos de trabajo, frente a la formación de grupos por su preferencia, refinando el proceso de experimentación correspondiente.
- Con base en el contraste estadístico correspondiente, podría destacarse que la formación mixta de grupos, en la cual se privilegia la dimensión de apertura (O), podría llegar a potenciar los procesos de gestión de conflictos y comunicación externa en los estudiantes y por ende en los grupos de trabajo, frente a la formación de grupos por su preferencia, refinando el proceso de experimentación correspondiente.
- Con base en el contraste estadístico correspondiente, podría destacarse que la formación mixta de grupos, en la cual se privilegia la dimensión de estabilidad emocional (N), podría llegar a potenciar los procesos de participación / toma de decisiones y colaboración en los estudiantes y por ende en los grupos de trabajo, frente a la formación de grupos por su preferencia, refinando el proceso de experimentación correspondiente.

#### **4.5.3. Evaluación del desempeño colaborativo – Fase 2**

Para evaluar de manera integral el desempeño colaborativo logrado por los estudiantes participantes en la segunda fase del presente estudio, se aplicó el instrumento descrito en la Sección 3.4 a 4 grupos experimentales (4 cursos con 95 estudiantes) y a 4 grupos de control (4 cursos con 87 estudiantes). En total 59 grupos de trabajo, los cuales estuvieron formados por 3 o 4 estudiantes, de acuerdo con el criterio del profesor de cada curso.

Los grupos de trabajo desarrollaron actividades colaborativas en el marco de sus respectivos grupos (experimentales y de control), para cada uno de los cursos (ver Tabla 26). Los estudiantes realizaron dos trabajos colaborativos por curso (uno para la pre-prueba y otro para la post-prueba), evaluados a partir del instrumento

diligenciado por cada uno de los participantes. Estos trabajos corresponden a casos prácticos de evaluación de código por pares (Revelo-Sánchez et al., 2020), relacionados con temáticas específicas de cada uno de los cursos. La actividad grupal se contempló en todos los cursos como una labor no presencial y los instrumentos fueron diligenciados fuera del horario lectivo.

Previamente al análisis de los datos se verificó la fiabilidad de los resultados (consistencia de las respuestas), a través del cálculo del  $\alpha$  de Cronbach, obteniendo en la pre-prueba un valor global de 0,893 y para cada uno de los procesos operativos dados por Díez et al. (2013) en su instrumento, los valores que se muestran en la Tabla 46.

Tabla 46.  $\alpha$  de Cronbach por proceso operativo para la pre-prueba.

<b>Proceso operativo</b>	<b><math>\alpha</math> de Cronbach</b>
Participación / Toma de decisiones	0,599
Gestión de conflictos	0,820
Resolución de problemas	0,627
Comunicación interna / Respeto mutuo/ Confianza	0,716
Comunicación externa / Feedback	0,864
Colaboración / Cooperación / Coordinación	0,592
Liderazgo	0,821

Se puede observar que la consistencia interna global es muy elevada, cercana a 0,9, y los procesos operativos pueden considerarse consistentes, a excepción de participación / toma de decisiones, resolución de problemas y colaboración / cooperación / coordinación, cuyos valores son considerados regulares (Hernández Sampieri et al., 2014). Al analizar la posible mejora de la consistencia de alguno de los ítems, los resultados no fueron significativos. En general, estos valores apoyan la confiabilidad de los resultados que se presentan.

Para la post-prueba se obtuvo un valor global de 0,866 y para cada uno de los procesos operativos, los valores que se muestran en la Tabla 47.

Tabla 47.  $\alpha$  de Cronbach por proceso operativo para la post-prueba.

<b>Proceso operativo</b>	<b><math>\alpha</math> de Cronbach</b>
Participación / Toma de decisiones	0,730
Gestión de conflictos	0,564
Resolución de problemas	0,605
Comunicación interna / Respeto mutuo/ Confianza	0,718
Comunicación externa / Feedback	0,792

Proceso operativo	$\alpha$ de Cronbach
Colaboración / Cooperación / Coordinación	0,808
Liderazgo	0,886

Se puede observar que la consistencia interna global es muy elevada, cercana a 0,9, y los procesos operativos pueden considerarse consistentes, a excepción de gestión de conflictos y resolución de problemas, cuyos valores son considerados regulares (Hernández Sampieri et al., 2014). Al analizar la posible mejora de la consistencia de alguno de los ítems, los resultados no fueron significativos. En general, estos valores apoyan la confiabilidad de los resultados que se presentan.

No obstante, conocer el  $\alpha$  de Cronbach por sí solo no prueba la validez del instrumento empleado. La coherencia conceptual del instrumento se ha validado observando si los resultados que este aporta son coherentes con la teoría acerca del trabajo colaborativo y la influencia de la personalidad en actividades de programación y desarrollo de software. En concreto, y como se verá más adelante, se realizó un contraste de grupos experimentales para cada uno de los tipos de agrupamiento (homogéneo y heterogéneo) versus el grupo de control, tanto de manera global como por cada uno de los procesos operativos, así como un contraste entre la pre-prueba y la post-prueba para evidenciar mejoras en el desempeño colaborativo dada una experiencia previa.

### **Contraste estadístico general**

Como se menciona en la Sección 4.2, en la Fase 2 al iniciar el experimento se aplicó a los grupos de estudio unas pre-pruebas ( $O_k$ ,  $O_m$ ) y al finalizar unas post-pruebas ( $O_i$ ,  $O_n$ ), cuyo objetivo fue determinar la implicación del tratamiento experimental. Estas pruebas consistieron en el diligenciamiento tanto individual como grupal del instrumento descrito en la Sección 3.4. Las post-pruebas permitieron contrastar los grupos experimentales versus los grupos de control, buscando determinar si existe una mejora en el desempeño colaborativo de los estudiantes aplicando el modelo propuesto de formación de grupos basada en rasgos de la personalidad, frente a la formación por preferencia de los estudiantes, tradicionalmente empleada por los profesores, al momento de desarrollar actividades colaborativas. Las pre-pruebas en contraste con las post-pruebas permitieron determinar si la experiencia previa en el desarrollo de actividades colaborativas mejora el desempeño colaborativo en los estudiantes.

En la Figura 33 se muestra el contraste de las puntuaciones medias obtenidas en cada uno de los agrupamientos considerados (grupos experimentales) frente al agrupamiento por preferencia de los estudiantes (grupos de control). Los resultados permiten evidenciar que en promedio las puntuaciones obtenidas en las post-pruebas por los grupos experimentales son aparentemente diferentes a las obtenidas por los grupos de control.

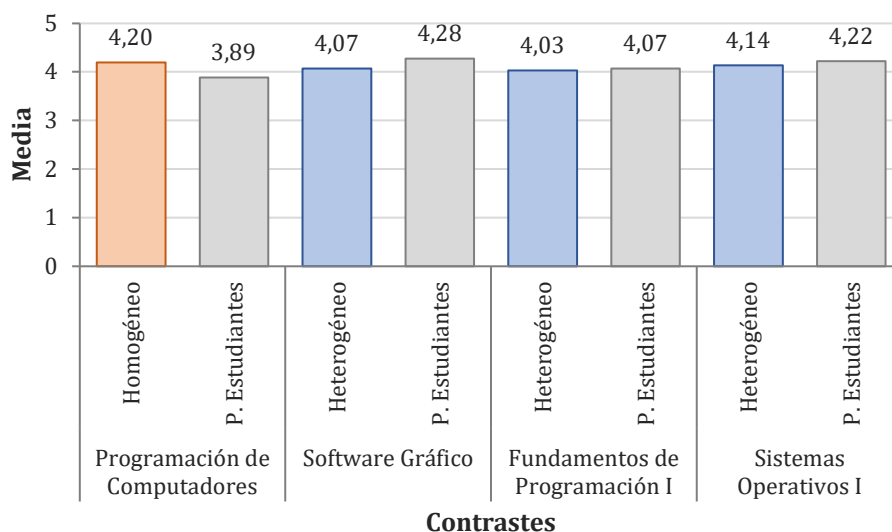


Figura 33. Contraste de grupos experimentales versus grupos de control.

Con el objetivo de brindar una conclusión estadísticamente sólida respecto al tratamiento experimental propuesto, se realizó un análisis estadístico mediante la prueba U de Mann Whitney, prueba no paramétrica empleada para la comparación de dos muestras independientes, buscando confirmar estadísticamente la diferencia existente entre las puntuaciones obtenidas por los grupos experimentales frente a las obtenidas por los grupos de control, es decir, una diferencia general en el desempeño colaborativo logrado por los estudiantes en la temática específica de cada uno de los cursos. Se utilizó esta prueba teniendo en cuenta que las puntuaciones de desempeño colaborativo de los estudiantes no siguen una distribución normal.

Los resultados de la aplicación de la prueba U de Mann Whitney para cada uno de los contrastes se muestran en la Tabla 48, Tabla 49, Tabla 50, y Tabla 51, los cuales se



obtuvieron mediante SPSS™, con un nivel de confianza del 95% y teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

- $H_0$ : las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en la post-prueba son similares.
- $H_1$ : las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en la post-prueba son diferentes.

Tabla 48. Prueba U para Programación de Computadores (desempeño colaborativo).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental ( $G_1$ ) n = 21	Control ( $G_5$ ) n = 15			
	Rango promedio	Rango promedio			
Puntuaciones DC	21,31	14,57	-1,900	98,5	,057

Al comparar el grupo experimental  $G_1$  con el grupo de control  $G_5$ , se obtuvo un valor de  $p$  de ,057. Como este valor es mayor que 0,05, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) ni para aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de Programación de Computadores, grupo experimental versus grupo de control, son estadísticamente diferentes.

Tabla 49. Prueba U para Software Gráfico (desempeño colaborativo).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental ( $G_2$ ) n = 25	Control ( $G_6$ ) n = 20			
	Rango promedio	Rango promedio			
Puntuaciones DC	20,56	26,05	-1,398	189,0	,162

Al comparar el grupo experimental  $G_2$  con el grupo de control  $G_5$ , se obtuvo un valor de  $p$  de ,162. Como este valor es mayor que 0,05, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) ni para aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de Software Gráfico, grupo experimental versus grupo de control, son estadísticamente diferentes.

Tabla 50. Prueba U para Fundamentos de Programación I (desempeño colaborativo).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental ( $G_3$ ) n = 10	Control ( $G_7$ ) n = 12			

	<b>Rango promedio</b>	<b>Rango promedio</b>			
Puntuaciones DC	9,85	12,88	-1,098	43,5	,283

Al comparar el grupo experimental  $G_3$  con el grupo de control  $G_7$ , se obtuvo un valor de  $p$  de ,283. Como este valor es mayor que 0,05, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) ni para aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de Fundamentos de Programación I, grupo experimental versus grupo de control, son estadísticamente diferentes.

Tabla 51. Prueba U para Sistemas Operativos I (desempeño colaborativo).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p	g
	Experimental ( $G_4$ ) n = 39	Control ( $G_8$ ) n = 40				
	Rango promedio	Rango promedio				
Puntuaciones DC	34,29	45,56	-2,186	557,5	,029	-0,117

Al comparar el grupo experimental  $G_4$  con el grupo de control  $G_8$ , se obtuvo un valor de  $p$  de ,029. Como este valor es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) en favor de la hipótesis alterna ( $H_1$ ), con un nivel de confianza del 95%, es decir, que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de Sistemas Operativos I, grupo experimental versus grupo de control, son estadísticamente diferentes, con una diferencia de 0,08 en favor de  $G_8$ . Para este caso, se calculó también el tamaño del efecto ( $g$ ), obteniendo un valor de -0,117 que se considera como pequeño, lo que implica que hay una diferencia que podría llegar a ser estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos por el grupo de control frente a los obtenidos por el grupo experimental, que no se debería al azar.

Este conjunto resultados permiten destacar lo siguiente:

- El grupo experimental con formación homogénea presenta una puntuación media de desempeño colaborativo ligeramente superior al grupo de control. Pese a que la prueba de contraste de hipótesis concluye que no se puede hablar de una diferencia estadísticamente significativa, si se repara en el valor correspondiente de  $p$  (,057), se puede observar que es un valor muy cercano a la significancia establecida del 5%, comportamiento éste similar al de la primera fase de experimentación. Valdría la pena entonces, refinar el experimento en búsqueda de la significancia deseada.

- Los grupos experimentales con formación heterogénea presentan unas puntuaciones medias de desempeño colaborativo menores que las de los grupos de control, sobre todo en Software Gráfico y Sistemas Operativos I, hechos ratificados por la prueba de contraste de hipótesis y el tamaño del efecto (para el caso de Sistemas Operativos I). Este resultado permite establecer que la formación heterogénea de grupos basada en rasgos de personalidad parece no ser la estrategia más adecuada en cursos de programación y afines, si lo que se busca es un mejoramiento en el desempeño colaborativo de los participantes. Lo anterior confirma los resultados de la primera fase de experimentación, en donde los grupos con formación heterogénea presentaron un comportamiento similar.
- En resumen, la formación homogénea sigue siendo una de las sugeridas para lograr una mejora general en el desempeño colaborativo de los participantes.

Por su parte, en la Figura 34 y en la Figura 35 se muestran los contrastes de las puntuaciones medias obtenidas por los estudiantes de cada uno de los cursos en las pre-pruebas y las post-pruebas. Los resultados permiten evidenciar que en general las puntuaciones obtenidas en las pre-pruebas son aparentemente diferentes a las obtenidas en las post-pruebas, tanto en los grupos experimentales como en los grupos de control.

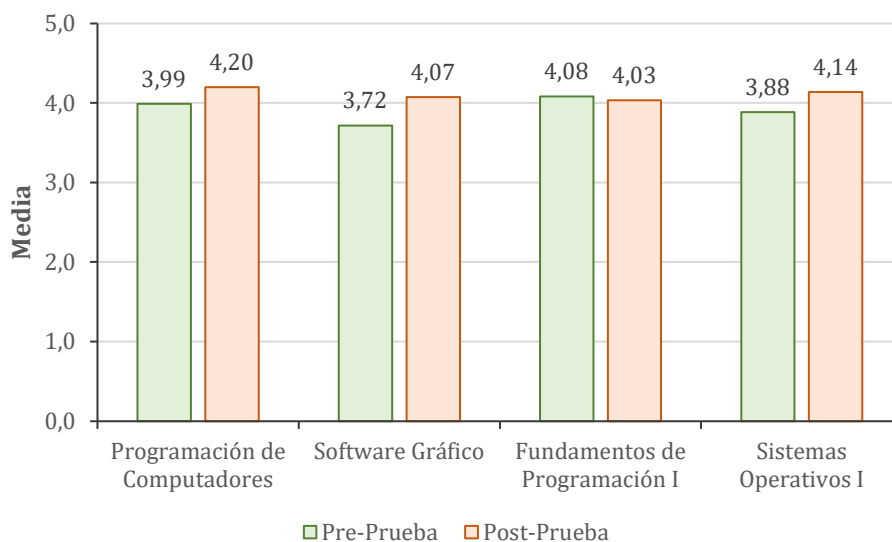


Figura 34. Contraste de grupos experimentales.

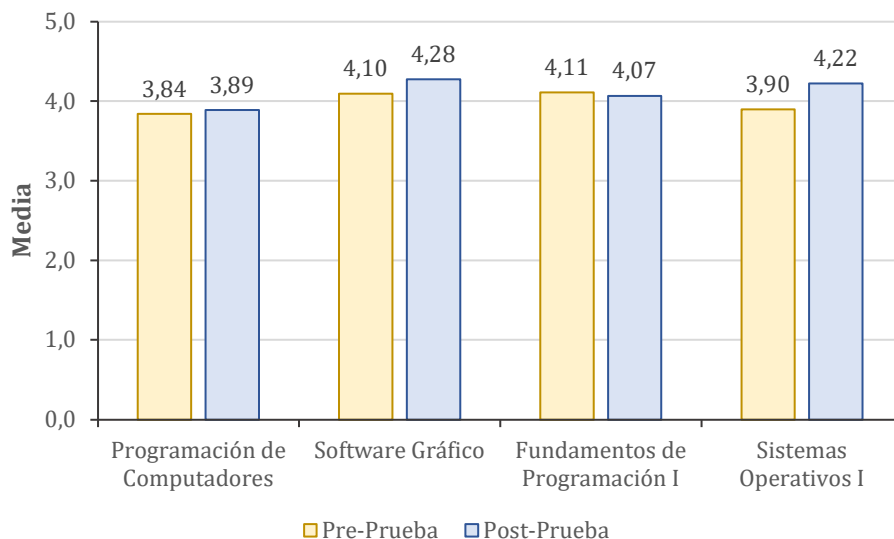


Figura 35. Contraste de grupos de control.

Con el objetivo de brindar una conclusión estadísticamente sólida respecto al tratamiento experimental propuesto, se realizó un análisis estadístico mediante la prueba U de Mann Whitney, prueba no paramétrica empleada para la comparación de dos muestras independientes, buscando confirmar estadísticamente la diferencia existente entre las puntuaciones obtenidas en las pre-pruebas y post-pruebas, tanto en los grupos experimentales como en los grupos de control, es decir, una evolución en el desempeño colaborativo logrado por los estudiantes dada la experiencia previa. Se utilizó esta prueba teniendo en cuenta que las puntuaciones de desempeño colaborativo de los estudiantes no siguen una distribución normal.

Los resultados de la aplicación de la prueba U de Mann Whitney para cada uno de los contrastes se muestran en la Tabla 52, Tabla 53, Tabla 54, y Tabla 55, los cuales se obtuvieron mediante SPSS™, con un nivel de confianza del 95% y teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

- $H_0$ : las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en la pre-prueba y post-prueba son similares.
- $H_1$ : las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en la pre-prueba y post-prueba son diferentes.

Tabla 52. Prueba U para Programación de Computadores (pre-prueba versus post-prueba).

Variable	n	Pre-Prueba	Post-Prueba	Z	U	p
		Rango promedio	Rango promedio			
Grupo experimental	21	19,60	23,40	-1,009	180,5	,313
Grupo de control	15	16,10	14,90	-0,375	103,5	,707

Al comparar los resultados de la pre-prueba versus la post-prueba, se obtuvieron unos valores de  $p$  de ,313 para el grupo experimental, y de ,707 para el grupo de control. Como estos valores son mayores que 0,05, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) ni para aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de Programación de Computadores en la pre-prueba y la post-prueba, son estadísticamente diferentes, tanto para el grupo experimental como para el de control.

Tabla 53. Prueba U para Software Gráfico (pre-prueba versus post-prueba).

Variable	n	Pre-Prueba	Post-Prueba	Z	U	p	g
		Rango promedio	Rango promedio				
Grupo experimental	25	20,72	30,28	-2,326	193,0	,020	-0,638
Grupo de control	20	18,85	22,15	-0,895	167,0	,371	-

Al comparar los resultados de la pre-prueba versus la post-prueba, se obtuvieron unos valores de  $p$  de ,020 para el grupo experimental, y de ,371 para el grupo de control. En el grupo experimental, como este valor es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) en favor de la hipótesis alterna ( $H_1$ ), con un nivel de confianza del 95%, es decir, que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de Software Gráfico en la pre-prueba y la post-prueba, son estadísticamente diferentes, con una diferencia de 0,35 en favor de la post-prueba. Para el grupo de control, como este valor es mayor que 0,05, se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ) en favor de la hipótesis nula ( $H_0$ ), con un nivel de confianza del 95%, es decir, que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de Software Gráfico en la pre-prueba y la post-prueba, son estadísticamente similares.

Para el caso específico del grupo experimental, teniendo en cuenta la favorabilidad de la hipótesis alterna, se calculó el tamaño del efecto ( $g$ ), obteniendo un valor de -0,638 que se considera como mediano, lo que implica que hay una diferencia que es estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos en la pre-prueba frente a

los obtenidos en la post-prueba, que no se debe al azar, como se mencionó anteriormente, en favor de la post-prueba.

Tabla 54. Prueba U para Fundamentos de Programación I (pre-prueba versus post-prueba).

Variable	n	Pre-Prueba	Post-Prueba	Z	U	p
		Rango promedio	Rango promedio			
Grupo experimental	10	10,50	10,50	0,000	50,0	1,000
Grupo de control	12	12,00	13,00	-0,349	66,0	0,727

Al comparar los resultados de la pre-prueba versus la post-prueba, se obtuvieron unos valores de  $p$  de 1,000 para el grupo experimental, y de ,727 para el grupo de control. Como estos valores son mayores que 0,05, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) ni para aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de Fundamentos de Programación I **en la pre-prueba y la post-prueba**, son estadísticamente diferentes, **tanto para el grupo experimental como para el de control**.

Tabla 55. Prueba U para Sistemas Operativos I (pre-prueba versus post-prueba).

Variable	n	Pre-Prueba	Post-Prueba	Z	U	p	g
		Rango promedio	Rango promedio				
Grupo experimental	39	35,63	43,37	-1,512	609,5	,130	-
Grupo de control	40	35,21	45,79	-2,041	588,5	,041	-0,347

Al comparar los resultados de la pre-prueba versus la post-prueba, se obtuvieron unos valores de  $p$  de ,130 para el grupo experimental, y de ,041 para el grupo de control. En el grupo experimental, como este valor es mayor que 0,05, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) ni para aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de Fundamentos de Programación I **en la pre-prueba y la post-prueba**, son estadísticamente diferentes. Para el grupo de control, como este valor es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) en favor de la hipótesis alterna ( $H_1$ ), con un nivel de confianza del 95%, es decir, que las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes de Sistemas Operativos I en la pre-prueba y la post-prueba, son estadísticamente diferentes, con una diferencia de 0,32 en favor de la post-prueba.

