

FORMACIÓN DE GRUPOS EN ESCENARIOS DE TRABAJO COLABORATIVO

Un enfoque desde la personalidad y los algoritmos genéticos

OSCAR REVELO SÁNCHEZ
MANUEL ERNESTO BOLAÑOS GONZÁLEZ
JAVIER ALEJANDRO JIMÉNEZ TOLEDO
CÉSAR ALBERTO COLLAZOS ORDOÑEZ



èditorial

Universidad de **Nariño**

FORMACIÓN DE GRUPOS EN ESCENARIOS DE TRABAJO COLABORATIVO

Un enfoque desde la personalidad y los algoritmos genéticos

FORMACIÓN DE GRUPOS EN ESCENARIOS DE TRABAJO COLABORATIVO

Un enfoque desde la personalidad y los algoritmos genéticos

OSCAR REVELO SÁNCHEZ
MANUEL ERNESTO BOLAÑOS GONZÁLEZ
JAVIER ALEJANDRO JIMÉNEZ TOLEDO
CÉSAR ALBERTO COLLAZOS ORDOÑEZ

èditorial
Universidad de **Nariño**

Formación de grupos en escenarios de trabajo colaborativo : un enfoque desde la personalidad y los algoritmos genéticos / Oscar Revelo Sánchez ... [y otros] – San Juan de Pasto : Editorial Universidad de Nariño, 2024

316 páginas : : ilustraciones, tablas, gráficas

Incluye referencias bibliográficas p. 283-299

ISBN: 978-628-7771-05-5 Impreso

ISBN: 978-628-7771-06-2 PDF

1. Algoritmos genéticos 2. Trabajo colaborativo 3. Formación de grupos 4. Personalidad 5. Aprendizaje colaborativo 6. Algoritmos evolutivos 7. Ingeniería de software 8. Modelo Big Five I. Revelo Sánchez, Oscar II. Bolaños González, Manuel Ernesto III. Jiménez Toledo, Javier Alejandro IV. Collazos Ordóñez, César Alberto

005.1 F723 – SCDD-Ed. 22



SECCIÓN DE BIBLIOTECA

FORMACIÓN DE GRUPOS EN ESCENARIOS DE TRABAJO COLABORATIVO

Un enfoque desde la personalidad y los algoritmos genéticos

© Editorial Universidad de Nariño

© Oscar Revelo Sánchez

Manuel Ernesto Bolaños González

Javier Alejandro Jiménez Toledo

César Alberto Collazos Ordoñez

ISBN: 978-628-7771-06-2

Corrección de estilo: Mg. Luz Elida Vera Hernández

Diseño y digramación: David Sebastian Benavides

Fecha de publicación: Diciembre de 2024

San Juan de Pasto -Nariño -Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio o con cualquier propósito, sin la autorización escrita de su autor o de la Editorial Universidad Nariño

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| PRESENTACIÓN ----- | 19 |
| | |
| CAPÍTULO 1. Acerca de la Personalidad----- | 23 |
| | |
| 1.2. Rasgos de Personalidad ----- | 27 |
| 1.3. Medición de la Personalidad----- | 30 |
| 1.3.1. La Entrevista Personal ----- | 30 |
| 1.3.2. La Observación Directa del Comportamiento ----- | 31 |
| 1.3.3. Las Pruebas Objetivas ----- | 32 |
| 1.3.4. Las Pruebas Proyectivas----- | 33 |
| 1.4. El Modelo "Big Five" ----- | 34 |
| 1.5. La Personalidad y los Grupos----- | 39 |
| 1.6. La Personalidad y el Desarrollo de Software----- | 41 |
| | |
| Resumen del Capítulo 1 ----- | 44 |
| | |
| CAPÍTULO 2. El Aprendizaje Colaborativo ----- | 46 |
| | |
| 2.1. Algunas Conceptualizaciones ----- | 47 |
| 2.2. Objetivos del Aprendizaje Colaborativo ----- | 51 |
| 2.3. Beneficios del Aprendizaje Colaborativo----- | 52 |