Para el caso específico del grupo de control, teniendo en cuenta la favorabilidad de la hipótesis alterna, se calculó el tamaño del efecto ( $g$ ), obteniendo un valor de  $-0,347$  que se considera como mediano, lo que implica que hay una diferencia que es estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos en la pre-prueba frente a los obtenidos en la post-prueba, que no se debe al azar, como se mencionó anteriormente, en favor de la post-prueba.

Este conjunto resultados permiten destacar lo siguiente:

- En los cursos de Programación de Computadores, Software Gráfico y Sistemas Operativos I, los resultados de las post-pruebas en general fueron mayores que los de las pre-pruebas, siendo estadísticamente significativa la diferencia en Software Gráfico grupo experimental y en Sistemas Operativos I grupo de control, y, cercanamente significativa en Sistemas Operativos I grupo experimental. Estos resultados van en concordancia con estudios que afirman que experiencias posteriores y/o la formación previa en trabajo colaborativo llevan a una mejora del desempeño de los grupos (Kirkman & Rosen, 1999; Moreland et al., 2002).
- Los resultados para el curso de Fundamentos de Programación I, en donde las pre-pruebas son ligeramente mayores que las post-pruebas (aunque la diferencia no es estadísticamente significativa), podrían explicarse en el hecho de algunos de los estudiantes participantes realizaron la post-prueba y no la pre-prueba y viceversa. Es decir, el conjunto de estudiantes que realizó la pre-prueba no fue el mismo que realizó la post-prueba.

### **Contrastes estadísticos por procesos operativos**

La Tabla 56 y la Figura 36 muestran los resultados globales de los estudiantes. El objetivo de estas es presentar de manera resumida los resultados de todos los participantes, pero su análisis a nivel general no resulta significativo. En la práctica lo interesante de la experiencia es el análisis particular de cada grupo y su posterior retroalimentación, lo cual por ahora se encuentra fuera del alcance de este trabajo.

Sin embargo, con relación a los resultados globales de los estudiantes se puede observar que los procesos operativos 4 y 6 son los que obtienen puntuaciones medias más elevadas, lo cual implica que la comunicación interna es adecuada y eficaz; y,

que la colaboración está presente en los estudiantes para conseguir los objetivos que se han establecido. De otra parte, el proceso operativo 2 es el que menos puntuación obtuvo, siendo este un factor clave a tener en cuenta al momento de gestionar grupos de trabajo colaborativo, independiente de su forma de composición, dado que los conflictos disminuyen el rendimiento de los grupos de trabajo, especialmente cuando intervienen elementos personales (De Dreu & Weingart, 2003; Kozlowski & Ilgen, 2006). Se observa asimismo un comportamiento bastante uniforme entre los grupos (poca variabilidad en los datos). En general, se presenta un comportamiento similar al de la Fase 1.

Tabla 56. Descriptivos generales de las puntuaciones de los estudiantes sobre los procesos operativos (Fase 2).

	<b>Procesos Operativos</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>Moda</b>	<b>Mín</b>	<b>Máx</b>
1	Participación / Toma de decisiones	4,35	0,84	5,00	0,00	5,00
2	Gestión de conflictos	3,60	1,60	5,00	0,00	5,00
3	Resolución de problemas	4,34	0,82	5,00	0,00	5,00
4	Comunicación interna	4,55	0,72	5,00	0,00	5,00
5	Comunicación externa	3,95	0,77	5,00	0,00	5,00
6	Colaboración	4,54	0,69	5,00	0,00	5,00
7	Liderazgo	3,83	1,35	5,00	0,00	5,00

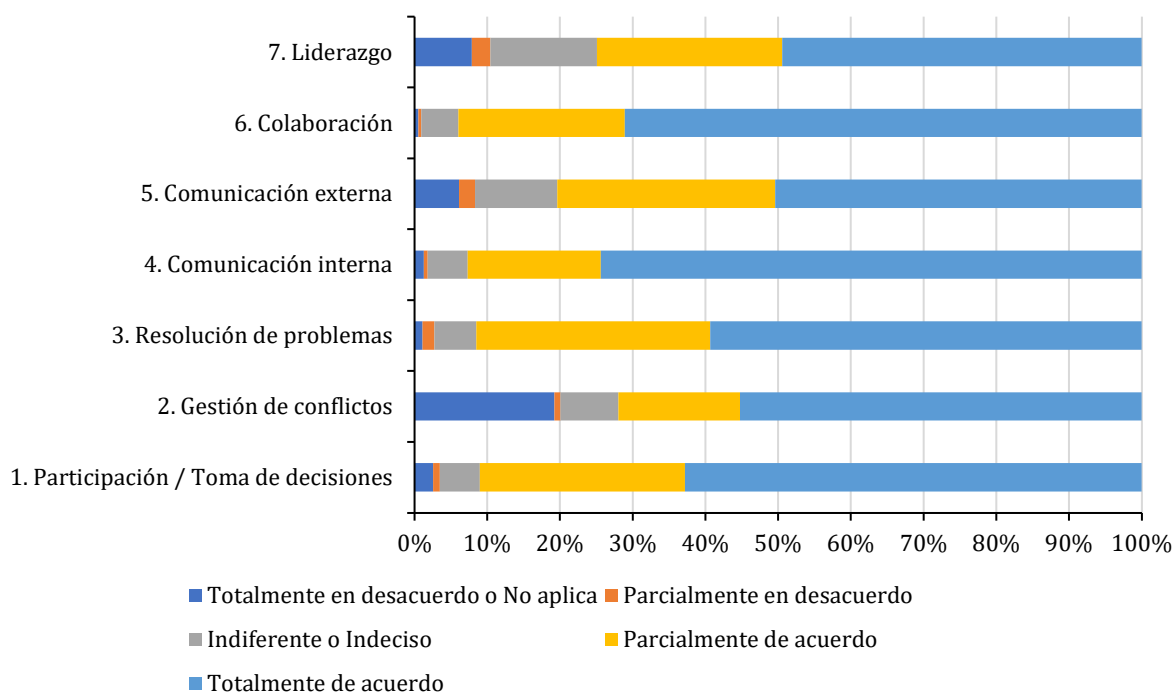


Figura 36. Puntuaciones generales de los estudiantes expresadas en porcentajes (Fase 2).



La Tabla 57 resume las puntuaciones medias de los grupos experimentales y de los de control en cada uno de los procesos operativos, seguida de las huellas y los contrastes estadísticos correspondientes.

Tabla 57. Puntuaciones medias de los grupos de experimentación por curso.

Procesos operativos	PC		SG		FPI		SOI	
	E	C	E	C	E	C	E	C
Participación/Toma de decisiones	4,50	4,33	4,42	3,94	4,38	4,44	4,46	4,29
Gestión de conflictos	3,13	2,21	3,83	4,06	3,38	3,39	3,61	4,11
Resolución de problemas	4,70	4,21	4,48	4,56	3,63	4,01	4,42	4,19
Comunicación interna	4,52	4,42	4,58	4,67	4,54	4,48	4,58	4,52
Comunicación externa	4,01	4,10	3,79	4,05	3,95	3,84	3,90	4,01
Colaboración	4,64	4,53	4,53	4,58	4,75	4,55	4,58	4,40
Liderazgo	3,97	2,72	3,48	4,46	3,25	3,85	3,69	4,33
<b>Puntuación media</b>	<b>4,21</b>	<b>3,79</b>	<b>4,16</b>	<b>4,33</b>	<b>3,98</b>	<b>4,08</b>	<b>4,18</b>	<b>4,26</b>

Con el objetivo de brindar conclusiones estadísticamente sólidas respecto al tratamiento experimental propuesto, se realizó un análisis estadístico mediante la prueba U de Mann Whitney, buscando confirmar estadísticamente la diferencia existente entre las puntuaciones obtenidas por los grupos experimentales frente a las obtenidas por los grupos de control en cada uno de los procesos operativos, es decir, una diferencia específica en el desempeño colaborativo logrado por los estudiantes en la temática de cada uno de los cursos. Se utilizó esta prueba teniendo en cuenta que las puntuaciones de desempeño colaborativo de los estudiantes por proceso operativo tampoco siguen una distribución normal.

Los resultados de la aplicación de la prueba U de Mann Whitney para cada uno de los contrastes se muestran en la Tabla 58 Tabla 34, Tabla 59, Tabla 60 y Tabla 61, los cuales se obtuvieron mediante SPSS™, con un nivel de confianza del 95% y teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

- $H_0$ : las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en un proceso operativo específico son similares.
- $H_1$ : las medias de las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en un proceso operativo específico son diferentes.

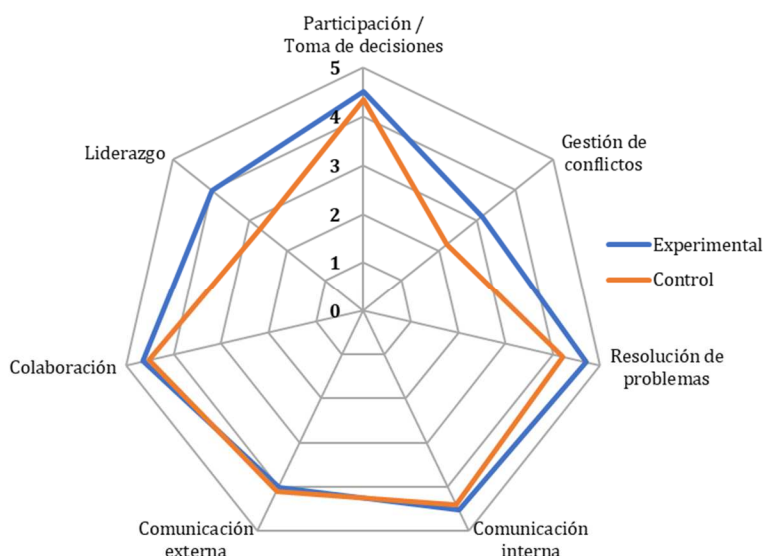


Figura 37. Huella de contraste en Programación de Computadores.

Tabla 58. Pruebas U para Programación de Computadores (desempeño colaborativo).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental (G <sub>1</sub> ) n = 21	Control (G <sub>5</sub> ) n = 15			
	Rango promedio	Rango promedio			
Participación / Toma de decisiones	20,02	16,37	-1,086	125,5	,278
Gestión de conflictos	21,17	14,77	-1,820	101,5	,069
Resolución de problemas	21,02	14,97	-1,859	104,5	,063
Comunicación interna	19,12	17,63	-0,441	144,5	,660
Comunicación externa	18,12	19,03	-0,258	149,5	,797
Colaboración	19,29	17,40	-0,594	141,0	,553
Liderazgo	21,24	14,67	-1,873	100,0	,061

En la Figura 37 se observa un comportamiento aparentemente diferente en los procesos gestión de conflictos, resolución de problemas y liderazgo, en favor del grupo experimental, para el curso de Programación de Computadores. Esto se desvirtúa con el cálculo de las pruebas U para cada uno de los procesos, las cuales se muestran en la Tabla 58. Se observa que todos los procesos, presentan valores de  $p$  mayores a 0,05, lo que significa que no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las puntuaciones son estadísticamente diferentes. Pese a que la prueba de contraste de hipótesis en cada uno de los casos concluye que no se puede hablar de una diferencia estadísticamente significativa, si se repara en los valores correspondientes de  $p$  de los procesos antes mencionados (,069, ,063, y ,061), se puede observar que son valores cercanos a la significancia establecida del 5%. Valdría la pena entonces, refinar el experimento en búsqueda de la significancia deseada.

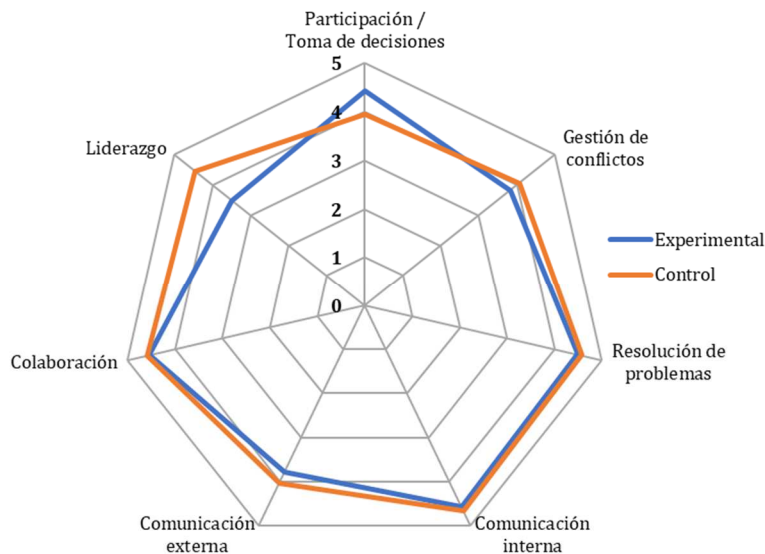


Figura 38. Huella de contraste en Software Gráfico.

Tabla 59. Pruebas U para Software Gráfico (desempeño colaborativo).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p	g
	Experimental (G <sub>2</sub> ) n = 25	Control (G <sub>6</sub> ) n = 20				
	Rango promedio	Rango promedio				
Participación / Toma de decisiones	24,28	21,40	-0,751	218,0	,453	-
Gestión de conflictos	22,24	23,95	-0,468	231,0	,640	-
Resolución de problemas	21,86	24,43	-0,709	221,5	,479	-
Comunicación interna	22,04	24,20	-0,621	226,0	,534	-
Comunicación externa	20,50	26,13	-1,434	187,5	,152	-
Colaboración	21,88	24,40	-0,708	222,0	,479	-
Liderazgo	18,86	28,18	-2,467	146,5	,014	-0,755

En la Figura 38 se observa un comportamiento aparentemente diferente en los procesos participación / toma de decisiones y liderazgo en favor del grupo experimental y del grupo de control respectivamente. Esto se confirma parcialmente con el cálculo de las pruebas U para cada uno de los procesos, las cuales se muestran en la Tabla 59. Se observa que todos los procesos a excepción de liderazgo presentan valores de  $p$  mayores a 0,05, lo que significa que no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las puntuaciones en estos procesos son estadísticamente diferentes. Para liderazgo, como el valor de  $p$  es menor de 0,05, se acepta que existe una diferencia estadísticamente significativa en favor del grupo de control. Para este caso, se calculó también el tamaño del efecto ( $g$ ), obteniendo un valor de -0,755 que se considera como mediano, acercándose a grande, lo que implica que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos

por el grupo de control frente a los obtenidos por el grupo experimental en el proceso de liderazgo, que no se debe al azar.

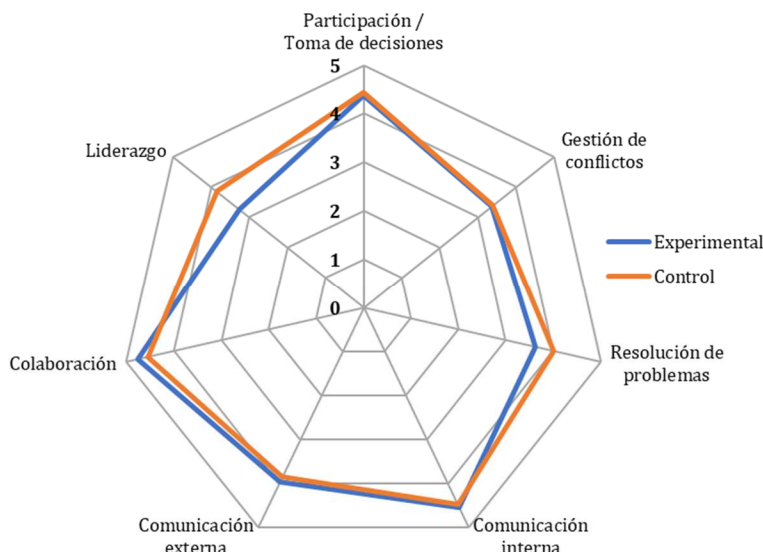


Figura 39. Huella de contraste en Fundamentos de Programación I.

Tabla 60. Pruebas U para Fundamentos de Programación I (desempeño colaborativo).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental (G <sub>3</sub> ) n = 10	Control (G <sub>7</sub> ) n = 12			
	Rango promedio	Rango promedio			
Participación / Toma de decisiones	10,30	12,50	-0,833	48,0	,405
Gestión de conflictos	11,85	11,21	-0,241	56,5	,810
Resolución de problemas	9,95	12,79	-1,047	44,5	,295
Comunicación interna	10,80	12,08	-0,520	53,0	,603
Comunicación externa	11,70	11,33	-0,133	58,0	,894
Colaboración	12,30	10,83	-0,581	52,0	,561
Liderazgo	9,85	12,88	-1,099	43,5	,272

En la Figura 39 se observa un comportamiento aparentemente diferente en los procesos resolución de problemas y liderazgo, en favor del grupo de control, para el curso de Fundamentos de Programación I. Esto se desvirtúa con el cálculo de las pruebas U para cada uno de los procesos, las cuales se muestran en la Tabla 60. Se observa que todos los procesos, presentan valores de  $p$  mayores a 0,05, lo que significa que las puntuaciones son estadísticamente similares.

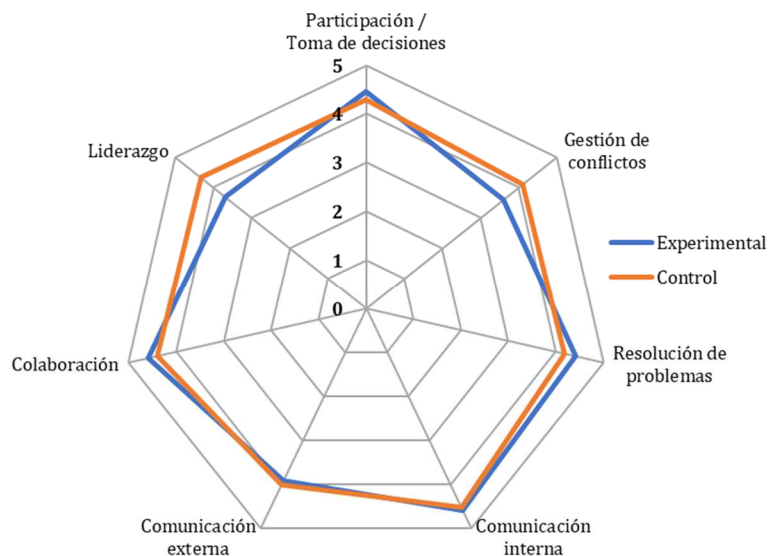


Figura 40. Huella de contraste en Sistemas Operativos I.

Tabla 61. Pruebas U para Sistemas Operativos I (desempeño colaborativo).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p	g
	Experimental (G <sub>4</sub> ) n = 39	Control (G <sub>3</sub> ) n = 40				
	Rango promedio	Rango promedio				
Participación / Toma de decisiones	37,68	42,26	-0,927	689,5	,354	-
Gestión de conflictos	36,46	43,45	-1,449	642,0	,147	-
Resolución de problemas	41,49	38,55	-0,601	722,0	,548	-
Comunicación interna	37,42	42,51	-1,143	679,5	,253	-
Comunicación externa	36,24	43,66	-1,442	633,5	,149	-
Colaboración	39,82	40,17	-0,076	773,0	,940	-
Liderazgo	32,97	46,85	-2,783	506,0	,005	-0,530

En la Figura 40 se observa un comportamiento aparentemente diferente en los procesos gestión de conflictos y liderazgo, en favor del grupo de control, para el curso de Sistemas Operativos I. Esto se confirma parcialmente con el cálculo de las pruebas U para cada uno de los procesos, las cuales se muestran en la Tabla 61. Se observa que todos los procesos a excepción de liderazgo presentan valores de  $p$  mayores a 0,05, lo que significa que no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las puntuaciones en estos procesos son estadísticamente diferentes. Para liderazgo, como el valor de  $p$  es menor de 0,05, se acepta que existe una diferencia estadísticamente significativa en favor del grupo de control. Para este caso, se calculó también el tamaño del efecto ( $g$ ), obteniendo un valor de -0,530 que se considera como mediano, lo que implica que hay una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos por el grupo de control frente a los obtenidos por el grupo experimental en el proceso de liderazgo, que no se debe al azar. Pese a que la prueba

de contraste de hipótesis en cada uno de los demás casos concluye que no se puede hablar de una diferencia estadísticamente significativa, si se repara en los valores correspondientes de  $p$  de gestión de conflictos y comunicación externa ( $,147$ , y  $,149$ ), se puede observar que son valores cercanos a la significancia establecida del 5%. Valdría la pena entonces, refinar el experimento en búsqueda de la significancia deseada.

Estos comportamientos permiten destacar lo siguiente:

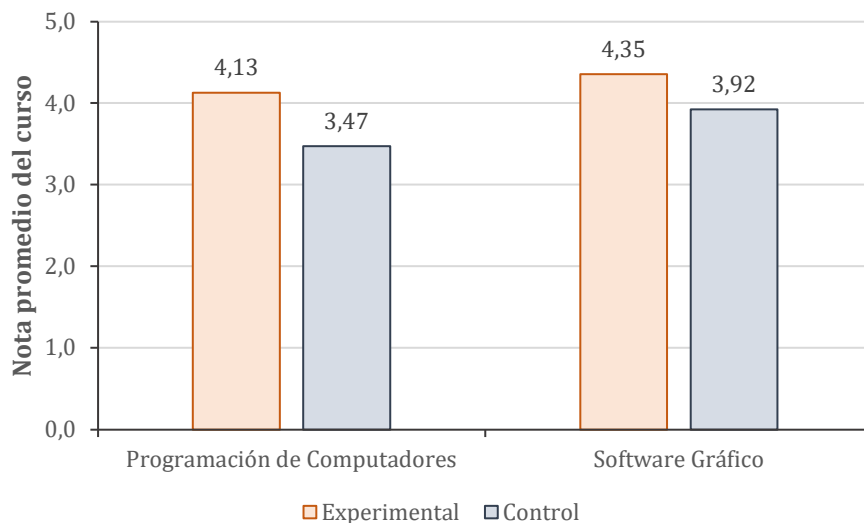
- La formación homogénea dada al grupo experimental en el curso de Programación de Computadores es la que presenta mejor puntuación media en todos los procesos operativos. Esto ratifica lo expuesto en la Fase 1 de experimentación: la formación heterogénea de grupos basada en rasgos de personalidad dada en los demás grupos experimentales parece no ser la estrategia más adecuada en cursos de programación y afines, si lo que se busca es un mejoramiento en el desempeño colaborativo de los participantes.
- En general, la formación heterogénea dada a los grupos experimentales en los cursos de Software Gráfico, Fundamentos de Programación I y Sistemas Operativos I, no mejora el desempeño colaborativo de los estudiantes, frente a la formación de grupos por su preferencia. Para estos casos, en los grupos de control se potencia el liderazgo, ya que el hecho de permitir que los estudiantes escojan a sus compañeros o integrantes del grupo hace que se sientan más cómodos y se facilite el proceso de liderazgo al interior del grupo (Pirola-Merlo et al., 2002; Salas et al., 2005; Zaccaro et al., 2001).
- Los procesos menos puntuados son gestión de conflictos y liderazgo. Estos son aspectos a mejorar independiente del tipo de agrupamiento, ya que el conflicto al interior del grupo y un liderazgo deficiente pueden afectar su desempeño (Kozlowski & Ilgen, 2006).
- La comunicación externa es el proceso que más sobresale en los grupos de control. El hecho de permitir que los estudiantes escojan a sus compañeros o integrantes del grupo hace que se sientan más cómodos y motivados para trabajar, permitiendo que la comunicación al interior y exterior del grupo fluya de mejor manera (Barkley et al., 2014).
- Con base en el contraste estadístico correspondiente, podría destacarse que la formación homogénea de grupos basada en rasgos de la personalidad podría llegar

a potenciar los procesos de gestión de conflictos, resolución de problemas y liderazgo en los estudiantes y por ende en los grupos de trabajo, frente a la formación de grupos por su preferencia, refinando el proceso de experimentación correspondiente.

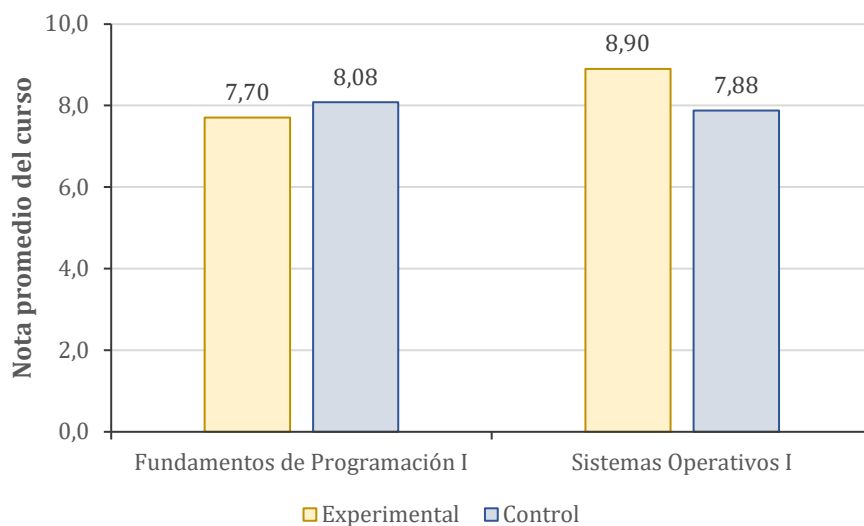
#### **4.5.4. Evaluación del desempeño académico – Fase 2**

Como se menciona en la Sección 4.2, en la Fase 2 al finalizar el experimento se aplicó a los grupos de estudio unas post-pruebas ( $O_i$  y  $O_n$ ), cuyo objetivo fue determinar la implicación del tratamiento experimental. Parte de estas post-pruebas consistió en cuestionarios para respuesta individual, acerca de las temáticas específicas de la actividad colaborativa desarrollada en cada uno de los cursos. Esto permitió contrastar las notas 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 de formación de grupos basada en rasgos de la personalidad, respecto a la técnica de formación por preferencia de los estudiantes, tradicionalmente empleada por los profesores, al momento de desarrollar una actividad colaborativa.

En la Figura 41 se muestra la aparente incidencia positiva que tuvo el tratamiento experimental propuesto. Los resultados permiten evidenciar que en promedio las notas obtenidas en las post-pruebas por los grupo experimentales son mayores a las obtenidas por los grupos de control, a excepción del curso de Fundamentos de Programación I.



(a)



(b)

Figura 41. Contraste de notas de grupos experimentales versus grupo de control.

Con el objetivo de brindar una conclusión sólida respecto a la bondad de la técnica de formación de grupos propuesta, se realizó un análisis estadístico mediante la prueba U de Mann Whitney, prueba no paramétrica empleada para la comparación de dos muestras independientes, buscando confirmar estadísticamente la diferencia existente entre las notas obtenidas por los grupos experimentales frente a las obtenidas por los grupos de control, es decir, una diferencia básica en el nivel de aprendizaje logrado



por los estudiantes en la temática específica. Se utilizó esta prueba teniendo en cuenta que las notas de los estudiantes no siguen una distribución normal. Además, se calculó el tamaño del efecto del tratamiento experimental a través de la  $g$  de Hedges (Ledesma et al., 2008), métrica que permite cuantificar la magnitud de la diferencia entre dos muestras independientes analizadas a través de pruebas no paramétricas, dándole mayor confiabilidad a los resultados de la prueba.

Los resultados de la aplicación de la prueba  $U$  de Mann Whitney se muestran en las Tablas 5.3 y 5.4, los cuales se obtuvieron mediante SPSS™, con un nivel de confianza del 95% y teniendo en cuenta las siguientes hipótesis:

- $H_0$ : las medias de las notas obtenidas por los estudiantes en la post-prueba son iguales
- $H_1$ : las medias de las notas obtenidas por los estudiantes en la post-prueba son diferentes

Tabla 62. Prueba  $U$  para Programación de Computadores (notas).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p	g
	Experimental ( $G_1$ ) n = 22	Control ( $G_5$ ) n = 17				
	Rango promedio	Rango promedio				
Notas	23,50	15,47	-2,181	110,0	,029	0,732

Al comparar el grupo experimental  $G_1$  con el grupo de control  $G_5$  del curso de Programación de Computadores, se obtuvo un valor de  $p$  de ,029. Como este valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) en favor de la hipótesis alterna ( $H_1$ ), con un nivel de confianza del 95%, es decir, que las medias de las notas obtenidas por los estudiantes en la post-prueba son diferentes, con una diferencia de 0,66 en favor de  $G_1$ . Según la clasificación hecha por Cohen (Cohen, 1988), el tamaño del efecto del tratamiento experimental ( $g$ ) con un valor de 0,732 se considera como mediano, acercándose a grande, lo que implica que hay una diferencia significativa entre los resultados del grupo experimental frente al grupo de control que no se debe al azar.

Tabla 63. Prueba  $U$  para Software Gráfico (notas).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p	g
	Experimental ( $G_2$ ) n = 24	Control ( $G_6$ ) n = 19				
	Rango promedio	Rango promedio				
Notas	25,50	17,58	-2,057	144,0	,040	0,586

Al comparar el grupo experimental  $G_2$  con el grupo de control  $G_6$  del curso de Software Gráfico, se obtuvo un valor de  $p$  de ,040. Como este valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) en favor de la hipótesis alterna ( $H_1$ ), con un nivel de confianza del 95%, es decir, que las medias de las notas obtenidas por los estudiantes en la post-prueba son diferentes, con una diferencia de 0,43 en favor de  $G_2$ . Según la clasificación hecha por Cohen (Cohen, 1988), el tamaño del efecto del tratamiento experimental ( $g$ ) con un valor de 0,586 se considera como mediano, lo que implica que hay una diferencia significativa entre los resultados del grupo experimental frente al grupo de control que no se debe al azar.

Tabla 64. Prueba U para Fundamentos de Programación I (notas).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p
	Experimental ( $G_3$ ) n = 10	Control ( $G_7$ ) n = 12			
	Rango promedio	Rango promedio			
Notas	10,30	12,50	-0,814	48,0	,416

Al comparar el grupo experimental  $G_3$  con el grupo de control  $G_7$  del curso de Fundamentos de Programación I, se obtuvo un valor de  $p$  de ,416. Como este valor es mayor que 0,05, no hay evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ ) ni para aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), es decir, no hay evidencia suficiente con un nivel de significación del 5% de que las medias de las notas obtenidas por los estudiantes en la post-prueba son estadísticamente diferentes.

Tabla 65. Prueba U para Sistemas Operativos I (notas).

Variable	Tipo de Grupo		Z	U	p	g
	Experimental ( $G_4$ ) n = 39	Control ( $G_8$ ) n = 40				
	Rango promedio	Rango promedio				
Notas	46,00	34,15	-2,366	546,0	,018	0,694

Al comparar el grupo experimental  $G_4$  con el grupo de control  $G_8$  del curso de Sistemas Operativos I, se obtuvo un valor de  $p$  de ,018. Como este valor es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) en favor de la hipótesis alterna ( $H_1$ ), con un nivel de confianza del 95%, es decir, que las medias de las notas obtenidas por los estudiantes en la post-prueba son diferentes, con una diferencia de 1,02 en favor de  $G_8$ . Según la clasificación hecha por Cohen (Cohen, 1988), el tamaño del efecto del tratamiento experimental ( $g$ ) con un valor de 0,694 se considera como mediano, lo que implica que

hay una diferencia significativa entre los resultados del grupo experimental frente al grupo de control que no se debe al azar.

Todo este conjunto resultados permiten destacar lo siguiente:

- La incidencia positiva que tiene el tratamiento presentado en esta investigación en los grupos experimentales frente a los grupos de control, estableciendo que el formar grupos para escenarios de aprendizaje colaborativo teniendo en cuenta los rasgos de personalidad de los estudiantes, beneficia su desempeño académico.
- El desempeño académico de los estudiantes no necesariamente va de la mano con su desempeño en actividades colaborativas y viceversa. Pese a que el agrupamiento heterogéneo, tanto en la Fase 1 como en la Fase 2 no arrojó resultados favorables en lo que a desempeño colaborativo se refiere, frente a la formación por preferencia de los estudiantes, a nivel de desempeño académico si se evidencia un efecto positivo.

## **4.6. Validez del Experimento**

Un aspecto fundamental en el diseño de experimentos es la validez de los resultados que se obtengan de éstos. Un experimento resulta válido en la medida que los resultados pueden ser atribuidos a la variable independiente, y en el grado que se generalizan fuera del experimento. En esta sección se describen los aspectos que se tienen en cuenta para considerar la validez de los experimentos llevados a cabo en este estudio.

### **4.6.1. Validez del constructo**

Se refiere a qué tan bien un instrumento representa y mide un concepto teórico. Como se menciona en la Sección 3.4, el nivel de desempeño colaborativo de los grupos participantes, que es la variable dependiente del estudio, se midió con una adaptación del instrumento originalmente propuesto por Diez et al. (2013). A través del  $\alpha$  de Cronbach se evidenció una consistencia interna muy elevada del instrumento, lo cual apoya la confiabilidad de los resultados obtenidos. Por otra parte, la coherencia conceptual del instrumento se ha validado observando si los resultados que este aporta son coherentes con la teoría acerca del trabajo colaborativo y la influencia de

la personalidad en actividades de programación y desarrollo de software. Los datos experimentales demostraron la idoneidad del instrumento adaptado para la medición del desempeño colaborativo, en cuanto a su representatividad y objetividad. Los resultados observados en grupos de trabajo reales, creados y formados de acuerdo con el modelo propuesto son coherentes con lo que cabía esperar.

#### **4.6.2. Validez interna**

Se refiere al grado de confianza que se tiene de que los resultados del experimento se interpreten adecuadamente y sean válidos. Dado que el contexto de aplicación del estudio se enmarca en escenarios académicos, que por su naturaleza son dinámicos, pueden presentarse situaciones que amenacen su validez interna, y esto afectar los resultados en la experimentación. De acuerdo con la clasificación hecha por Hernández Sampieri et al. (2014), específicamente para el estudio algunas de estas situaciones son: eventos o acontecimientos externos ocurren durante el experimento e influyen solamente a algunos estudiantes (*historia*), los estudiantes cambian o maduran durante el experimento (*maduración*), los estudiantes abandonan el experimento (*mortalidad experimental*), los estudiantes de distintos grupos se comunican entre sí (*difusión de tratamientos*), los estudiantes de los grupos de control perciben que no reciben nada y eso los desmotiva (*compensación*), el comportamiento del profesor influye positiva o negativamente en el experimento (*conducta del experimentador*), y, las condiciones del ambiente o entorno del experimento no son iguales para todos los grupos participantes (*ambiente experimental*).

#### **4.6.3. Validez externa**

Se refiere a la posibilidad de generalizar los resultados del experimento a situaciones no experimentales, así como a otras personas, casos y poblaciones. La principal amenaza a la validez externa de los resultados del estudio radica en el tamaño y el contexto de la muestra, 432 estudiantes de 16 cursos de programación y afines de programas de Ingeniería de Sistemas y afines (ver Tabla 25 y Tabla 26), presentándose limitantes en cuanto al número de cursos disponibles para experimentación por tipo de agrupamiento (homogéneo, heterogéneo, mixto o autoformación), y en cuanto a diversidad poblacional, lo que restringe en cierta medida la generalización de los hallazgos. De otra parte, considerando que los procesos de

medición de rasgos de personalidad y de valoración de desempeño colaborativo requieren del diligenciamiento de cuestionarios, podría presentarse un *sesgo de respuesta* si esta actividad no es realizada concienzudamente por parte de los estudiantes; de igual manera, el experimentar con diferentes profesores en diferentes cursos, podría ocasionar un *sesgo de procedimiento* si previamente no se unifican los criterios para la experimentación.



## **Capítulo 5**

# **Conclusiones, Trabajos Futuros y Productos Derivados**

### **5.1. Conclusiones**

De los resultados obtenidos, tanto de la implementación metodológica del modelo de formación de grupos propuesto como del experimento controlado realizado con estudiantes de los cursos de Programación y afines antes descritos, pueden enunciarse algunas conclusiones.

El modelo presentado en este estudio pretende ser un aporte importante para los escenarios de aprendizaje colaborativo, por cuanto aborda uno de sus requerimientos fundamentales, la formación 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), lo más heterogéneos entre sí (que se diferencien en la medida de lo posible a las características generales del grupo total), o, que presenten mixtura entre sí (que se asemejen en unas características y que se diferencien en otras al mismo tiempo, con respecto a las características generales del grupo total). Para lograr esto, el modelo se compone de dos partes. En primer lugar, considera las cinco dimensiones del modelo Big-Five para evaluar la personalidad, extraversión, agradabilidad, meticulosidad, neuroticismo y apertura, proponiendo un instrumento específico para su valoración. Y, en segundo lugar, emplea algoritmos genéticos definiendo una función objetivo para cada individuo (un agrupamiento posible), considerando el agrupamiento como un problema de optimización multiobjetivo.

Teniendo en cuenta que el problema de obtener grupos homogéneos, heterogéneos o mixtos 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.

Los algoritmos genéticos han demostrado una gran capacidad y eficiencia a la hora de abordar problemas que tienen una característica altamente combinatoria, como la agrupación de estudiantes. Sin embargo, la consideración aislada de esta técnica no es suficiente. Una buena caracterización de los estudiantes es un elemento clave en este tipo de problemas.

Para este trabajo, se realizó la caracterización de los estudiantes con la medición de sus rasgos de personalidad a través del "Big Five Inventory - BFI". Este proceso resultó ser práctico y sencillo al momento de su implementación computacional, lo que facilitó enormemente la recolección de los datos requeridos por el algoritmo de agrupamiento. Se aclara que, para efectos de este estudio se tuvo en cuenta el proceso puramente cuantitativo, no se consideraron aspectos cualitativos relacionados con la personalidad de los estudiantes participantes, por estar fuera del alcance de la investigación. Considerar estos aspectos cualitativos permitiría perfilar aún más detalladamente a los estudiantes, quizás conduciendo a mejores resultados en su desempeño académico y colaborativo, aunque esto requeriría una interacción multidisciplinaria de diferentes profesionales, incluyendo psicólogos y expertos en educación, agregando mayor complejidad al proceso.

Aunque en este trabajo la experimentación se limitó a unas pocas características (las cinco dimensiones del modelo Big-Five), el modelo propuesto permite trabajar con un número no limitado de características de diferente naturaleza, por lo que puede considerarse genérico. Para lograr este objetivo, se utiliza una representación matricial de cada estudiante y luego se traduce el problema de agrupamiento en un problema de optimización multiobjetivo bajo un escenario combinatorio, que se resuelve con un enfoque basado en algoritmos genéticos. Dicho algoritmo define el valor de aptitud como la diferencia cuadrática media entre toda la muestra y cada grupo, y utiliza un



proceso iterativo que se basa en los principios de evolución de las especies, donde se obtienen diferentes soluciones en búsqueda del valor óptimo.

La innovación del enfoque propuesto radica en las características a partir de las cuales se forman los grupos y en los operadores genéticos utilizados. En la literatura, la mayoría de los estudios en el campo de la formación de grupos de estudiantes que utilizan enfoques de algoritmos genéticos, se centran en la agrupación según el nivel de conocimiento de los estudiantes y utilizan operadores básicos de cruce y mutación. El enfoque propuesto aprovecha las características personales derivadas de las cinco dimensiones del modelo Big-Five, para mejorar la colaboración y los resultados de aprendizaje, tanto a nivel grupal como individual. Asimismo, se emplea una modificación del operador denominado C1, un operador de cruce para problemas donde no deben repetirse genes, como es el caso en estudio; y, para la mutación, se emplea una variación del operador de mutación por intercambio. Estos operadores genéticos modificados permiten una búsqueda más exhaustiva en el espacio de la solución, insertando nueva información genética en la población, evitando que el algoritmo quede atrapado en un mínimo local.

Los resultados obtenidos a través de diversas pruebas de funcionamiento y rendimiento permitieron verificar la utilidad del algoritmo, ya que logra obtener grupos homogéneos, heterogéneo o mixtos (teniendo en cuenta la medida de aptitud propuesta) considerando múltiples características, incluso cuando el número de combinaciones posibles es alto, sin que esto implique un tiempo de ejecución elevado. Por lo tanto, el algoritmo propuesto puede resolver el problema de formación de grupos de manera efectiva y eficiente. Estas pruebas también determinaron que los mejores valores para los parámetros genéticos son: 500 para el número de generaciones, 250 para el tamaño de la población, 60% para la probabilidad de cruce y 1% para la tasa de mutación.

El modelo propuesto se presenta con un nivel mayor de detalle que en trabajos previos, suministrando los recursos computacionales necesarios para su implementación y uso; también se proporciona el código fuente de la implementación computacional del algoritmo genético que lo sustenta, lo que permitiría su eventual adaptación o escalado; siendo todo esto un importante aporte del estudio.

Desde el punto de vista pedagógico se comprueba que el no considerar con anterioridad a la formación de los grupos, criterios relacionados con rasgos de personalidad, ha conducido en general a resultados más bajos, aunque no de manera estadísticamente significativa para el desempeño colaborativo, pero sí para el desempeño académico. Es decir, se verifica la hipótesis de investigación ( $H_i$ ) planteada en la Sección 1.3.

Vale la pena mencionar que, el trabajar colaborativamente no es una tarea sencilla, se requiere estructurar actividades y procesos que conlleven a una verdadera colaboración. La formación de los grupos de trabajo es uno de los procesos que puede incidir notablemente en lograr una mejor colaboración. Se ha evidenciado que a mayor colaboración mayor probabilidad de aprendizaje. Por lo tanto, mejorando la colaboración se puede influir en el logro de los objetivos de aprendizaje.

A través de la experimentación se confirmó que las experiencias posteriores y/o la formación previa en trabajo colaborativo, llevan a los grupos a una mejora en su desempeño, como lo afirman algunos estudios (Kirkman & Rosen, 1999; Moreland et al., 2002).

Los datos experimentales demuestran la idoneidad del instrumento empleado para la medición del desempeño colaborativo, en cuanto a su representatividad y su objetividad. Los resultados observados en grupos de trabajo reales, creados y formados de acuerdo con el modelo propuesto son coherentes con lo que cabía esperar.