| | |
|--|----|
| 2.4. Elementos del Aprendizaje Colaborativo----- | 53 |
| 2.5. Principios básicos----- | 54 |
| 2.6. Técnicas de Aprendizaje Colaborativo----- | 58 |
| 2.7. Evaluación del Desempeño Colaborativo----- | 60 |
| 2.8. CSCW (Trabajo Cooperativo Asistido por Computadora) y CSCL (Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadora)----- | 63 |
| | |
| Resumen del Capítulo 2----- | 65 |
| | |
| CAPÍTULO 3. Taxonomía de la formación de grupos----- | 67 |
| | |
| 3.1. Introducción----- | 68 |
| 3.2. Formación de Grupos----- | 69 |
| 3.2.1. Taxonomía de los Atributos en la Formación de Grupos----- | 69 |
| 3.2.2. El Contexto en la Formación de Grupos----- | 77 |
| 3.2.2.1. Tipo de Comunicación----- | 77 |
| 3.2.2.2. Tipo de Formación----- | 80 |
| 3.2.3. Taxonomía de los Atributos Modificada----- | 81 |
| 3.2.4. Taxonomía de las Técnicas de Formación de Grupos----- | 83 |
| 3.3. A Modo de Conclusión----- | 85 |
| | |
| Resumen del Capítulo 3----- | 86 |

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO 4. Algoritmos evolutivos----- | 88 |
| 4.1. Principios y Estructura General----- | 89 |
| 4.2. Componentes de los Algoritmos Evolutivos ----- | 95 |
| 4.2.1. Representación----- | 95 |
| 4.2.2. Población ----- | 96 |
| 4.2.3. Función Objetivo ----- | 97 |
| 4.2.4. Mecanismos de Selección----- | 97 |
| 4.2.5. Operador de Cruce----- | 98 |
| 4.2.6. Operador de Mutación ----- | 99 |
| 4.2.7. Elitismo ----- | 100 |
| 4.3. Principales Paradigmas en el Cómputo Evolutivo ----- | 100 |
| Resumen del Capítulo 4----- | 103 |
| CAPÍTULO 5. El modelo ----- | 105 |
| 5.1. Propuesta Metodológica----- | 106 |
| 5.2. Medición de Rasgos de Personalidad ----- | 107 |
| 5.2.1. El Cuestionario ----- | 107 |
| 5.2.2. Instrucciones de Puntuación----- | 111 |
| 5.2.3. Preparación de los Estudiantes----- | 113 |
| 5.2.4. Aplicación del Cuestionario ----- | 114 |

| | |
|--|-----|
| 5.2.5. Obtención y Tabulación de Resultados----- | 114 |
| 5.2.6. Exportación de Datos----- | 115 |
| 5.3. Formación de grupos----- | 117 |
| 5.3.1. Fundamentación Matemática y Algorítmica de la Propuesta ----- | 120 |
| 5.3.1.1 Generalidades ----- | 120 |
| 5.3.1.2. Representación de los Estudiantes ----- | 121 |
| 5.3.1.3. Representación de los Individuos----- | 124 |
| 5.3.1.4. Medida de Aptitud ----- | 125 |
| 5.3.1.5. Población Inicial y Evolución ----- | 132 |
| 5.3.1.6. Operadores Genéticos ----- | 133 |
| 5.3.1.7. Parámetros del Algoritmo Genético----- | 145 |
| 5.3.1.8. Algoritmo para la Formación de Grupos----- | 146 |
| 5.3.1.9. Complejidad Algorítmica ----- | 150 |
| 5.3.2. Implementación Computacional ----- | 151 |
| 5.3.3. Obtención de Grupos----- | 154 |
| 5.4. Valoración del Desempeño Colaborativo ----- | 155 |
| | |
| Resumen del Capítulo 5----- | 157 |
| | |
| CAPÍTULO 6. Resultados----- | 159 |
| | |
| 6.1. Diseño Experimental ----- | 161 |
| 6.2. Sesión de Clase----- | 163 |