Por su parte, los resultados permiten evidenciar la incidencia positiva que tiene el tratamiento presentado en esta investigación en los grupos experimentales frente a los grupos de control, estableciendo que el formar grupos para escenarios de aprendizaje colaborativo teniendo en cuenta los rasgos de personalidad de los estudiantes, beneficia su desempeño académico.

Tener en cuenta los rasgos de personalidad en el proceso de formación de grupos potencia su desempeño colaborativo, cuando a actividades de desarrollo de software se refiere (Acuña et al., 2015; Akarsu et al., 2019; Chowdhury et al., 2018; Gilal et al., 2019; Licorish & MacDonell, 2015; Omar & Syed-Abdullah, 2015; Pieterse et al., 2018;

Soomro et al., 2015; Yilmaz et al., 2015, 2017). En este aspecto, lo más destacado del estudio es que aquellos grupos cuya formación ha sido preestablecida por los profesores a través del modelo propuesto, en general han tenido un mejor desempeño colaborativo que los grupos con formación por preferencia de los estudiantes, excepto en el caso de formación heterogénea. Las formaciones homogénea y mixta (N) han sido las mejor puntuadas. La formación heterogénea parece no ser la estrategia más adecuada en cursos de programación y afines, si lo que se busca es un mejoramiento en el desempeño colaborativo de los participantes.

Es importante mencionar que, el modelo propuesto conlleva también unas implicaciones de orden ético que se deben tener en cuenta al momento de emplearlo, dado que, este involucra en cierta forma un esquema de “clasificación” de los estudiantes utilizando sus rasgos de personalidad, valorados a través de una prueba psicométrica. Entre ellas vale la pena destacar que: se debe contar necesariamente con el “*consentimiento informado*” por parte de los estudiantes participantes; la prueba psicométrica a emplear debe contar con su debida autorización de uso; el profesor se convierte en custodio de la privacidad y confidencialidad de los datos a pesar de que no se emiten conceptos psicológicos; y, se debe aclarar a los estudiantes que no hay comunicación de resultados de la prueba, ni personal ni grupal.

Asimismo, considerando que la implementación computacional involucra un “*algoritmo genético de asignación*”, con elementos altamente estocásticos y programado por humanos, este no necesariamente puede conducir a la “*solución perfecta*” en términos del contexto real, ya que podría presentarse un cierto grado de sesgo, ante lo cual sería importante considerar en el proceso de formación de grupos la percepción que el profesor tenga de las características personales de sus estudiantes, sobre todo en situaciones donde se evidencie que el algoritmo ejerce un alto grado de subjetividad o discriminación. Lo anterior, como una medida ética ante las posibles consecuencias de la difusión del modelo y su eventual adopción como un estándar.

En el campo de la enseñanza de la Programación y la Ingeniería de Software 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 grupo.

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 empleada para la formación 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.

## 5.2. Trabajos Futuros

Se sugiere extender el experimento descrito en este trabajo incorporando en la pre-prueba una evaluación del desempeño académico para luego contrastarla con una post-prueba correspondiente, en búsqueda de una evolución o involución en el desempeño académico de los participantes.

Se propone evaluar en cada contexto, también a través de experimentos controlados, qué tipo de agrupamiento es el más adecuado para organizar los grupos (homogéneo, heterogéneo o mixto), teniendo en cuenta que existe un modelo y una herramienta que facilitan este trabajo y lo automatizan.

Se sugiere explorar qué dimensiones específicas de la personalidad pueden influir de manera más directa en el proceso de aprendizaje de la Programación y la Ingeniería de Software en general. A partir de esto, eventualmente proponer un sistema de recomendación que “recomiende” cuál sería la formación “ideal” de un grupo de trabajo, teniendo en cuenta las características específicas de los estudiantes y las actividades colaborativas propuestas.

Dado que la aplicación del modelo propuesto supone un esfuerzo adicional tanto para profesores como para estudiantes, también se propone como trabajo futuro evaluar este “esfuerzo adicional” y si, o en qué circunstancias, vale la pena.

Se menciona que desde el punto de vista computacional el modelo propuesto puede considerarse genérico, dado que permite trabajar con un número no limitado de características susceptibles de ser cuantificadas. Valdría la pena entonces, verificar si esa genericidad puede ser escalable también al contexto de trabajo, es decir, a otras áreas de conocimiento diferentes a la programación y afines.

La incorporación de otras variables de caracterización personal como el género, la etnia y la edad, así como variables relacionadas con el contexto, como el tipo de comunicación empleada (sincrónica o asincrónica), pueden afectar el desempeño colaborativo y académico de los estudiantes. Se propone entonces como trabajo futuro, explorar qué ocurre con el modelo si se da cabida a nuevas variables como las ya mencionadas.

Se propone también como trabajo futuro, incluir en el proceso el feedback del profesor (conocimiento experto) en la configuración/modificación de los grupos generados, es decir, valorar una modificación dinámica de los mismos, por ejemplo, a lo largo de un período académico.

### 5.3. Productos Derivados

Como productos derivados de todo el proceso investigativo descrito en este documento, se obtuvieron artículos científicos (ver Tabla 66) y aplicaciones computacionales de soporte (ver Tabla 67), se participó en eventos académicos (ver Tabla 68), y se están desarrollando trabajos de grado a nivel de pregrado y maestría en la Universidad de Nariño (ver Tabla 69).

Tabla 66. Artículos científicos.

No.	Título	Revista / Libro	Estado	Detalle
1	<i>Diseño colaborativo basado en ThinkLets como apoyo a la enseñanza de la Programación (ver Anexo H)</i>	<i>Revista Colombiana de Computación (S/C)</i>	<i>Publicado</i>	<i>e-ISSN 2539-2115 Vol. 21, No. 2 pp. 22-33 Julio - Diciembre de 2020</i>
2	<i>Collaborative Learning Group Formation Based on Personality Traits: An Empirical Study in Initial Programming Courses (ver Anexo I)</i>	<i>HCI-COLLAB 2020, CCIS (Q3)</i>	<i>Publicado</i>	<i>e-ISSN 1865-0937 Vol. 1334 pp. 73-84 Diciembre de 2020</i>
3	<i>A Strategy Based on Genetic Algorithms for Forming Optimal Collaborative Learning Groups: An Empirical Study (ver Anexo J)</i>	<i>Electronics (Q2)</i>	<i>Publicado</i>	<i>e-ISSN 2539-2115 Vol. 10, No. 463 pp. 1-27 Febrero de 2021</i>
4	<i>Homogeneous Group Formation in Collaborative Learning Scenarios - An Approach Based on Personality Traits and Genetic Algorithms (ver Anexo K)</i>	<i>IEEE Transactions on Learning Technologies (Q1)</i>	<i>Publicado en Acceso Temprano</i>	<i>En evaluación desde abril de 2020.</i>
5	Group formation in collaborative learning contexts based on personality traits: An empirical study in initial Programming courses (ver Anexo L)	Interaction Design & Achitecture(s) (Q2)	Aprobado para publicación	En evaluación desde octubre de 2020.
6	<i>Automatic group organization for collaborative learning applying genetic</i>	<i>Mathematics (Q1)</i>	<i>Publicado</i>	<i>e-ISSN 2227-7390 Vol. 9, No. 1578 pp. 1-23</i>

No.	Título	Revista / Libro	Estado	Detalle
	<i>algorithm techniques and the Big-Five model (ver Anexo M)</i>			<i>Julio de 2020</i>
7	Personality Influence on Programming and Software Engineering: A Systematic Literature Review (ver Anexo N)	IEEE Transactions in Software Engineering (Q1)	Para nuevo envío	En evaluación desde abril de 2021. Actualmente con concepto de revisores para nuevo envío.
8	Taxonomía de la Formación de Grupos en Escenarios de Aprendizaje Colaborativo	Perspectivas en la Interacción Humano-Tecnología (Red HCI-COLLAB)	Aprobado para publicación	-

Tabla 67. Aplicaciones computacionales.

No.	Denominación	Registro DNDA
1	“TEAM-B V2.0” - Librería Java™ para formación homogénea, heterogénea y mixta de grupos, basada en múltiples características (ver Anexo O)	13-75-175
2	“TEAM-BE” - Módulo para la formación automática de grupos colaborativos en el entorno Collece™ (ver Anexo P)	13-83-413
3	“M-BFI v1.0” - Complemento de Moodle para procesar respuestas dadas al “Big-Five Inventory”	Para registro
4	“M-GROUP v1.0” - Complemento de Moodle para la conformación de grupos colaborativos	Para registro

Tabla 68. Participación en eventos académicos.

No.	Evento	Lugar y fecha
1	14 Congreso Colombiano de Computación	San Juan de Pasto, Colombia, 25 al 27 de septiembre de 2019
2	VI Jornada Iberoamericana de Interacción Humano Computador	Arequipa, Perú, 16 al 18 de septiembre de 2020
3	Simposio Nacional de Maestría y Doctorado	Colombia, octubre 26 al 30 de 2020

Tabla 69. Trabajos de grado.

No.	Título	Nivel	Estado
1	TEAM-BE: Plugin de eclipse para la conformación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo	Pregrado	Para sustentación
2	M-GROUP: Complemento de Moodle para la conformación de grupos colaborativos	Pregrado	Para finalización
3	“TEAM-VSC” Extensión de Visual Studio Code para la formación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo	Pregrado	En formulación
4	Efectos de la meticulosidad en la calidad del producto software en equipos de desarrollo	Maestría	En formulación

# Referencias

- Abnar, S., Orooji, F., & Taghiyareh, F. (2012). An evolutionary algorithm for forming mixed groups of learners in web based collaborative learning environments. *Proceedings of the IEEE International Conference on Technology Enhanced Education, ICTEE 2012*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICTEE.2012.6208612>
- ACM, & IEEE. (2008). *Computer Science Curriculum 2008 : An Interim Revision of CS 2001 Report from the Interim Review Task Force*. <http://www.acm.org/education/curricula-recommendations>
- Acuña, S. T., Gómez, M. N., Hannay, J. E., Juristo, N., & Pfahl, D. (2015). Are team personality and climate related to satisfaction and software quality? Aggregating results from a twice replicated experiment. *Information and Software Technology*, 57(1), 141–156. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.09.002>
- Affleck, G. and Smith, T. (1999). Identifying a need for web - based course support. *ED-MEDIA 1999-- World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, 1547–1548. <https://www.learnlib.org/p/6895/>
- Aguilar, R. A., De Antonio, A., & Imbert, R. (2007). Searching Pancho's Soul: An Intelligent Virtual Agent for Human Teams. *Proceedings of the Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference (CERMA 2007)*, 568–571. <https://doi.org/10.1109/CERMA.2007.4367747>
- Akarsu, Z., Orgun, P., Dinc, H., Gunyel, B., & Yilmaz, M. (2019). Assessing Personality Traits in a Large Scale Software Development Company: Exploratory Industrial Case Study. In A. Walker, R. V. O'Connor, & R. Messnarz (Eds.), *Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2019. Communications in Computer and Information Science* (Vol. 1060, pp. 192–206). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-28005-5\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-28005-5_15)
- Al-Adrousy, W. M., Ali, H. A., & Hamza, T. T. (2015). A recommender system for team formation in MANET. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 27(2), 147–159. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2014.06.014>
- Alberola, J. M., Del Val, E., Sánchez-Anguix, V., & Julián, V. (2016). A general framework for testing different student team formation strategies. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 478, pp. 23–31). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-40165-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-40165-2_3)
- Aliaga Muñoz, B. (2017). Teorías y Evaluación de la Personalidad. *Publicaciones Didácticas*, 86, 58–63. <http://publicacionesdidacticas.com/hemeroteca/articulo/086006/articulo-pdf>
- Allport, G. W. (1985). *La personalidad: su configuración y desarrollo* (8th ed.). Herder.
- Almenara, J. C., & Graván, P. R. (2006). E-actividades : un referente básico para la formación en Internet. In *Eduforma*. MAD.
- Amador Muñoz, L. (2004). Las tecnologías de la información y la comunicación y la formación en entornos virtuales. *Revista Complutense de Educación*, 15(1), 51–74. <https://core.ac.uk/download/pdf/38820866.pdf>
- Amin, A., Rehman, M., Akbar, R., Basri, S., & Hassan, M. F. (2018). Trait-Based Personality Profile of Software Programmers: A Study on Pakistan's Software Industry. *Proceedings of the 8th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS)*, 90–94. <https://doi.org/10.1109/ISMS.2018.00026>
- Anaya, A. R., & Boticario, J. G. (2013). A domain-independent, transferable and timely analysis approach to assess student collaboration. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 22(4), 1–35. <https://doi.org/10.1142/S0218213013500206>
- Anderson, N., Ones, D. S., Sinangil, H. K., & Viswesvaran, C. (2001). *Handbook of industrial, Work &*

- Organizational Psychology - Volume 1: Personnel Psychology* (1st ed.). Sage Publications Ltd.
- Anvari, F., & Richards, D. (2015). Using Personality Traits and a Spatial Ability Test to Identify Talented Aspiring Designers in User-Centred Design Methodologies. *Proceedings of the 10th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering*, 90–101. <https://doi.org/10.5220/0005366600900101>
- Aqeel Iqbal, M., Aldaihani, A. R., & Shah, A. (2019). Big-Five Personality Traits Mapped with Software Development Tasks to Find Most Productive Software Development Teams. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(12), 965–971. <https://doi.org/10.35940/ijitee.J9755.1081219>
- Aracena, M. (1967). *Introducción al estudio del test de Rorschach*. Editorial Universidad Católica.
- Araujo, L., & Cervigón, C. (2009). *Algoritmos evolutivos: Un enfoque práctico*. Alfaomega Grupo Editor.
- 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.
- 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. F., Major, C. H., & Cross, K. P. (2014). *Collaborative learning techniques: A handbook for college faculty* (2nd ed.). Jossey-Bass.
- Barroso, A. S., S. Madureira, J., Soares, M. S., & do Nascimento, R. P. C. (2017). Influence of Human Personality in Software Engineering - A Systematic Literature Review. *19th International Conference on Enterprise Information Systems*, 53–62. <https://doi.org/10.5220/0006292000530062>
- 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>
- Baugh, S. G., & Graen, G. B. (1997). Effects of Team Gender and Racial Composition on Perceptions of Team Performance in Cross-Functional Teams. *Group & Organization Management*, 22(3), 366–383. <https://doi.org/10.1177/1059601197223004>
- 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.
- Bekele, R. (2005). *Computer-Assisted Learner Group Formation Based on Personality Traits* [University of Hamburg]. <http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2006/2759/>
- Belloch, C. (2013). Teleformación. In *Unidad de Tecnología Educativa (UTE) de la Universidad de Valencia*. <http://www.uv.es/bellochc/pedagogia/EVA2.pdf>
- Ben-Ari, M. (1998). Constructivism in computer science education. *ACM SIGCSE Bulletin*, 30(1), 257–261. <https://doi.org/10.1145/274790.274308>
- 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>
- Booker, L. B. (1982). *Intelligent Behavior as an Adaptation to the Task Environment* [University of Michigan]. <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=910371>
- Borden, L. M., & Perkins, D. F. (1999). Assessing Your Collaboration: A Self Evaluation Tool. *Journal of Extension*, 37(2), 67–72. <https://www.joe.org/joe/1999april/tt1.php>
- Boughzala, I., & De Vreede, G.-J. (2015). Evaluating Team Collaboration Quality: The Development and Field Application of a Collaboration Maturity Model. *Journal of Management Information Systems*, 32(3), 129–157. <https://doi.org/10.1080/07421222.2015.1095042>
- Bowers, C. A., Pharmed, J. A., & Salas, E. (2000). When Member Homogeneity is Needed in Work Teams. *Small Group Research*, 31(3), 305–327. <https://doi.org/10.1177/104649640003100303>
- Brindle, A. (1981). *Genetic algorithms for function optimization* [University of Alberta]. <https://era.library.ualberta.ca/items/58923fb3-9557-448f-aedb-a82e95d1067e>
- Byrne, D. E. (1971). *The attraction paradigm*. Academic Press.
- 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. (2016). *Perspectives on Personality* (8th ed.). Pearson Educación.
- Cattell, R. B., Russell, M. T., Karol, D. L., Cattell, A. K. S., & Cattell, H. E. P. (2011). *16 Pf-5, Cuestionario factorial de personalidad* (9th ed.). TEA Ediciones.
- Cen, L., Ruta, D., Powell, L., & Ng, J. (2014). Learning alone or in a group - An empirical case study of the collaborative learning patterns and their impact on student grades. *2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, 627–632. <https://doi.org/10.1109/ICL.2014.7017845>
- Chaljub Hasbún, 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. <https://doi.org/10.29197/cpu.v11i22.213>
- Chatman, J. A., & O'Reilly, C. A. (2004). Asymmetric Reactions to Work Group Sex Diversity Among Men and Women. *Academy of Management Journal*, 47(2), 193–208. <https://doi.org/10.5465/20159572>
- Chebil, R., Chaari, W. L., Cerri, S. A., & Ghedira, K. (2013). A Causal Graph Based Method to Evaluate e-Collaboration Scenarios. *Proceedings of the Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*, 225–230. <https://doi.org/10.1109/WETICE.2013.10>
- Chounta, I.-A., & Avouris, N. (2016). Towards the real-time evaluation of collaborative activities: Integration of an automatic rater of collaboration quality in the classroom from the teacher's perspective. *Education and Information Technologies*, 21(4), 815–835. <https://doi.org/10.1007/s10639-014-9355-3>
- Chowdhury, S., Walter, C., & Gamble, R. (2018). Toward Increasing Collaboration Awareness in Software Engineering Teams. *Proceedings of the Frontiers in Education Conference (FIE)*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659198>
- Cloninger, S. C. (2003). *Teorías de la personalidad* (3rd ed.). Pearson Educación.
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., & Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post-16 learning. A systematic and critical review*. Learning and Skills Research Centre. <https://www.voiced.edu.au/content/ngv%3A13692>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Collazos, C. A., Guerrero, L. A., Pino, J. A., & Ochoa, S. F. (2003). Collaborative Scenarios to Promote Positive Interdependence Among Group Members. In J. Favela & D. Decouchant (Eds.), *Groupware: Design, Implementation, and Use. CRIWG 2003. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 2806, pp. 356–370). Springer. [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. A., & Vergara, A. (2001). Aprendizaje Colaborativo: un cambio en el rol del profesor. *Proceedings of the 3rd Workshop on Education on Computing*, 10–20. <https://users.dcc.uchile.cl/~luguerre/papers/CESC-01.pdf>
- Collis, B. A. (1993). Collaborative learning and CSCW: research perspectives for interworked educational environments. *Proceedings of the IFIP TC3/WG3.3 Working Conference on Lessons from Learning*, 81–104. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.5555/647114.716597>
- Computer-Assisted Learner Group Formation Based on Personality Traits*. (2005).
- Costa, P. T., & McCrae, R. 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. *Proceedings of the XVI Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación*, 980–984. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/43777>
- Cruz, W. M., & Isotani, S. (2014). Group Formation Algorithms in Collaborative Learning Contexts: A Systematic Mapping of the Literature. In N. Baloian, F. Burstein, H. Ogata, F. Santoro, & G. Zurita (Eds.), *Collaboration and Technology. CRIWG 2014. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 8658, pp. 199–214). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-10166-8\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-319-10166-8_18)
- D'Angelo, C. M., Smith, J., Alozie, N., Tsiartas, A., Richey, C., & Bratt, H. (2019). Mapping Individual to Group Level Collaboration Indicators Using Speech Data. *Proceedings of the 13th CSCL 2019*, 628–631. <https://repository.isls.org/handle/1/1637>
- Darwin, C. (2009). *On the origin of species by means of natural selection, or, the preservation of favoured races in the struggle for life*. EZreads Publications.

- Dascalu, M., Trausan-Matu, S., McNamara, D. S., & Dessus, P. (2015). ReaderBench: Automated evaluation of collaboration based on cohesion and dialogism. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 10(4), 395–423. <https://doi.org/10.1007/s11412-015-9226-y>
- De Dreu, C. K. W., & Weingart, L. R. (2003). Task versus relationship conflict, team performance, and team member satisfaction: A meta-analysis. *Journal of Applied Psychology*, 88(4), 741–749. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.4.741>
- De Jong, K. A. (1975). *An analysis of the behavior of a class of genetic adaptive systems* [University of Michigan]. <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=907087>
- De Raad, B., & Schouwenburg, H. C. (1996). Personality in learning and education: A review. *European Journal of Personality*, 10(5), 303–336. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0984\(199612\)10:5<303::AID-PER262>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0984(199612)10:5<303::AID-PER262>3.0.CO;2-2)
- Del Val, E., Alberola, J. M., Sánchez-Anguix, V., Palomares, A., & Teruel, M. D. (2014). A team formation tool for educational environments. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 293, pp. 173–181). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07476-4\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07476-4_21)
- 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*, 6(1), 165–172. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/avances/article/view/14477>
- Dennis, A. R., & Wixom, B. H. (2002). Investigating the Moderators of the Group Support Systems Use with Meta-Analysis. *Journal of Management Information Systems*, 18(3), 235–257. <https://doi.org/10.1080/07421222.2002.11045696>
- 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. [http://www.ijetae.com/files/Volume2Issue2/IJETAE\\_0212\\_31.pdf](http://www.ijetae.com/files/Volume2Issue2/IJETAE_0212_31.pdf)
- Diez, E. V., Zárraga-Rodríguez, M., & García, C. J. (2013). Tool to assess teamwork performance in higher education. *Intangible Capital*, 9(1), 281–304. <https://doi.org/10.3926/ic.399>
- Dillenbourg, P., & Jermann, P. (2007). Designing integrative scripts. In *Scripting Computer-Supported Collaborative Learning* (Vol. 6, pp. 275–301). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-36949-5>
- Dorigo, M., Maniezzo, V., & Colomi, 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>
- Dourish, P. (2006). Implications for design. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '06*, 541–550. <https://doi.org/10.1145/1124772.1124855>
- Duque Reis, R. C. (2019). *Formação de grupos em ambientes cscl utilizando traços de personalidade associados às teorias de aprendizagem colaborativa* [Universidade de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/T.55.2019.tde-11062019-111943>
- Easley, R. F., Devaraj, S., & Crant, J. M. (2003). Relating Collaborative Technology Use to Teamwork Quality and Performance: An Empirical Analysis. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 247–265. <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045747>
- Echazarreta Soler, C., Prados, F., Poch García, 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, 3. [https://www.uoc.edu/uocpapers/8/dt/esp/echazarreta\\_prados\\_poch\\_soler.pdf](https://www.uoc.edu/uocpapers/8/dt/esp/echazarreta_prados_poch_soler.pdf)
- Ely, R. J., & Thomas, D. A. (2001). Cultural Diversity at Work: The Effects of Diversity Perspectives on Work Group Processes and Outcomes. *Administrative Science Quarterly*, 46(2), 229. <https://doi.org/10.2307/2667087>
- Escribano González, A. (1995). Aprendizaje cooperativo y autónomo en la enseñanza universitaria. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 13, 89–104. [https://www.researchgate.net/publication/277263587\\_Aprendizaje\\_cooperativo\\_y\\_autonomo\\_en\\_la\\_ensenanza\\_universitaria](https://www.researchgate.net/publication/277263587_Aprendizaje_cooperativo_y_autonomo_en_la_ensenanza_universitaria)
- Fariñas, K. E., Infante Abreu, A. L., Ampuero, M. A., & Suárez, A. R. (2015). Técnicas para el tratamiento de restricciones en el problema de conformación de equipos de proyectos de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 9(1), 110–125.
- Fiske, S. T. (1993). Social Cognition and Social Perception. *Annual Review of Psychology*, 44(1), 155–194. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.44.020193.001103>

- 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. (2005). Evolutionary Computation. In *Evolutionary Computation: Toward a New Philosophy of Machine Intelligence* (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0471749214>
- Freisleben, B., & Härtfelder, M. (1993). Optimization of Genetic Algorithms by Genetic Algorithms. In *Artificial Neural Nets and Genetic Algorithms* (pp. 392–399). Springer Vienna. [https://doi.org/10.1007/978-3-7091-7533-0\\_57](https://doi.org/10.1007/978-3-7091-7533-0_57)
- Gara-Pérez, R., Buzón García, O., Barragán Sánchez, R., & Rebollo Catalán, M. Á. (2011). Satisfacción del alumnado universitario en aprendizajes colaborativos mediados por las TIC: enseñanza recíproca online versus presencial. In A. Hernández Martín & S. Olmos Migueláñez (Eds.), *Metodologías de aprendizaje colaborativo a través de la tecnologías* (pp. 42–54). Ediciones Universidad de Salamanca. <https://www.torrossa.com/it/resources/an/2955598>
- Gerry, S., Koschmann, T., & Suthers, D. (2006). Computer-supported Collaborative Learning: An Historical Perspective. In R. K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 409–426). Cambridge University Press. [http://gerrystahl.net/cscl/CSCL\\_English.pdf](http://gerrystahl.net/cscl/CSCL_English.pdf)
- Gilal, A. R., Jaafar, J., Abro, A., Omar, M., Basri, S., & Saleem, M. Q. (2017). Effective personality preferences of software programmer: A systematic review. *Journal of Information Science and Engineering*, 33(6), 1399–1416. [https://jise.iis.sinica.edu.tw/JISESearch/pages/View/PaperView.jsf?keyId=159\\_2086](https://jise.iis.sinica.edu.tw/JISESearch/pages/View/PaperView.jsf?keyId=159_2086)
- Gilal, A. R., Omar, M., Gilal, R., Waqas, A., Afridi, S., & Jaafar, J. (2019). A decision tree model for software development teams. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(5s), 241–245. <https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v8i5s/ES3422018319.pdf>
- Glover, F., & Kochenberger, G. A. (2010). *Handbook of Metaheuristics* (Vol. 146). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1665-5>
- Gogoulou, A., Gouli, E., Boas, G., Liakou, E., & Grigoriadou, M. (2007). Forming Homogeneous, Heterogeneous and Mixed Groups of Learners. *Proceedings of the Personalisation in E-Learning Environments at Individual and Group Level Workshop, in 11th International Conference on User Modeling*, 33–40. <http://hermis.di.uoa.gr/PeLEIGL/papers/GGBLG-PING2007.pdf>
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning* (1st ed.). Addison-Wesley.
- Goldberg, D. E., & Deb, K. (1991). A Comparative Analysis of Selection Schemes Used in Genetic Algorithms. In G. J. E. Rawlins (Ed.), *Foundations of Genetic Algorithms* (pp. 69–93). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-050684-5.50008-2>
- 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. *American Psychologist*, 48(1), 26–34. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.48.1.26>
- 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. [http://projects.ori.org/lrg/PDFs\\_papers/A broad-bandwidth inventory.pdf](http://projects.ori.org/lrg/PDFs_papers/A%20broad-bandwidth%20inventory.pdf)
- González de Rivera, M., & Paredes, M. (2008). *Aprendizaje con programación colaborativa* (Serie de Informes Técnicos DLSI1-URJC).
- González Llana, F. M. (2007). *Instrumentos de Evaluación Psicológica*. 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. (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>
- Greif, I. (1988). *Computer-Supported Cooperative Work: A Book of Readings*. Morgan Kaufmann.
- Gros, B. (2000). El Ordenador invisible: hacia la apropiación del ordenador en la enseñanza. In *Biblioteca de educación. Nuevas tecnologías* (Vol. 1). Gedisa Editorial.
- 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. *Proceedings of the International Workshop of Educative Software, TISE'99*, 1–10.
- 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.
- Gutiérrez, J. H., Astudillo, C. A., Ballesteros-Pérez, P., Mora-Melià, D., & Candia-Véjar, A. (2016). The multiple team formation problem using sociometry. *Computers & Operations Research*, *75*, 150–162. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.05.012>
- Häkkinen, P., Arvaja, M., & Mäkitalo, K. (2004). Prerequisites for CSCL: Research Approaches, Methodological Challenges and Pedagogical Development. In K. Littleton, D. Miell, & D. Faulkner (Eds.), *Learning to Collaborate and Collaborating to Learn* (pp. 163–177). Nova Science Pub Inc. [https://www.mit.jyu.fi/agma-center/inbct/InBCT24/cl\\_lc3.pdf](https://www.mit.jyu.fi/agma-center/inbct/InBCT24/cl_lc3.pdf)
- Halfhill, T., Nielsen, T. M., Sundstrom, E., & Weilbaecher, 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)
- Han, J., & Kamber, M. (2006). *Data Mining: Concepts and Techniques* (2nd ed.). Elsevier Inc.
- Hayashi, Y., Fukamachi, K. I., & Komatsugawa, H. (2015). Collaborative learning in computer programming courses that adopted the flipped classroom. *Proceedings - 2015 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering, LaTiCE 2015*, 209–212. <https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2015.43>
- Hendriks, A. A. J., Hofstee, W. K. B., & De Raad, B. (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. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2013*, *1*, 1–5. [http://www.iaeng.org/publication/WCECS2013/WCECS2013\\_pp108-112.pdf](http://www.iaeng.org/publication/WCECS2013/WCECS2013_pp108-112.pdf)
- Hernández, G., Jiménez, R., & Martínez, Á. (2012). Creencias docentes sobre la importancia de la didáctica en la orientación de la enseñanza del primer curso de programación de computadoras. In *Revista universitaria: docencia, investigación e innovación* (Vol. 2). Editorial Académica Española.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Herro, D., Quigley, C., Andrews, J., & Delacruz, G. (2017). Co-Measure: developing an assessment for student collaboration in STEAM activities. *International Journal of STEM Education*, *4*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0094-z>
- Hogan, R., & Hogan, J. (2007). *Hogan Personality Inventory Manual* (3rd ed.). Hogan Assessment Systems.
- Hogan, T. P. (2015). *Pruebas psicológicas: Una introducción práctica* (2nd ed.). El Manual Moderno, S.A. de C.V.
- Holland, J. H. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*. MIT University Press.
- Homan, A. C., Hollenbeck, J. R., Humphrey, S. E., Knippenberg, D. Van, 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]. <http://etheses.lse.ac.uk/2657/1/U615606.pdf>
- 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>
- Huxham, M., & Land, R. (2000). Assigning Students in Group Work Projects. Can We Do Better than Random? *Innovations in Education & Training International*, *37*(1), 17–22. <https://doi.org/10.1080/135580000362043>
- 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. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.11.1.148>
- Isotani, S., Inaba, A., Ikeda, M., & Mizoguchi, R. (2009). An ontology engineering approach to the realization of theory-driven group formation. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4(4), 445–478. <https://doi.org/10.1007/s11412-009-9072-x>
- Isotani, S., & Mizoguchi, R. (2008). Adventures in the boundary between domain-independent ontologies and domain content for CSCL. In I. Lovrek, R. J. Howlett, & L. C. Jain (Eds.), *Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems. KES 2008. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 5179, pp. 523–532). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-85567-5-65>
- Jackson, S. E., Joshi, A., & Erhardt, N. L. (2003). Recent Research on Team and Organizational Diversity: SWOT Analysis and Implications. *Journal of Management*, 29(6), 801–830. [https://doi.org/10.1016/S0149-2063\(03\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0149-2063(03)00080-1)
- Jahanbakhsh, F., Fu, W.-T., Karahalios, K., Marinov, D., & Bailey, B. (2017). You want me to work with who? Stakeholder perceptions of automated team formation in project-based courses. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '17*, 3201–3212. <https://doi.org/10.1145/3025453.3026011>
- Jenkins, J. B. (1990). *Human genetics* (2nd ed.). Harper & Row.
- Jiménez Toledo, J. A., Collazos, C. A., Ortega Cantero, M., & Redondo, M. Á. (2019). Collaborative Strategy with Augmented Reality for the Development of Algorithmic Thinking. In V. Agrdo-Delgado & P. H. Ruiz (Eds.), *Human-Computer Interaction. HCI-COLLAB 2018. Communications in Computer and Information Science* (pp. 70–82). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05270-6\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05270-6_6)
- Jiménez Toledo, J. A., Collazos Ordoñez, C. A., Hurtado Alegría, J. A., & Pantoja Yépez, W. L. (2015). Estrategia colaborativa en entornos tridimensionales como estrategia didáctica de aprendizaje de estructuras iterativas en programación computacional. *Investigium IRE*, 6(2), 80–92.
- Jinghui Zhong, Xiaomin Hu, Jun Zhang, & Min Gu. (2005). Comparison of Performance between Different Selection Strategies on Simple Genetic Algorithms. *Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce (CIMCA-IAWTIC'06)*, 2, 1115–1121. <https://doi.org/10.1109/CIMCA.2005.1631619>
- John, O. P., Donahue, E. M., & Kentle, R. L. (1991). *The Big Five Inventory-Versions 4a and 54* (Unpublished Manuscript).
- John, Oliver P., & Srivastava, S. (1999). The Big Five trait taxonomy: History, measurement, and theoretical perspectives. In L. A. Pervin & O. P. John (Eds.), *Handbook of personality: Theory and research* (2nd ed., pp. 102–138). The Guilford Press. [http://jenni.uchicago.edu/econ-psych-traits/John\\_Srivastava\\_1995\\_big5.pdf](http://jenni.uchicago.edu/econ-psych-traits/John_Srivastava_1995_big5.pdf)
- Johnson, D. H., & Johnson, F. P. (2013). *Joining Together: Group Theory and Group Skills* (11th ed.). Pearson.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Johnson, E. (2002). *Los nuevos círculos de aprendizaje. La cooperación en el aula y la escuela*. Aique Grupo Editor.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2015). *NMC Horizon Report: Edición Educación Superior 2015*. <https://library.educause.edu/media/files/library/2015/2/2015hrhees.pdf>
- Joshi, A., & Roh, H. (2009). The Role Of Context In Work Team Diversity Research: A Meta-Analytic Review. *Academy of Management Journal*, 52(3), 599–627. <https://doi.org/10.5465/amj.2009.41331491>
- Jung, C. (2017). *Psychological types*. Taylor & Francis Ltd.
- Kahrmanis, G., Chounta, I. A., & Avouris, N. (2012). Validating empirically a rating approach for quantifying the quality of collaboration. In *Intelligent Adaptation and Personalization Techniques in Computer-Supported Collaborative Learning. Studies in Computational Intelligence* (Vol. 408, pp. 295–310). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-28586-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-28586-8_13)
- Kanij, T., Merkel, R., & Grundy, J. (2015). An Empirical Investigation of Personality Traits of Software Testers. *Proceedings of the 8th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/CHASE.2015.7>
- Karimi, Z., Baraani-Dastjerdi, A., Ghasem-Aghaee, N., & Wagner, S. (2015). Influence of Personality

- on Programming Styles an Empirical Study. *Journal of Information Technology Research*, 8(4), 38–56. <https://doi.org/10.4018/JITR.2015100103>
- Karimi, Z., Baraani-Dastjerdi, A., Ghasem-Aghaee, N., & Wagner, S. (2016). Using Personality Traits to Understand the Influence of Personality on Computer Programming. *Journal of Cases on Information Technology*, 18(1), 28–48. <https://doi.org/10.4018/JCIT.2016010103>
- Keirse, D. (2006). *Please Understand Me II: Temperament, Character, Intelligence*. Prometheus Nemesis Book Company.
- Kellerman, M. (2007). *Collaboration Assessment Guide and Tool*. United Way of Canada - Centraide Canada.
- Kennedy, J., & Eberhart, R. C. (2001). *Swarm Intelligence* (1st ed.). Morgan Kaufmann Publishers.
- Kirkman, B. L., & Rosen, B. (1999). Beyond self-management: Antecedents and consequences of team empowerment. *Academy of Management Journal*, 42(1), 58–74. <https://doi.org/10.2307/256874>
- Kochan, T., Bezrukova, K., Ely, R., Jackson, S., Joshi, A., Jehn, K., Leonard, J., Levine, D., & Thomas, D. (2003). The effects of diversity on business performance: Report of the diversity research network. *Human Resource Management*, 42(1), 3–21. <https://doi.org/10.1002/hrm.10061>
- Konert, J., Burlak, D., & Steinmetz, R. (2014). The Group Formation Problem: An Algorithmic Approach to Learning Group Formation. In C. Resing, S. de Freitas, T. Ley, & P. J. Muñoz-Merino (Eds.), *Open Learning and Teaching in Educational Communities. EC-TEL 2014. Lecture Notes in Computer Science* (pp. 221–234). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-11200-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-11200-8_17)
- Koschmann, T. (1996). *CSSL: Theory and Practice of An Emerging Paradigm*. Routledge.
- Koza, J. R. (1992). *Genetic programming: on the programming of computers by means of natural selection* (1st ed.). A Bradford Book.
- Kozlowski, S. W. J., & Ilgen, D. R. (2006). Enhancing the Effectiveness of Work Groups and Teams. *Psychological Science in the Public Interest*, 7(3), 77–124. <https://doi.org/10.1111/j.1529-1006.2006.00030.x>
- Krouska, A., & Virvou, M. (2020). An Enhanced Genetic Algorithm for Heterogeneous Group Formation Based on Multi-Characteristics in Social-Networking-Based Learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(3), 465–476. <https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2927914>
- Laguna, M., & Martí, R. (2003). *Scatter Search: Methodology and Implementations in C*. Springer US.
- Lavigne, G., Vasconcelos Ovando, M. P., Organista Sandoval, J., & Salas, L. M. (2012). Exploración preliminar del aprendizaje colaborativo dentro un entorno virtual. *Actualidades Investigativas En Educación*, 12(3), 1–20. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/view/10295/18168%0D>
- Ledesma, R., Macbeth, G., & Cortada De Kohan, N. (2008). Tamaño del efecto: Revisión Teórica y Aplicaciones con el Sistema Estadístico ViSta. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 40(3), 425–439.
- Lee, J. M., & Shneiderman, B. (1978). Personality and programming: Time-sharing vs. batch preference. *1978 Annual Conference - ACM '78*, 2, 561–569. <https://doi.org/10.1145/800178.810092>
- Leidner, D. E., & Fuller, M. (1997). Improving student learning of conceptual information: GSS supported collaborative learning vs. individual constructive learning. *Decision Support Systems*, 20(2), 149–163. [https://doi.org/10.1016/S0167-9236\(97\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S0167-9236(97)00004-3)
- Licorish, S. A., & MacDonell, S. G. (2015). Communication and personality profiles of global software developers. *Information and Software Technology*, 64, 113–131. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.02.004>
- Liden, R. C., Wayne, S. J., Jaworski, R. A., & Bennett, N. (2004). Social Loafing: A Field Investigation. *Journal of Management*, 30(2), 285–304. <https://doi.org/10.1016/j.jm.2003.02.002>
- Liu, Y., Liu, Q., Wu, R., Chen, E., Su, Y., Chen, Z., & Hu, G. (2016). Collaborative learning team formation: A cognitive modeling perspective. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 9643, pp. 383–400). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-32049-6\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-319-32049-6_24)
- Lluís Font, J. M. (2002). Personalidad: Esbozo de una teoría integradora. *Psicothema*, 14(4), 673–701. <http://www.psicothema.com/pdf/786.pdf>
- López, F., & Torres, A. (1991). Categorización del comportamiento en investigación observacional: Historia de un caso. *Revista Mexicana de Análisis de La Conducta*, 17(3), 7–21. <http://rmac->

- mx.org/wp-content/uploads/2013/05/VOL-17-N-3-7-21.pdf
- Lotito Catino, F. (2016). Test psicológicos y entrevistas: usos y aplicaciones claves en el proceso de selección e integración de personas a las empresas. *RAN: Revista Academia & Negocios*, 1(2), 79–90. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5803803>
- Lucero, M. M. (2003). Entre el trabajo colaborativo y el aprendizaje colaborativo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 33(1), 1–21. <https://doi.org/10.35362/rie3312923>
- Maldonado Pérez, M. (2007). El Trabajo Colaborativo En El Aula Universitaria. *Laurus - Revista de Educación*, 13(23), 263–278. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76102314>
- Mannix, E., & Neale, M. A. (2005). What Differences Make a Difference? *Psychological Science in the Public Interest*, 6(2), 31–55. <https://doi.org/10.1111/j.1529-1006.2005.00022.x>
- Maqtary, N., Mohsen, A., & Bechkoum, K. (2019). Group Formation Techniques in Computer-Supported Collaborative Learning: A Systematic Literature Review. *Technology, Knowledge and Learning*, 24(2), 169–190. <https://doi.org/10.1007/s10758-017-9332-1>
- Marek, L. I., Brock, D.-J. P., & Savla, J. (2015). Evaluating Collaboration for Effectiveness. *American Journal of Evaluation*, 36(1), 67–85. <https://doi.org/10.1177/1098214014531068>
- Marjanovic, O. (1999). Learning and teaching in a synchronous collaborative environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 15(2), 129–138. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2729.1999.152085.x>
- Martínez-Miranda, J., & Pavón, J. (2010). Human Attributes in the Modelling of Work Teams. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology: Vol. 322 AICT* (pp. 276–284). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14341-0\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14341-0_32)
- McDonald, S., & Edwards, H. M. (2007). Who should test whom? *Communications of the ACM*, 50(1), 66–71. <https://doi.org/10.1145/1188913.1188919>
- McDonnell, J. R., Reynolds, R. G., & Fogel, D. B. (1995). Using cultural algorithms for constraint handling in GENOCOP. *Fourth Annual Conference on Evolutionary Programming*, 298–305. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6300867>
- Meier, A., Spada, H., & Rummel, N. (2007). A rating scheme for assessing the quality of computer-supported collaboration processes. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2(1), 63–86. <https://doi.org/10.1007/s11412-006-9005-x>
- Menchaca Méndez, A. (2008). *Algoritmo híbrido para resolver problemas de optimización con restricciones* [Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional]. <https://docplayer.es/147364158-Departamento-de-computacion-algoritmo-hibrido-para-resolver-problemas-de-optimizacion-con-restricciones.html>
- Montaño Sinisterra, M. R., Palacios Cruz, J. L., & Gantiva Díaz, C. A. (2009). Teorías de la personalidad. Un análisis histórico del concepto y su medición. *Psychologia. Avances de La Disciplina*, 3(2), 81–107. <https://www.redalyc.org/pdf/2972/297225531007.pdf>
- 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>
- Moreland, R. L., Argote, L., & Krishnan, R. (2002). Training People to Work in Groups. In R. S. Tindale, L. Heath, J. Edwards, E. J. Posavac, & F. B. Bryant (Eds.), *Theory and Research on Small Groups. Social Psychological Applications to Social Issues* (pp. 37–60). Springer. [https://doi.org/10.1007/0-306-47144-2\\_3](https://doi.org/10.1007/0-306-47144-2_3)
- Moreno, J., Rivera, J. C., & Ceballos, Y. F. (2011). Agrupamiento Homogéneo de Elementos con Múltiples Atributos Mediante Algoritmos Genéticos. *DYNA*, 78(165), 246–254. <http://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25666>
- Moser, R. (1997). A fantasy adventure game as a learning environment: Why learning to program is so difficult and what can be done about it. *ITiCSE '97 Proceedings of the 2nd Conference on Integrating Technology into Computer Science Education*, 29(3), 114–116. <https://doi.org/10.1145/268809.268853>
- 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>
- Mullen, B., Anthony, T., Salas, E., & Driskell, J. E. (1994). Group Cohesiveness and Quality of Decision Making. *Small Group Research*, 25(2), 189–204.