| | |
|---|-----|
| 6.3. Caracterización de los Grupos de Experimentación ----- | 167 |
| 6.4. Resultados BFI ----- | 171 |
| 6.5. Resultados del Algoritmo ----- | 173 |
| 6.5.1. Configuración del Algoritmo ----- | 173 |
| 6.5.2. Tamaño de la Población y Número de Generaciones----- | 174 |
| 6.5.3. Formación de los Grupos ----- | 176 |
| 6.6. Resultados del Experimento----- | 182 |
| 6.6.1. Procesamiento de la Escala de Likert ----- | 183 |
| 6.6.2. Evaluación del Desempeño Colaborativo - Fase 1 ----- | 184 |
| 6.6.2.1. Contraste Estadístico General ----- | 186 |
| 6.6.2.2. Contrastes Estadísticos por Procesos Operativos----- | 193 |
| 6.6.3. Evaluación del Desempeño Colaborativo - Fase 2 ----- | 208 |
| 6.6.3.1. Contraste Estadístico General ----- | 211 |
| 6.6.3.2. Contrastes Estadísticos por Procesos Operativos----- | 224 |
| 6.6.4. Evaluación del desempeño académico - Fase 2 ----- | 235 |
| 6.7. Validez del Experimento ----- | 241 |
| 6.7.1. Validez del Constructo----- | 242 |
| 6.7.2. Validez Interna ----- | 243 |
| 6.7.3. Validez Externa----- | 243 |
| | |
| Resumen del Capítulo 6----- | 245 |

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO 7. Conclusiones y trabajos futuros----- | 247 |
| 7.1. Conclusiones----- | 248 |
| 7.2. Trabajos Futuros----- | 255 |
| Resumen del Capítulo 7----- | 257 |
| Referencias----- | 259 |
| Apéndice----- | 276 |
| Apéndice A. Formato de consentimiento informado----- | 276 |
| Apéndice B. Recursos BFI para MOODLE™----- | 276 |
| Apéndice C. Complemento M-Group para MOODLE™----- | 278 |
| Apéndice D. Reporte de formación de grupos - complemento MGroup para MOODLE™----- | 279 |
| Apéndice E. Cuestionario para valorar desempeño colaborativo----- | 280 |
| Apéndice F. Escala de valoración para los procesos operativos----- | 282 |
| Apéndice G. Implementación del cuestionario de desempeño colaborativo en MOODLE™----- | 285 |
| Índice Analítico----- | 287 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. Instrumentos más empleados para medir los Cinco Grandes ----- | 37 |
| Tabla 2. Conceptualizaciones de Trabajo Colaborativo ----- | 48 |
| Tabla 3. Categorías de técnicas de aprendizaje colaborativo TAC ----- | 59 |
| Tabla 4. Estudios sobre evaluación de la colaboración en la última década----- | 61 |
| Tabla 5. Clasificación general de las herramientas de comunicación----- | 78 |
| Tabla 6. Terminología utilizada en Algoritmos Evolutivos (Ruiz y Páez, 2004) -- | 94 |
| Tabla 7. Ítems del BFI organizados por dimensión ----- | 109 |
| Tabla 8. Puntuaciones BFI para Individuo A ----- | 112 |
| Tabla 9. Puntuaciones BFI para Individuo a Recodificadas ----- | 112 |
| Tabla 10. Obtención de puntuaciones para cada dimensión----- | 113 |
| Tabla 11. Tabulación sugerida de resultados ----- | 115 |
| Tabla 12. Representación de un conjunto total de estudiantes ----- | 123 |
| Tabla 13. Representación de un individuo ----- | 125 |
| Tabla 14. Estudiantes de ejemplo ----- | 128 |
| Tabla 15. Valores escalados ----- | 129 |
| Tabla 16. Individuos de ejemplo ----- | 129 |
| Tabla 17. Población de ejemplo ----- | 135 |
| Tabla 18. Cálculo de probabilidades de selección ----- | 135 |
| Tabla 19. Cálculo de probabilidades acumuladas ----- | 136 |
| Tabla 20. Cálculo de valores normalizados ----- | 139 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 21. Cálculo de probabilidades de selección (minimización) ----- | 140 |
| Tabla 22. Cálculo de probabilidades acumuladas (minimización) ----- | 140 |
| Tabla 23. Ejemplo del Operador C1 ----- | 143 |
| Tabla 24. Acciones para apoyar una temática de clase ----- | 166 |
| Tabla 25. Cursos por Institución y Programa ----- | 167 |
| Tabla 26. Caracterización de los grupos de experimentación ----- | 170 |
| Tabla 27. Resultados del BFI en Ingeniería de Software aplicada ----- | 171 |
| Tabla 28. Resumen de los resultados de la ejecución del algoritmo ----- | 175 |
| Tabla 29. Formación de grupos ----- | 176 |
| Tabla 30. Valores escalados y cálculo de $\overline{X_{g,C}}$ ----- | 178 |
| Tabla 31. Resumen del cálculo de IMG ----- | 181 |
| Tabla 32. Cálculo de diferencias al cuadrado ----- | 182 |
| Tabla 33. α de Cronbach por proceso operativo ----- | 185 |
| Tabla 34. Prueba U para agrupamiento homogéneo vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes ----- | 188 |
| Tabla 35. Prueba U para agrupamiento heterogéneo vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes ----- | 189 |
| Tabla 36. Prueba U para agrupamiento mixto (C) vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes ----- | 190 |
| Tabla 37. Prueba U para agrupamiento mixto (O) vs agrupamiento por preferencia de los estudiantes ----- | 191 |
| Tabla 38. Prueba U para agrupamiento mixto (N) vs agrupamiento | |