- <https://doi.org/10.1177/1046496494252003>
- Myaskovsky, L., Unikel, E., & Dew, M. A. (2005). Effects of Gender Diversity on Performance and Interpersonal Behavior in Small Work Groups. *Sex Roles*, 52(9–10), 645–657. <https://doi.org/10.1007/s11199-005-3732-8>
- Nunes De Castro, J. T. (2002). *Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach* (2nd ed.). Springer.
- Oakley, B., Felder, R., Brent, R., & Elhajj, I. (2004). Turning student groups into effective teams. *Journal of Student Centered Learning*, 2(1), 9–34. [https://www.researchgate.net/publication/242350622\\_Turning\\_student\\_groups\\_into\\_effective\\_teams](https://www.researchgate.net/publication/242350622_Turning_student_groups_into_effective_teams)
- Omar, M., & Syed-Abdullah, S.-L. (2015). Finding the Effectiveness of Software Team Members Using Decision Tree. In A. Abraham, A. K. Muda, & Y.-H. Choo (Eds.), *Pattern Analysis, Intelligent Security and the Internet of Things. Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 355, pp. 107–115). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-17398-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-17398-6_10)
- Oviedo, M., & Ortíz, F. G. (2002). *La enseñanza de la programación*.
- Panitz, T., & Panitz, P. (2018). Encouraging the Use of Collaborative Learning in Higher Education. In *University Teaching* (pp. 161–202). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429459092-7>
- Pascual, R. de M. (2010). *Fundamentos de la comunicación humana*. Editorial Club Universitario.
- Pelled, L. H. (1996). Demographic Diversity, Conflict, and Work Group Outcomes: An Intervening Process Theory. *Organization Science*, 7(6), 615–631. <https://doi.org/10.1287/orsc.7.6.615>
- Pelled, L. H., Eisenhardt, K. M., & Xin, K. R. (1999). Exploring the Black Box: An Analysis of Work Group Diversity, Conflict, and Performance. *Administrative Science Quarterly*, 44(1), 1. <https://doi.org/10.2307/2667029>
- Pieterse, V., Leeu, M., & van Eekelen, M. (2018). How personality diversity influences team performance in student software engineering teams. *Proceedings of the Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICTAS.2018.8368749>
- Pinninghoff J., M. A., Contreras A., R., Salcedo L., P., & Contreras A., R. (2017). Genetic algorithms as a tool for structuring collaborative groups. *Natural Computing*, 16(2), 231–239. <https://doi.org/10.1007/s11047-016-9574-1>
- Pirola-Merlo, A., Härtel, C., Mann, L., & Hirst, G. (2002). How leaders influence the impact of affective events on team climate and performance in R&D teams. *The Leadership Quarterly*, 13(5), 561–581. [https://doi.org/10.1016/S1048-9843\(02\)00144-3](https://doi.org/10.1016/S1048-9843(02)00144-3)
- Quenk, N. L. (2009). *Essentials of Myers-Briggs Type Indicator Assessment* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Reeves, C. R. (1993). *Modern heuristic techniques for combinatorial problems*. John Wiley & Sons, Inc.
- Rehman, M., Safdar, S., Mahmood, A. K., Amin, A., & Salleh, R. (2017). Personality traits and knowledge sharing behavior of software engineers. *2017 8th International Conference on Information Technology (ICIT)*, 6–11. <https://doi.org/10.1109/ICITECH.2017.8079908>
- Reis, R., & Isotani, S. (2019). Formação de Grupos em Ambientes CSCD baseada na combinação entre os Traços de Personalidade e Teorias de Aprendizagem Colaborativa. *Proceedings of the Anais Dos Workshops Do VIII Congresso Brasileiro de Informática Na Educação (CBIE 2019)*, 1001. <https://doi.org/10.5753/cbie.wcbie.2019.1001>
- Resende, M. G. C., & de Sousa, J. P. (2004). *Metaheuristics: Computer Decision-Making* (Vol. 86). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4137-7>
- Revelo-Sánchez, O., Collazos, C. A., Solano, A. F., & Fardoun, H. (2020). Diseño colaborativo basado en ThinkLets como apoyo a la enseñanza de la Programación. *Revista Colombiana de Computación*, 21(2), 22–33. <https://doi.org/10.29375/25392115.4028>
- Reza Hejazi, 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. In *Computer-Supported Collaborative Learning in Higher Education* (pp. 1–18). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/9781591404088.ch001>



- Rudolph, G. (1994). Convergence of non-elitist strategies. *Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation. IEEE World Congress on Computational Intelligence*, 63–66. <https://doi.org/10.1109/ICEC.1994.350041>
- Ruiz, L. E., & Páez, C. I. (2004). Un Algoritmo Genético Fijo para Solucionar el Problema de Asignación de Canales. *II Congreso Internacional de La Región Andina ANDESCON 2004*, 1–7. <https://www.javeriana.edu.co/paez.carlos/congreso0001.pdf>
- Ryckman, R. M. (2014). *Theories of personality* (10th ed.). Wadsworth.
- Sabitzer, B., & Strutzmann, S. (2013). Brain-based programming. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*, 1163–1169. <https://doi.org/10.1109/FIE.2013.6685013>
- Salas, E., Sims, D. E., & Burke, C. S. (2005). Is there a “Big Five” in Teamwork? *Small Group Research*, 36(5), 555–599. <https://doi.org/10.1177/1046496405277134>
- Salinas, J. (2000). El aprendizaje colaborativo con los nuevos canales de comunicación. In *Nuevas tecnologías aplicadas a la educación* (pp. 199–228). Síntesis. [https://www.researchgate.net/publication/232242514\\_El\\_aprendizaje\\_colaborativo\\_con\\_los\\_nuevos\\_canales\\_de\\_comunicacion](https://www.researchgate.net/publication/232242514_El_aprendizaje_colaborativo_con_los_nuevos_canales_de_comunicacion)
- 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 J. D. Schaffer (Ed.), *Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms* (pp. 51–60). Morgan Kaufmann Publishers Inc. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/93126.93145>
- Schmidt, V., Firpo, L., Vion, D., De Costa Oliván, M. E., Casela, L., Cuenya, L., Blum, G. D., & Pedrón, V. (2010). Modelo Psicobiológico de Personalidad de Eysenck: una historia proyectada hacia el futuro. *Revista Internacional de Psicología*, 11(2), 1–21. <https://www.revistapsicologia.org/index.php/revista/article/view/63>
- Schultz, B. G. (1988). *Communicating in the small group: Theory and practice*. Harper & Row.
- Schultz, D. P., & Schultz, S. E. (2010). *Teorías de la personalidad* (9th ed.). Cengage Learning.
- Shameem, M., Kumar, C., & Chandra, B. (2017). A proposed framework for effective software team performance: A mapping study between the team members' personality and team climate. *2017 International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*, 912–917. <https://doi.org/10.1109/CCAA.2017.8229936>
- Shneiderman, B. (1980). *Software Psychology: Human Factors in Computer and Information Systems* (1st ed.). Winthrop Publishers.
- Simkin, H., & Azzollini, S. (2015). Personality, self-esteem, spirituality and religiosity within the five-factor model and theory. *Psiencia - Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica*, 7(2), 339–361. <https://doi.org/10.5872/psiencia/7.2.22>
- Smith, K. A. (1996). Cooperative learning: Making “groupwork” work. *New Directions for Teaching and Learning*, 1996(67), 71–82. <https://doi.org/10.1002/tl.37219966709>
- 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>
- Soomro, A. B., Salleh, N., & Nordin, A. (2015). How personality traits are interrelated with team climate and team performance in software engineering? A preliminary study. *Proceedings of the 9th Malaysian Software Engineering Conference (MySEC)*, 259–265. <https://doi.org/10.1109/MySEC.2015.7475230>
- Soto, C. J., Kronauer, A., & Liang, J. K. (2015). Five-Factor Model of Personality. In S. Krauss Whitbourne (Ed.), *The Encyclopedia of Adulthood and Aging* (pp. 1–5). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118521373.wbeaa014>
- Steves, M. P., & Scholtz, J. (2005). A Framework for Evaluating Collaborative Systems in the Real World. *Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2005.15>
- Stewart, G. L. (2006). A Meta-Analytic Review of Relationships Between Team Design Features and Team Performance. *Journal of Management*, 32(1), 29–55. <https://doi.org/10.1177/0149206305277792>
- Storn, R., & Price, K. (1995). *Differential Evolution -A simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces*.

- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.67.5398&rep=rep1&type=pdf>
- Stribos, J. W., Martens, R. L., & Jochems, W. M. G. (2004). Designing for interaction: Six steps to designing computer-supported group-based learning. *Computers & Education*, 42(4), 403–424. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2003.10.004>
- 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>
- The International Statistical Institute. (2006). *The Oxford Dictionary of Statistical Terms* (Y. Dodge (Ed.); 6th ed.). Oxford University Press.
- 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 D. K. W. Chiu, M. Wang, E. Popescu, Q. Li, R. Lau, T. K. Shih, C.-S. Yang, & D. G. Sampson (Eds.), *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2013 Workshops. ICWL 2013. Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 8390, pp. 11–22). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-46315-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-46315-4_2)
- Toala-Sanchez, G., Cachero, C., & Melia, S. (2018). Evaluating the impact of the personality traits in the perception of model-driven engineering. *Proceedings of the 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–6. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8399170>
- Toala-Sánchez, G., Cachero, C., & Meliá, S. (2019). Evaluating the Effect of Developers' Personality and Productivity on their Intention to Use Model-Driven Web Engineering Techniques: An Exploratory Observational Study. *Journal of Web Engineering*, 17(6), 483–526. <https://doi.org/10.13052/jwe1540-9589.17674>
- Truong, N., Bancroft, P., & Roe, P. (2003). A Web Based Environment for Learning to Program. *Proceedings of the 26th Australasian Computer Science Conference - Volume 16*, 255–264. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=783106.783135>
- Valverde Berrocoso, J. (2002). Herramientas de comunicación sincrónica y asincrónica. In J. I. Aguaded & J. Cabrero (Eds.), *Educación en red: Internet como recurso para la educación* (pp. 57–81). Aljibe. [http://www.jesusvalverde.es/images/libros/aljibe\\_2002.pdf](http://www.jesusvalverde.es/images/libros/aljibe_2002.pdf)
- 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, I. (2005). *Psicología general* (2nd ed.). Limusa.
- Wanous, M., Procter, B., & Murshid, K. (2009). Assessment for learning and skills development: the case of large classes. *European Journal of Engineering Education*, 34(1), 77–85. <https://doi.org/10.1080/03043790902721462>
- Webber, S. (2001). Impact of highly and less job-related diversity on work group cohesion and performance: a meta-analysis. *Journal of Management*, 27(2), 141–162. [https://doi.org/10.1016/S0149-2063\(00\)00093-3](https://doi.org/10.1016/S0149-2063(00)00093-3)
- Weinberg, G. M. (1998). *The psychology of computer programming*. Dorset House Pub.
- Weise, T. (2009). *Global Optimization Algorithm: Theory and Application* (Http://www.it-weise.de (Ed.); 2nd ed.). Self-Published. <http://www.it-weise.de/projects/book.pdf>
- Westphal, I., Thoben, K.-D., & Seifert, M. (2007). Measuring Collaboration Performance in Virtual Organizations. In L. M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, P. Novais, & C. Analide (Eds.), *Establishing the Foundation of Collaborative Networks. PRO-VE 2007. IFIP — The International Federation for Information Processing* (Vol. 243, pp. 33–42). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-73798-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-0-387-73798-0_4)
- Wetzel, A. (1983). *Evaluation of the Effectiveness of Genetic Algorithms in Combinatorial Optimization*. University of Pittsburgh.
- Whitley, D. (1989). The GENITOR Algorithm and Selection Pressure: Why Rank-Based Allocation of Reproductive Trials is Best. *Third International Conference On Genetic Algorithms*, 116–121. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.18.8195>
- Wilkinson, I. A. G., & Fung, I. Y. Y. (2002). Small-group composition and peer effects. *International Journal of Educational Research*, 37(5), 425–447. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(03\)00014-4](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(03)00014-4)
- Williams K., O. C. (1998). The complexity of diversity: A review of forty years of research. *Research in*

- 
- Organizational Behavior*, 21, 77–140.
- Yannibelli, V. D., & Amandi, A. (2011). Forming well-balanced collaborative learning teams according to the roles of their members: An evolutionary approach. *Proceedings of the 12th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI)*, 265–270. <https://doi.org/10.1109/CINTI.2011.6108511>
- Yao, X. (2003). Evolutionary Computation. In *Evolutionary Optimization* (pp. 27–53). Kluwer Academic Publishers. [https://doi.org/10.1007/0-306-48041-7\\_2](https://doi.org/10.1007/0-306-48041-7_2)
- Yilmaz, M., Al-Taei, A., & O'Connor, R. V. (2015). A Machine-Based Personality Oriented Team Recommender for Software Development Organizations. In R. V. O'Connor, M. U. Akkaya, K. Kemaneci, M. Yilmaz, A. Poth, & R. Messnarz (Eds.), *Systems, Software and Services Process Improvement. EuroSPI 2015. Communications in Computer and Information Science* (Vol. 543, pp. 75–86). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24647-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24647-5_7)
- Yilmaz, M., O'Connor, R. V., Colomo-Palacios, R., & Clarke, P. (2017). An examination of personality traits and how they impact on software development teams. *Information and Software Technology*, 86, 101–122. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2017.01.005>
- Zaccaro, S. J., Rittman, A. L., & Marks, M. A. (2001). Team leadership. *The Leadership Quarterly*, 12(4), 451–483. [https://doi.org/10.1016/S1048-9843\(01\)00093-5](https://doi.org/10.1016/S1048-9843(01)00093-5)
- Zheng, Y., Li, C., Liu, S., & Lu, W. (2018). An improved genetic approach for composing optimal collaborative learning groups. *Knowledge-Based Systems*, 139, 214–225. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2017.10.022>



# **Anexos**



# Anexo A

## Formato de Consentimiento Informado

BFI\_V2

[Continuar](#)

Modo: Los nombres de los usuarios se mostrarán y registrarán con las respuestas

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Se me ha advertido que en la investigación en que participo, sólo se utilizaran los datos cuantitativos. 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 guardará siempre y en todo momento del estudio, toda la reserva y discrecionalidad correspondiente.

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

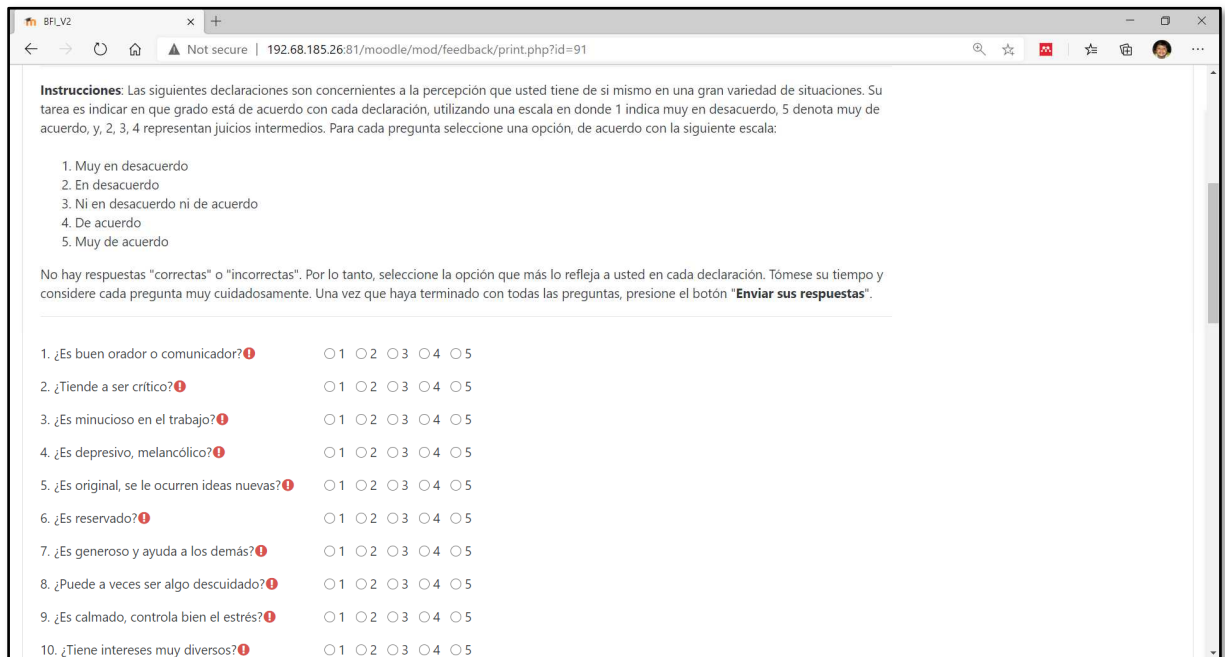
¿De acuerdo?





# Anexo B

## Recursos BFI para Moodle™



**Instrucciones:** Las siguientes declaraciones son concernientes a la percepción que usted tiene de si mismo en una gran variedad de situaciones. Su tarea es indicar en que grado está de acuerdo con cada declaración, utilizando una escala en donde 1 indica muy en desacuerdo, 5 denota muy de acuerdo, y, 2, 3, 4 representan juicios intermedios. Para cada pregunta seleccione una opción, de acuerdo con la siguiente escala:

1. Muy en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni en desacuerdo ni de acuerdo
4. De acuerdo
5. Muy de acuerdo

No hay respuestas "correctas" o "incorrectas". Por lo tanto, seleccione la opción que más lo refleja a usted en cada declaración. Tómese su tiempo y considere cada pregunta muy cuidadosamente. Una vez que haya terminado con todas las preguntas, presione el botón **"Enviar sus respuestas"**.

1. ¿Es buen orador o comunicador?  1  2  3  4  5

2. ¿Tiene a ser crítico?  1  2  3  4  5

3. ¿Es minucioso en el trabajo?  1  2  3  4  5

4. ¿Es depresivo, melancólico?  1  2  3  4  5

5. ¿Es original, se le ocurren ideas nuevas?  1  2  3  4  5

6. ¿Es reservado?  1  2  3  4  5

7. ¿Es generoso y ayuda a los demás?  1  2  3  4  5

8. ¿Puede a veces ser algo descuidado?  1  2  3  4  5

9. ¿Es calmado, controla bien el estrés?  1  2  3  4  5

10. ¿Tiene intereses muy diversos?  1  2  3  4  5

La implementación completa puede visualizarse en <http://192.68.185.26:81/moodle/>, General / Instrumentos Formación de Grupos, Ingresar como Invitado, BFI\_V2, 🔍.

### Añade una actividad o un recurso ✕

- Glosario
- Herramienta Externa
- Lección
- Paquete SCORM
- Resultados BFI
- Taller
- Tarea
- Wiki

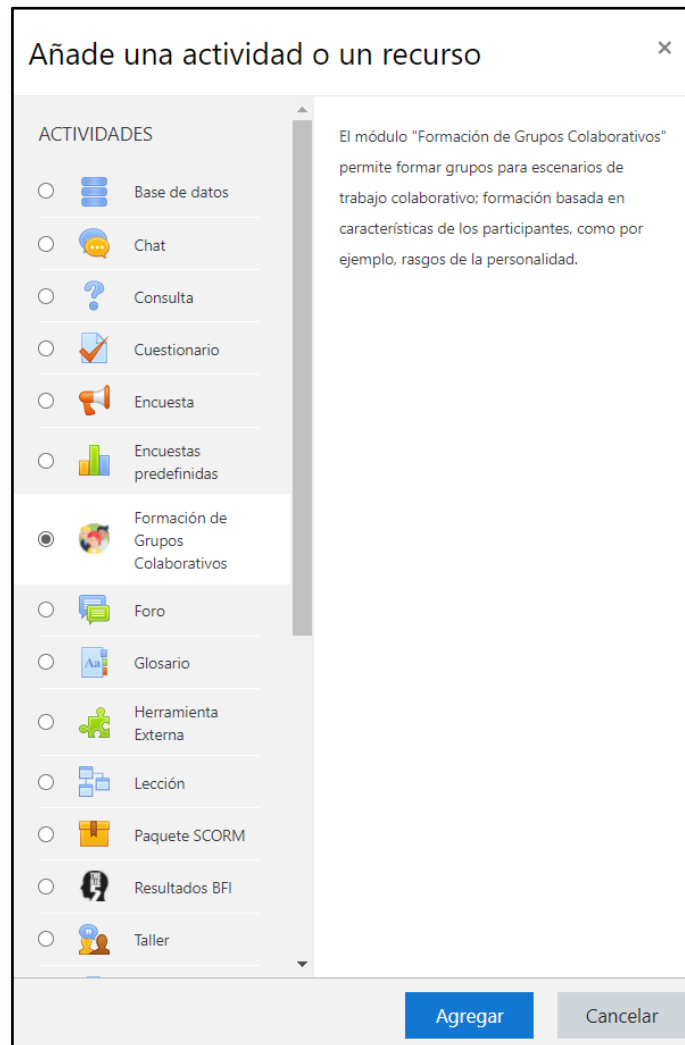
RECURSOS

- Archivo
- Carpeta
- Etiqueta
- Libro
- Página
- Paquete de contenido IMS
- URL

El módulo "Resultados BFI" permite procesar las respuestas dadas a través de una actividad tipo Encuesta, al "Big-Five Inventory", el cual es una adaptación al español del instrumento psicométrico "Big Five Questionnaire", realizada por (Benet-Martínez & John, 1998) para la medición de rasgos de la personalidad.

## Anexo C

# Complemento M\_GROUP para Moodle™



WhatsApp Editando Formación de Grupos x +

Not secure | 192.68.185.26:81/moodle/course/modedit.php?add=mgrouptype=&course=6&section=1&return=0&sr=0

gal\_moodle Español - Colombia (es\_co)

Galeras.NET

Curso para pruebas

Área personal / Cursos / General / cpp / Tema 1 / Agregando un nuevo Formación de Grupos Colaborativos a Tema 1

Agregando un nuevo Formación de Grupos Colaborativos a Tema 1 [Expandir todo](#)

**General**

Nombre del grupo

Tamaño del grupo

Seleccione una opción  Resultados previos  Subir archivo

Archivo de datos

Tipos de archivo aceptados:  
Comma-separated values .csv

WhatsApp Editando Formación de Grupos x +

Not secure | 192.68.185.26:81/moodle/course/modedit.php?add=mgrouptype=&course=6&section=1&return=0&sr=0

gal\_moodle Español - Colombia (es\_co)

Galeras.NET

Muestra la descripción en la página del curso

**Parámetros de agrupamiento**

Cantidad de características

Tamaño de la población

Operador de selección

Operador de mutación

Cantidad de generaciones

**Ajustes de agrupamiento**

Tipo de agrupamiento  Homogéneo  Heterogéneo  Mixto

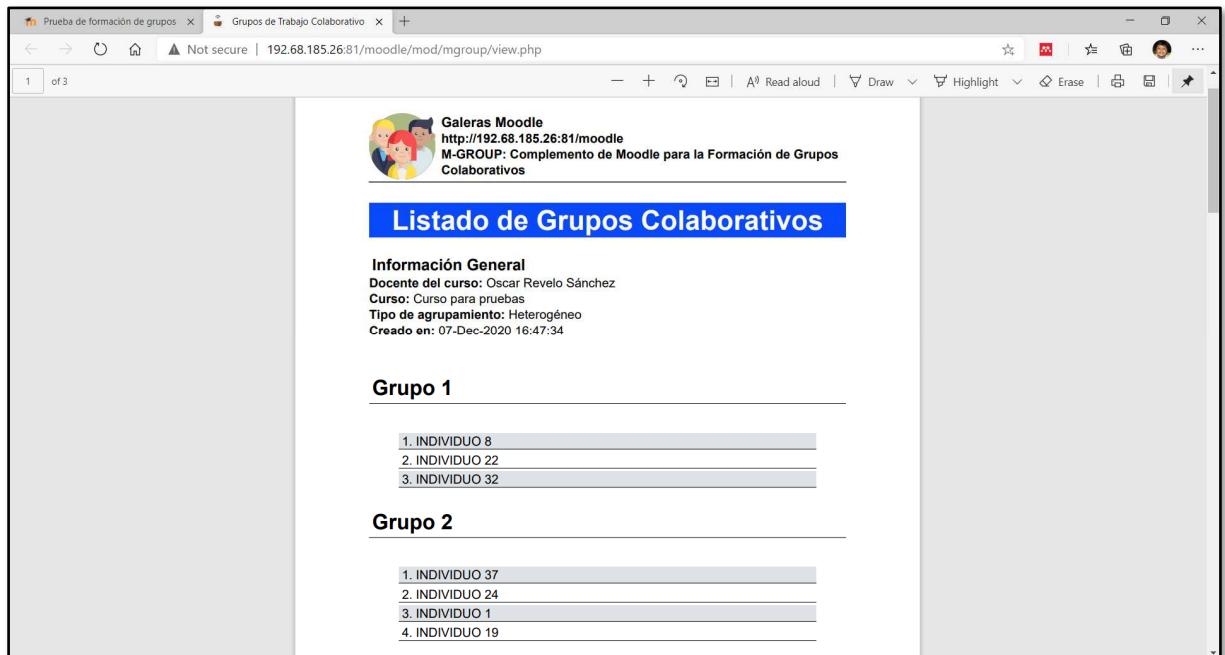
**Ajustes comunes del módulo**

**Restricciones de acceso**

**Finalización de actividad**

# Anexo D

## Reporte de Formación de Grupos – Complemento M\_GROUP para Moodle™



The screenshot shows a web browser window displaying a Moodle page. The browser's address bar shows the URL: `http://192.68.185.26:81/moodle/mod/mgroup/view.php`. The page content includes a logo for 'Galeras Moodle' with the URL `http://192.68.185.26:81/moodle` and the text 'M-GROUP: Complemento de Moodle para la Formación de Grupos Colaborativos'. Below this is a blue header with the text 'Listado de Grupos Colaborativos'. Underneath, there is a section titled 'Información General' with the following details: 'Docente del curso: Oscar Revelo Sánchez', 'Curso: Curso para pruebas', 'Tipo de agrupamiento: Heterogéneo', and 'Creado en: 07-Dec-2020 16:47:34'. The page lists two groups: 'Grupo 1' with three members (INDIVIDUO 8, 22, 32) and 'Grupo 2' with four members (INDIVIDUO 37, 24, 1, 19). Each member name is followed by a horizontal bar representing a progress or status indicator.

Galeras Moodle  
<http://192.68.185.26:81/moodle>  
M-GROUP: Complemento de Moodle para la Formación de Grupos Colaborativos

### Listado de Grupos Colaborativos

**Información General**  
Docente del curso: Oscar Revelo Sánchez  
Curso: Curso para pruebas  
Tipo de agrupamiento: Heterogéneo  
Creado en: 07-Dec-2020 16:47:34

**Grupo 1**

1. INDIVIDUO 8
2. INDIVIDUO 22
3. INDIVIDUO 32

**Grupo 2**

1. INDIVIDUO 37
2. INDIVIDUO 24
3. INDIVIDUO 1
4. INDIVIDUO 19



## Anexo E

# Cuestionario para Valorar Desempeño Colaborativo

Procesos Operativos	Preguntas
<b>P1 Participación / Toma de decisiones</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿Se han establecido normas internas que han facilitado el trabajo del grupo?</li><li>2. ¿Todos los integrantes han participado en las tareas del grupo?</li><li>3. ¿Las decisiones en el grupo se han tomado teniendo en cuenta la opinión de todos los integrantes?</li></ol>
<b>P2 Gestión de conflictos</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>4. ¿Las discrepancias en el grupo han permitido considerar nuevas ideas o nuevos puntos de vista? (responda a esta pregunta, sólo si las ha habido)</li><li>5. No ha habido conflictos de tipo interpersonal (puntuar con 0) y si los ha habido, ¿se han resuelto sin que nadie se haya sentido perjudicado?</li></ol>
<b>P3 Resolución de problemas</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>6. ¿Se han utilizado los datos y un método para la resolución del ejercicio o problema planteado?</li><li>7. ¿Se ha potenciado la creatividad para la resolución de los problemas o propuestas planteadas?</li></ol>
<b>P4 Comunicación interna / Respeto mutuo/ Confianza</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>8. ¿El trabajo del grupo ha transcurrido en un ambiente de confianza?</li><li>9. A pesar de las diferencias entre los integrantes del grupo, ¿ha existido un ambiente de respeto entre todos?</li><li>10. En general, ¿la comunicación ha sido buena entre los integrantes del grupo?</li></ol>
<b>P5 Comunicación externa / Feedback</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>11. ¿Los objetivos se han transmitido bien al grupo y han sido comprendidos?</li><li>12. ¿El profesor ha facilitado los recursos (información, materiales, tiempo, o de otro tipo) que el grupo ha necesitado?</li><li>13. ¿Las tareas y actividades concretas a realizar por el grupo han estado claras tanto en contenido como en plazo (tiempo de realización)?</li><li>14. ¿Los criterios de evaluación se han transmitido bien al grupo y han sido comprendidos al inicio del trabajo?</li><li>15. Como grupo, ¿ha tenido acceso a la información que ha necesitado?</li><li>16. En caso de necesidad, ¿el grupo ha podido comunicarse fácilmente con los profesores de los cursos involucrados?</li><li>17. Como grupo, ¿ha recibido información acerca del resultado de su trabajo (puntuación, feedback del trabajo realizado, fallos cometidos, puntos a destacar, etc.)?</li><li>18. ¿El trabajo ha sido de alguna manera valorado públicamente al resto de la clase?</li></ol>

Procesos Operativos	Preguntas
<b>P6</b> <b>Colaboración / cooperación / coordinación</b>	19. ¿Las tareas y actividades concretas que cada integrante del grupo debía realizar han estado claras desde el inicio tanto en contenido como en plazo (tiempo de realización)? 20. ¿Sus compañeros han contribuido al grupo tal y como se estableció y ha sido necesario? 21. ¿Ha existido colaboración entre los integrantes del grupo (nos hemos ayudado, compartido información, comunicado las dificultades, etc.)?
<b>P7</b> <b>Liderazgo</b>	22. ¿Existió un proceso de designación del líder, y en él participaron todos los integrantes del grupo? 23. ¿El líder del grupo ha sido aceptado por todos los integrantes del grupo? 24. ¿El líder del grupo ha dirigido y coordinado las actividades del grupo?

Cada pregunta se puntúa de 0 a 4 (0 = totalmente en desacuerdo o no aplica, 1 = parcialmente en desacuerdo, 2 = indiferente o indeciso, 3 = parcialmente de acuerdo, 4 = totalmente de acuerdo).



## Anexo F

### Escala de valoración para los procesos operativos

Procesos Operativos	Definición	Escala de valoración / Niveles de aplicación
<p><b>P1</b> <b>Participación / Toma de decisiones</b></p>	<p>Se refiere al grado en que los integrantes del grupo tienen un papel activo en el desarrollo del trabajo y a cómo se toman las decisiones.</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>0. No existen procedimientos y reglas que regulen el funcionamiento del grupo de trabajo. No hay una distribución de roles y tareas y son uno o dos integrantes del equipo los que realizan todo el trabajo. La toma de decisiones siempre se aplaza y no se llega a tomar decisiones.</li><li>1. Existen reglas y procedimientos informales dentro del grupo. Los roles y tareas se distribuyen, aunque no se documentan y la mayoría de los integrantes realizan sus tareas fuera de plazo y con poca calidad. Siempre acaban tomando las decisiones uno o dos integrantes del grupo.</li><li>2. Existen reglas y procedimientos registrados en un documento conocido y consensado por todos los integrantes del grupo. Hay una distribución de roles y tareas documentadas y se revisan y actualizan las tareas en cada reunión. Algunos integrantes realizan sus tareas fuera de plazo y con poca calidad. Antes de tomar una decisión se consulta a todos los integrantes del grupo, aunque no todos participan activamente.</li><li>3. Existen reglas y procedimientos registrados en un documento conocido y consensado por todos los integrantes del grupo. Hay una distribución de roles y tareas documentadas y se revisan y actualizan las tareas en cada reunión. Cada integrante conoce sus tareas, las realiza con calidad y a tiempo, asume su rol y participa activamente expresando su opinión cuando hay que tomar una decisión.</li><li>4. Además, a la hora de tomar una decisión, todos los integrantes del grupo participan activamente expresando su opinión, valoran en conjunto las distintas opciones y toman una decisión teniendo en cuenta la opinión de todos.</li></ol>

Procesos Operativos	Definición	Escala de valoración / Niveles de aplicación
<p align="center"><b>P2 Gestión de conflictos</b></p>	<p>Se refiere a cómo se valoran los conflictos en el grupo y si se gestionan adecuadamente.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>0. No hay conflicto.</li> <li>1. Las discusiones han sido siempre acaloradas poniendo más énfasis en las acusaciones entre personas o grupos que en los hechos que se están debatiendo.</li> <li>2. Cuando se ha producido desacuerdo entre dos partes en algún tema el resto del grupo ha tratado de enfocar la discusión hacia los hechos y no hacia las personas.</li> <li>3. Además, todos los integrantes del grupo han mantenido un tono de voz respetuoso y una actitud de escucha activa.</li> <li>4. Todos los integrantes del grupo han expuesto sus opiniones de manera imparcial, constructiva y sin centrarse en aspectos personales. Han respetado las posturas de los demás intentando entender los puntos fuertes de las mismas. Las discrepancias se han abordado y han permitido considerar nuevas ideas o nuevos puntos de vista que han enriquecido el resultado.</li> </ol>
<p align="center"><b>P3 Resolución de problemas</b></p>	<p>Es la capacidad de resolución de problemas, que está relacionada con el objetivo de mejora del grupo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>0. Los problemas no se resuelven, sino que se dejan siempre para más tarde.</li> <li>1. Los problemas se analizan con datos para entender sus causas.</li> <li>2. Los problemas se abordan aplicando un método previamente acordado, se analizan con datos para entender sus causas y se busca una solución.</li> <li>3. Los problemas se abordan aplicando un método previamente acordado, se analizan con datos para entender sus causas y se busca identificar distintas alternativas realistas.</li> <li>4. Los problemas se abordan aplicando un método previamente acordado, se analizan con datos y en la resolución se potencia la creatividad que permita generar planteamientos y soluciones innovadoras.</li> </ol>
<p align="center"><b>P4 Comunicación interna / Respeto mutuo / Confianza</b></p>	<p>Se refiere a cómo se ha desarrollado la comunicación al interior del grupo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>0. Durante las reuniones de trabajo pocos integrantes del grupo toman la palabra.</li> <li>1. Durante las reuniones de trabajo todos los integrantes tratan de dar su opinión, pero algunos tratan sistemáticamente de imponer la suya, se interrumpen unos a otros, o hablan en parejas sin prestar atención al que tiene la palabra.</li> <li>2. Durante las reuniones de trabajo todos los integrantes del grupo dan su opinión por turnos mientras el resto escucha sin interrumpir, aunque algunos se muestran ausentes.</li> <li>3. Durante las reuniones de trabajo todos los integrantes del grupo dan su opinión por turnos sin tratar de imponerse mientras el resto escucha atentamente y con respeto estando abiertos a otras formas de pensar y trabajar.</li> <li>4. Todos los integrantes del grupo exponen sus opiniones abiertamente y proporcionan datos</li> </ol>

Procesos Operativos	Definición	Escala de valoración / Niveles de aplicación
		<p>concretos para respaldar sus observaciones y conclusiones, escuchan atentamente y con respeto las opiniones e ideas del resto sin interrumpirles en su exposición, parafraseando lo que dicen para estar seguros de haber entendido, están abiertos a otras formas de pensar y trabajar y, valoran de manera constructiva y respetuosa las opiniones de los demás.</p>
<p><b>P5 Comunicación externa / Feedback</b></p>	<p>En qué grado el grupo tiene acceso a la información y a su vez es escuchado por el profesor.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>0. El grupo conoce en líneas generales el contenido del trabajo a realizar, pero no existen canales de comunicación preestablecidos y falta información.</li> <li>1. El grupo conoce el objetivo del trabajo, las tareas y actividades a realizar y los criterios de evaluación. Existe un canal de comunicación, pero no es accesible por los integrantes del grupo o no se utiliza regularmente. Puntualmente falta información.</li> <li>2. El grupo conoce y entiende el objetivo del trabajo, las tareas y actividades a realizar y los criterios de evaluación. Existe un canal de comunicación y se utiliza regularmente por los grupos, aunque sólo como consulta de información disponible.</li> <li>3. Además, el canal de comunicación es fiable, se utiliza y permite la interacción de los equipos con el profesor de tal manera que durante la realización del trabajo el grupo ha podido solicitar la información que ha sido necesaria y ha podido comunicarse fácilmente con el profesor.</li> <li>4. Además, el profesor se involucra haciendo un seguimiento del funcionamiento del grupo y de los resultados que se vayan obteniendo de tal manera que el grupo recibe feedback por parte del profesor sobre su trabajo tanto durante la realización del mismo como al finalizar.</li> </ol>
<p><b>P6 Colaboración / Cooperación / Coordinación</b></p>	<p>Hace referencia a cómo los integrantes del grupo trabajan para conseguir los objetivos que se han establecido.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>0. Los integrantes del grupo a menudo llegan tarde a la reunión, se van pronto e incluso algunos no aparecen.</li> <li>1. Los integrantes del grupo acuden a las reuniones, pero con una actitud pasiva, sin haber leído lo que tienen que hacer o haber hecho lo que se acordó en reuniones anteriores.</li> <li>2. Los integrantes del grupo acuden a las reuniones bien preparados y con el trabajo realizado, pero algunos mantienen una actitud ausente durante las mismas.</li> <li>3. Los integrantes del grupo acuden a las reuniones bien preparados y con el trabajo realizado, participan activamente e intentan hacer contribuciones.</li> <li>4. Todos los integrantes del grupo tenían claro desde el principio las tareas y actividades concretas que debían realizar, las asumieron y las han realizado conforme se estableció y ha sido necesario. Además, han estado centrados durante las reuniones, participando activamente, intentando hacer</li> </ol>

Procesos Operativos	Definición	Escala de valoración / Niveles de aplicación
		contribuciones y cooperando con el esfuerzo del grupo manteniendo en todo momento una actitud de ayuda y colaboración.
<p><b>P7</b> <b>Liderazgo</b></p>	<p>Se refiere al líder interno del grupo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>0. Ningún integrante del grupo asume el papel de líder.</li> <li>1. El grupo tiene un líder formal y otro informal.</li> <li>2. Existió un proceso de designación del líder, y en él participaron todos los integrantes del grupo. El líder del grupo ha sido aceptado desde el comienzo por todos los integrantes del grupo y ha planificado y organizado el grupo, asignado tareas y dirigiendo actividades.</li> <li>3. Además, el líder se asegura de que cada integrante del grupo conoce y asume sus tareas y responsabilidades y hace un seguimiento de los resultados que van obteniendo.</li> <li>4. Además, muestra su compromiso personal y entusiasmo, provoca intelectualmente a su gente, escucha, delega y da luego feedback constructivo a los integrantes del grupo.</li> </ol>

# Anexo G

## Implementación del cuestionario de desempeño colaborativo en Moodle™



La implementación completa puede visualizarse en <http://192.68.185.26:81/moodle/>, General / Instrumentos Formación de Grupos, Ingresar como Invitado, Valoración del desempeño colaborativo en grupos de trabajo, 🔍.



# Anexo H

## Artículo en Rev. Colombiana de Computación

Revista Colombiana de Computación  
Vol. 21, No. 2, July - December 2020, pp. 22-33  
e-ISSN: 2539-2115, <https://doi.org/10.29375/25392115.4028>

REVISTA COLOMBIANA  
DE COMPUTACION

### Diseño colaborativo basado en ThinkLets como apoyo a la enseñanza de la Programación

#### Collaborative design based on ThinkLets to support the teaching of Programming

Oscar Revelo-Sánchez<sup>1</sup>, Cesar Alberto Collazos<sup>2</sup>, Andrés F. Solano<sup>3</sup>, Habib Fardoun<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia  
<sup>2</sup>Universidad del Cauca, Popayán, Colombia  
<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Occidente, Cali, Colombia  
<sup>4</sup>King Abdulaziz University, Arabia Saudi

[orevelo@udcnar.edu.co](mailto:orevelo@udcnar.edu.co), [ccollazos@uniceauca.edu.co](mailto:ccollazos@uniceauca.edu.co), [afsolano@uaa.edu.co](mailto:afsolano@uaa.edu.co), [h.fardoun@kau.edu.sa](mailto:h.fardoun@kau.edu.sa)

(Recibido: 2 Mayo 2020; aceptado: 22 Septiembre 2020; Publicado en Internet: 1 Diciembre 2020)

**Resumen.** La incorporación del trabajo colaborativo en el ámbito educativo crece día a día, al igual que el número de grupos de investigación y proyectos asociados a este tema, dado que las actividades de aprendizaje especificadas de forma colaborativa promueven la comunicación, la coordinación y la negociación al interior de los grupos. Si bien se ha demostrado la utilidad práctica de esta estrategia en diferentes niveles de formación, no se ha hecho mucho énfasis en una parte fundamental: el diseño de los procesos colaborativos inherentes. La Ingeniería de la Colaboración destaca para ello el uso de patrones de colaboración y de *ThinkLets* como unidades primarias de diseño, lo cual tiene como objetivo primordial la reutilización. Este artículo presenta una propuesta de actividad colaborativa a implementarse como apoyo en la enseñanza de cursos iniciales de Programación en el ámbito universitario, la cual basa su diseño colaborativo en la utilización de patrones y *ThinkLets*.

**Palabras clave:** Actividad Colaborativa, Diseño Colaborativo, Patrones de Colaboración, *ThinkLets*, Programación de Computadores.

**Abstract.** The incorporation of collaborative work in the educational field grows day by day, as do the number of research groups and projects associated with this topic; since the learning activities specified collaboratively promote communication, coordination, and negotiation within the groups. While this strategy's practical usefulness has been demonstrated at different training levels, not much emphasis has been placed on a fundamental part: the design of inherent collaborative processes. Collaboration Engineering highlights collaboration patterns and ThinkLets as primary design units, which has its primary objective reuse. This article presents a proposal for a collaborative activity to be implemented to support the teaching of initial programming courses at the university level, which bases its collaborative design on patterns and ThinkLets.

**Keywords:** Collaborative activity, Collaborative design, Collaborative patterns, ThinkLets, Computer programming.

**Tipo de artículo:** Artículo de investigación.

### 1 Introducción

La incorporación del trabajo colaborativo en cursos de Programación ha sido identificada como una estrategia potencial que podría maximizar la participación de los estudiantes y tener un impacto positivo en el aprendizaje (Revelo-Sánchez et al., 2018). Debido a la habitual complejidad en la enseñanza/aprendizaje de la Programación, se han planteado diferentes enfoques didácticos que incorporan elementos de colaboración, y en ocasiones en combinación con otros enfoques, buscando consolidar estrategias que aporten posibles soluciones al problema (Revelo-Sánchez et al., 2018).

Un requisito indispensable para llevar a la práctica lo antes descrito, es que las actividades de aprendizaje que vayan a realizarse como parte de la estrategia, sean especificadas de forma colaborativa, promoviendo la comunicación, la coordinación y la negociación al interior de los grupos. A pesar de que se ha demostrado en diferentes trabajos de investigación y para diferentes niveles de formación, la utilidad práctica que una estrategia colaborativa de aprendizaje tiene en la enseñanza de la Programación (Revelo-Sánchez et al.,

©2020 Universidad Autónoma de Bucaramanga. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC-SA 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Se puede consultar en:

<https://doi.org/10.29375/25392115.4028>





# Anexo I

## Artículo en HCI-COLLAB 2020, CCIS



### Collaborative Learning Group Formation Based on Personality Traits: An Empirical Study in Initial Programming Courses

Oscar Revelo-Sánchez<sup>1</sup> , César A. Collazos<sup>2</sup> , and Miguel A. Redondo<sup>3</sup> 

<sup>1</sup> University of Nariño, San Juan de Pasto, Colombia  
orevelo@udenar.edu.co  
<sup>2</sup> University of Cauca, Popayán, Colombia  
ccollazo@unicauca.edu.co  
<sup>3</sup> University of Castilla-La Mancha, Ciudad Real, Spain  
Miguel.Redondo@uclm.es

**Abstract.** Considering that the group formation is one of the key processes when developing activities in collaborative learning scenarios, the aim of this paper is to propose a technique based on an approach of genetic algorithms to achieve homogeneous groups, considering the students' personality traits as grouping criteria. The main feature of this technique is that it allows the consideration of as many traits of the student as desired, converting the grouping problem in one of multi-objective optimization, given the combinatorial explosion that can occur depending on the number of students and of groups. For its validation, an experiment was designed with 132 first semesters engineering students, quantifying their personality traits through the "Big Five Inventory", forming work groups and developing a collaborative activity in initial Programming courses. The experiment made it possible to compare the results obtained by the students applying the proposed approach to those obtained through other group formation strategies. It was demonstrated through the experiment that the homogeneous groups generated by the proposed technique produced better academic results compared to the formation techniques traditionally used by the teachers, when developing a collaborative activity.

**Keywords:** Collaborative learning · Genetic algorithms · Group formation · Personality traits

### 1 Introduction

Outside of academia, groups constitute a basic social structure. They are formed and reformed in different ways for various purposes: people meet in social situations, coordinate to perform work-related tasks, or constitute commissions because of common interests. Although, in academic fields, groups are also formed easily and for very diverse purposes, the group creation in the classroom can be a complicated and unnatural process. However, for collaborative learning to be successful, it is important to make effective groups [1].

© Springer Nature Switzerland AG 2020  
V. Agredo-Delgado et al. (Eds.): HCI-COLLAB 2020, CCIS 1334, pp. 73–84, 2020.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-66919-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66919-5_8)

Se puede consultar en:

[https://doi.org/10.1007/978-3-030-66919-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66919-5_8)



# Anexo J

## Artículo en Electronics



Article

### A Strategy Based on Genetic Algorithms for Forming Optimal Collaborative Learning Groups: An Empirical Study

Oscar Revelo Sánchez <sup>1,\*</sup>, César A. Collazos <sup>2</sup> and Miguel A. Redondo <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Galeras.NET Research Group, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto 52001, Colombia  
<sup>2</sup> IDIS Research Group, Universidad del Cauca, Popayán 190001, Colombia; ccollazo@unicauca.edu.co  
<sup>3</sup> CHICO Research Group, Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real 13071, Spain; Miguel.Redondo@uclm.es  
\* Correspondence: orevelo@udenar.edu.co

**Abstract:** Considering that group formation is key when developing activities in collaborative learning scenarios, this paper aims to propose a strategy based on a genetic algorithm approach for achieving optimal collaborative learning groups, considering the students' personality traits as grouping criteria. A controlled experiment was designed with 238 students, quantifying their personality traits through the "big five inventory" (BFI), forming working groups and developing a collaborative activity in programming and related courses. The experiment results allowed validation, not only from a computational point of view evaluating the algorithm performance but also from a pedagogical point of view, confronting the results obtained by students applying the proposed approach with those obtained through other group formation strategies. The highlight of the study is that those groups whose formation was pre-established by the teachers through the proposed strategy have generally had a better collaborative performance than the groups with traditional formation, except in the case of heterogeneous formation, at the time of developing a collaborative activity. In addition, through the experiment, it was found that not considering criteria related to personality traits before the group formation generally led to lower results.

**Keywords:** collaborative learning; collaborative performance; genetic algorithms; group formation; personality traits

 **check for updates**

**Citation:** Revelo Sánchez, O.; Collazos, C.A.; Redondo, M.A. A Strategy Based on Genetic Algorithms for Forming Optimal Collaborative Learning Groups: An Empirical Study. *Electronics* **2021**, *10*, 463. <https://doi.org/10.3390/electronics10040463>

Academic Editor: George A. Fabintrinis

Received: 14 December 2020  
Accepted: 10 February 2021  
Published: 14 February 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

#### 1. Introduction

Although many studies have investigated the benefits of group formation in collaborative learning scenarios, to date, few studies have analyzed the achievements of published research on the subject [1]. Research has focused on the proper functioning of collaborative learning, but the formation process of such groups is neglected or belittled [2]. The group formation in collaborative environments is not a trivial task when achieving homogeneity or heterogeneity within the groups is concerned. Applying a good strategy in their forming, which considers not only one, but several of the student characteristics, depend largely on the general academic benefit [3]. Given the above, one of the aspects to be evaluated in group formation may be the personality of the students.

Despite the important contributions of the work on group formation, it is observed that few studies in the literature combine personality traits with other important factors in the grouping of students [4]. Even rarer is research that is based on pedagogical approaches, based on theories and learning strategies, and that considers student personality traits to support the formation of learning groups [1]. Therefore, there is great potential for research on this subject. In this context, the development of this work is motivated by the lack of scientific studies that combine personality traits with collaborative learning theories to support the group formation process in these scenarios.

The main contribution of this paper is given by the results of the research process carried out for the structuring of a group formation evolutionary strategy in collaborative

*Electronics* **2021**, *10*, 463. <https://doi.org/10.3390/electronics10040463> <https://www.mdpi.com/journal/electronics>

Se puede consultar en:

<https://doi.org/10.3390/electronics10040463>



# Anexo K

## Artículo en IEEE TLT

The screenshot shows a web browser displaying an IEEE Xplore article. The browser's address bar shows the URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9514462>. The page header includes the IEEE Xplore logo, navigation links (Browse, My Settings, Help), and an Institutional Sign In button. A search bar is located below the header.

The article title is "Homogeneous Group Formation in Collaborative Learning Scenarios: An Approach Based on Personality Traits and Genetic Algorithms". The publisher is IEEE. There are buttons for "Cite This" and "PDF". The authors listed are Oscar Revelosanchez, Cesar A. Collazos, Miguel A. Redondo, and Ig lbert Bittencourt. There are 10 Full Text Views.

The abstract text reads: "The incorporation of collaborative work in the educational field grows day after day, as does the research associated with this topic. One of the most recurring problems faced by teachers who want to employ this learning strategy is the good students group formation since this task can be complex both conceptually and computationally, especially if the aim is to automate it. Considering that group formation is key when developing activities in collaborative learning scenarios, this paper aims to propose a technique based on a genetic algorithm approach for achieving homogeneous groups, considering the students personality traits as grouping criteria, since, the aforementioned traits, have proven to be significantly predictive of academic performance and, in addition, to be associated with variables with a strong influence on academic success,".

On the right side, there is a "Need Full-Text" banner with the text "access to IEEE Xplore for your organization?" and a "CONTACT IEEE TO SUBSCRIBE" button. Below this is a "More Like This" section with a "PDF" button and a "Feedback" button.




# Anexo L

## Artículo en IDx&A

ixD&A: 2nd Notification - Special issue on "Collaborative multimedia applications in technology" - Message - Mail

↩ Reply   ↶ Reply all   → Forward   📁 Archive   🗑 Delete   🚩 Set flag   ⋮

**ixD&A: 2nd Notification - Special issue on "Collaborative multimedia applications in technology"**

 **Carlo Giovannella** <gvncrl00@uniroma2.it>  
22/08/2021 2:20 a. m.

To: OSCAR REVELO SANCHEZ; ccollazo@unicauca.edu.co; Miguel.Redondo@uclm.es

Dear Authors,

we are delight to inform that your paper  
**"Group formation in collaborative learning contexts based on personality traits: An empirical study in initial Programming courses"**  
has been accepted for publication into IxD&A Interaction Design & Architecture(s) - special issue "Collaborative multimedia applications in technology"

Please send us **as soon as possible** the camera ready version of your paper.

Most likely, in September, we will organize also a public presentation of the special issue (using meet or zoom) and we wish all contact authors to act as panelists, present shortly the main achievements of their work and take part in the discussion. Further details will be provided shortly. *Please confirm that you will be available.*

**Very important:** to avoid delay in the publication process the paper should be formatted accordingly to [IxD&A authors's guideline](#)

To speed up the publication of the issue please send us, as soon as possible, also

- short bios and photos of all the authors
- the signed Consent to Publish

<http://ixdea.uniroma2.it/inevent/events/idea2010/index.php?s=101&a=41>

Please send all the documents to [gvncrl00@uniroma2.it](mailto:gvncrl00@uniroma2.it).

Kindest regards,  
Carlo Giovannella  
(IxD&A Scientific Editor)





# Anexo M

## Artículo en Mathematics



Article

### Automatic Group Organization for Collaborative Learning Applying Genetic Algorithm Techniques and the Big Five Model

Oscar Revelo Sánchez <sup>1,\*</sup>, César A. Collazos <sup>2</sup> and Miguel A. Redondo <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Galeras.NET Research Group, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto 52001, Colombia

<sup>2</sup> IDIS Research Group, Universidad del Cauca, Popayán 190001, Colombia; ccollazo@unicauca.edu.co

<sup>3</sup> CIICO Research Group, Universidad de Castilla-La Mancha, 13071 Ciudad Real, Spain; Miguel.Redondo@uclm.es

\* Correspondence: orevelo@udenar.edu.co

**Abstract:** In this paper, an approach based on genetic algorithms is proposed to form groups in collaborative learning scenarios, considering the students' personality traits as a criterion for grouping. This formation is carried out in two stages: In the first, the information of the students is collected from a psychometric instrument based on the Big Five personality model; whereas, in the second, this information feeds a genetic algorithm that is in charge of performing the grouping iteratively, seeking for an optimal formation. The results presented here correspond to the functional and empirical validation of the approach. It is found that the described methodology is useful to obtain groups with the desired characteristics. The specific objective is to provide a strategy that makes it possible to subsequently assess in the context what type of approach (homogeneous, heterogeneous, or mixed) is the most appropriate to organize the groups.

**Keywords:** collaborative learning; collaborative work; genetic algorithms; group formation; personality traits

---

#### 1. Introduction

Due to the current needs of society, education requires changes in the teaching-learning processes through the implementation of innovative and motivating pedagogical actions. Among those that have shown effective results are collaborative teaching strategies. These have become a more common practice today thanks to their high educational potential [1]. One of the key processes when implementing this type of strategy is the formation of working groups.

Outside the academic scope, groups are formed with various objectives, for example, people group together in social situations, at work, or when they seek common interests. Groups are considered as a basic social structure. Although in the academic scope groups are also formed with ease and for various purposes, the establishment of groups in the classroom can be a complicated and stilted process, always depending on the objective being pursued [2]. However, for collaborative learning to succeed, it is important to form effective groups, since the result of the group depends largely on the fulfilment of the responsibilities of each of its members, good academic and empathy relationships are fundamental among them [3].

The grouping problem is critical in collaborative learning, due to the complexity and difficulty of achieving an adequate grouping, based on different criteria and numerous students [4]. Group formation in collaborative environments is not a trivial task when it comes to achieving homogeneity or heterogeneity within the groups. Applying a good strategy in their forming, which considers not only one, but several characteristics of the students depends largely on the general academic benefit [5]. Therefore, it is very useful to

 **check for updates**

**Citation:** Revelo Sánchez, O.; Collazos, C.A.; Redondo, M.A. Automatic Group Organization for Collaborative Learning Applying Genetic Algorithm Techniques and the Big Five Model. *Mathematics* **2021**, *9*, 1578. <https://doi.org/10.3390/math9131578>

Academic Editors: Basil Papadopoulos and Amir Mosavi

Received: 29 March 2021  
Accepted: 1 July 2021  
Published: 5 July 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

 **Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*Mathematics* **2021**, *9*, 1578. <https://doi.org/10.3390/math9131578>

<https://www.mdpi.com/journal/mathematics>

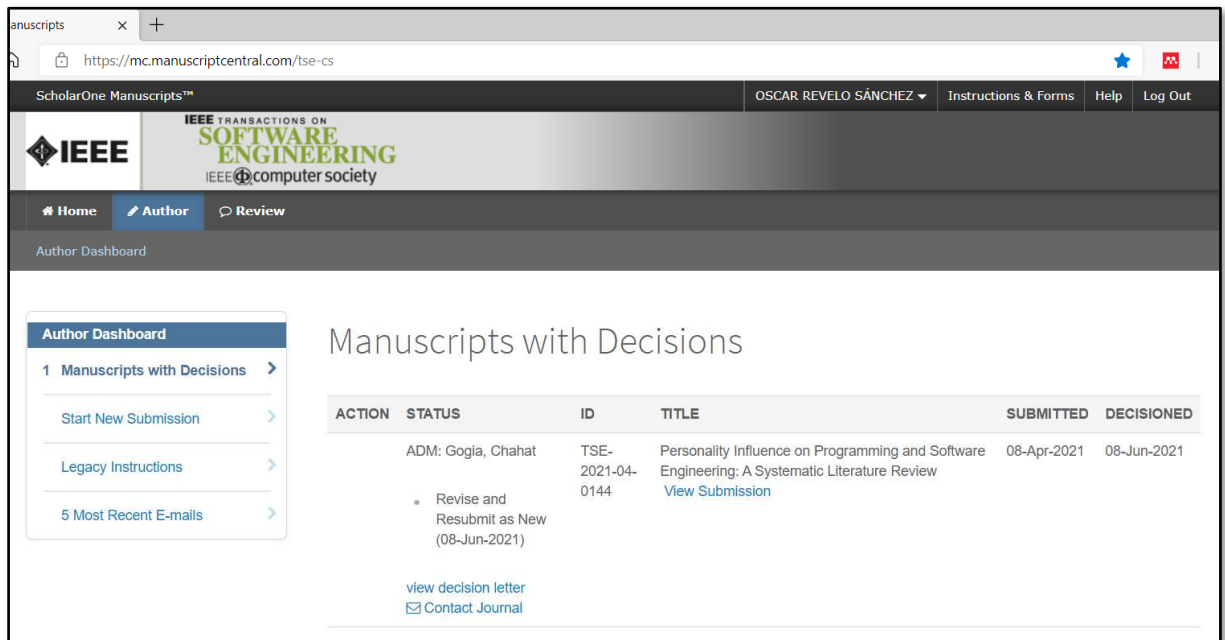
Se puede consultar en:

<https://doi.org/10.3390/math9131578>



# Anexo N

## Artículo en IEEE TSE



The screenshot shows the Author Dashboard for IEEE Transactions on Software Engineering. The page title is "Manuscripts with Decisions". A table lists one manuscript with the following details:


ACTION	STATUS	ID	TITLE	SUBMITTED	DECISIONED
	ADM: Gogia, Chahat	TSE-2021-04-0144	Personality Influence on Programming and Software Engineering: A Systematic Literature Review <a href="#">View Submission</a>	08-Apr-2021	08-Jun-2021

Below the table, there are links for "view decision letter" and "Contact Journal".



# Anexo O


## Registro de Soporte Lógico Team-B V2.0

		MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO		Libro - Tomo - Partida <b>13-75-175</b>
<b>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</b>			Fecha Registro <b>27-ago-2019</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 PORTELLA	No de identificación CC	98392695	
Nacional de	COLOMBIA			
Dirección	CALLE 16 NO 40 16 B. SANTA ANA	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>				
Razón 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 V2.0 LIBRERÍA JAVA™ PARA LA FORMACIÓN HOMOGÉNEA, HETEROGÉNEA Y MIXTA DE GRUPOS, BASADA EN MÚLTIPLES CARACTERÍSTICAS			
Año de Creación	2019	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>				
TEAM-B - LIBRERÍA JAVA™ PARA LA FORMACIÓN HOMOGÉNEA, HETEROGÉNEA Y MIXTA DE GRUPOS, BASADA EN MÚLTIPLES CARACTERÍSTICAS. SE PRESENTA COMO UNA SOLUCIÓN COMPUTACIONAL PARA LA CREACION DE APLICACIONES QUE PERMITAN FORMAR DE MANERA 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	1-2019-78978	



# Anexo P

## Registro de Soporte Lógico Team-BE

MINISTERIO DEL INTERIOR		DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR		UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL		OFICINA DE REGISTRO		LIBRO - TOMO - PARTIDA			
								<b>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</b>		13-83-413	
										Fecha Registro 17-feb.-2021	
Page 1 of 2											
<b>1. DATOS DE LAS PERSONAS</b>											
<b>AUTOR</b>											
Nombres y Apellidos		OSCAR REVELO SANCHEZ			No de identificación		11438636				
Nacional de		COLOMBIA			CC						
Dirección		MZ B C24 SAUCES LA CAROLINA			Ciudad:		PASTO				
<b>AUTOR</b>											
Nombres y Apellidos		JESUS INSUASTI PORTILLA			No de identificación		98392695				
Nacional de		COLOMBIA			CC						
Dirección		CALLE 16 NO 40 16 B. SANTA ANA			Ciudad:		PASTO				
<b>AUTOR</b>											
Nombres y Apellidos		JUAN PABLO BOTINA CARLOSAMA			No de identificación		1085324872				
Nacional de		COLOMBIA			CC						
Dirección		CRA 4A # 19-73 B/BERNAL			Ciudad:		PASTO				
<b>PRODUCTOR</b>											
Razón Social		UNIVERSIDAD DE NARIÑO			NIT		800118954-1				
Dirección		BRR CIUDAD UNIVERSITARIA TOROE			Ciudad:		PASTO				
<b>2. DATOS DE LA OBRA</b>											
Título Original		TEAM-BE MÓDULO PARA LA FORMACIÓN AUTOMÁTICA DE GRUPOS COLABORATIVOS EN EL ENTORNO COLLECE 2.0									
Año de Creación		2020		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>											
LA HERRAMIENTA DESARROLLADA ES UN MÓDULO PARA EL PLUGIN COLLECE 2.0 QUE PERMITE LA FORMACIÓN AUTOMÁTICA DE GRUPOS Y AUTOMATIZA EL PROCESO DE REGISTRO DE USUARIOS Y LA CREACIÓN DE SESIONES POR CADA GRUPO EN EL SISTEMA JUNTO CON LOS REPOSITORIOS GIT REMOTOS EN LA PLATAFORMA BITBUCKET NECESARIOS PARA CADA UNA. LA VISTA PRINCIPAL DE TEAM-BE HACE PARTE DEL ASISTENTE DE CREACIÓN DE SESIONES.											
<b>4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA</b>											
<b>5. DATOS DEL SOLICITANTE</b>											
Nombres y Apellidos		JUAN PABLO BOTINA CARLOSAMA			No de identificación		1085324872				
Nacional de		COLOMBIA			Medio Radicación		REGISTRO EN LINEA				
Dirección		CRA 4A # 19-73 B/BERNAL			Ciudad		PASTO				
Correo electrónico		JUANPABLOBC498@GMAIL.COM			Teléfono		3147881953				
En representación de		EN NOMBRE PROPIO			Radicación de entrada		1.2020-147602				