| | |
|---|-----|
| por preferencia de los estudiantes ----- | 191 |
| Tabla 39. Descriptivos generales de las puntuaciones de los estudiantes sobre los procesos operativos (Fase 1),----- | 194 |
| Tabla 40. Puntuaciones medias de los grupos de experimentación por tipo de formación----- | 195 |
| Tabla 41. Pruebas U para agrupamiento homogéneo versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes ----- | 197 |
| Tabla 42. Pruebas U para agrupamiento heterogéneo versus ----- agrupamiento por preferencia de los estudiantes----- | 199 |
| Tabla 43. Pruebas U para agrupamiento mixto (C) versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes ----- | 201 |
| Tabla 44. Pruebas U para agrupamiento mixto (O) versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes ----- | 203 |
| Tabla 45. Pruebas U para agrupamiento mixto (N) versus agrupamiento por preferencia de los estudiantes ----- | 204 |
| Tabla 46. α de Cronbach por proceso operativo para la pre-prueba ----- | 209 |
| Tabla 47. α de Cronbach por proceso operativo para la post-prueba ----- | 209 |
| Tabla 48. Prueba U para Programación de Computadores (desempeño colaborativo)----- | 213 |
| Tabla 49. Prueba U para Software Gráfico (desempeño colaborativo)----- | 214 |
| Tabla 50. Prueba U para Fundamentos de Programación I (desempeño colaborativo)----- | 214 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 51. Prueba U para Sistemas Operativos I (desempeño colaborativo) ----- | 215 |
| Tabla 52. Prueba U para Programación de Computadores (pre-prueba versus post-prueba)----- | 219 |
| Tabla 53. Prueba U para Software Gráfico (pre-prueba versus post-prueba)--- | 220 |
| Tabla 54. Prueba U para Fundamentos de Programación I (pre-prueba versus post-prueba)----- | 221 |
| Tabla 55. Prueba U para Sistemas Operativos I (pre-prueba versus post-prueba)----- | 222 |
| Tabla 56. Descriptivos generales de las puntuaciones de los estudiantes sobre los procesos operativos (Fase 2)----- | 225 |
| Tabla 57. Puntuaciones medias de los grupos de experimentación por curso-- | 226 |
| Tabla 58. Pruebas U para Programación de Computadores (desempeño colaborativo)----- | 228 |
| Tabla 59. Pruebas U para Software Gráfico (desempeño colaborativo)----- | 229 |
| Tabla 60. Pruebas U para Fundamentos de Programación I (desempeño colaborativo)----- | 231 |
| Tabla 61. Pruebas U para Sistemas Operativos I (desempeño colaborativo) ---- | 233 |
| Tabla 62. Prueba U para Programación de Computadores (notas) ----- | 238 |
| Tabla 63. Prueba U para Software Gráfico (notas)----- | 239 |
| Tabla 64. Prueba U para Fundamentos de Programación I (notas)----- | 240 |
| Tabla 65. Prueba U para Sistemas Operativos I (notas)----- | 240 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Taxonomía de los atributos en la formación de grupos (Maqtary et al., 2019)----- | 70 |
| Figura 2. Complemento a la taxonomía de Maqtary et al. (2019) en la categoría de Atributos de los integrantes----- | 73 |
| Figura 3. Complemento a la taxonomía de Maqtary et al. (2019) en la categoría de Atributos del grupo ----- | 76 |
| Figura 4. Taxonomía de los atributos en la formación de grupos modificada (Adaptado de Maqtary et al., 2019) ----- | 82 |
| Figura 5. Taxonomía de las técnicas de formación de grupos (Cruz y Isotani, 2014)----- | 84 |
| Figura 6. Estructura general del proceso evolutivo(D. E. Goldberg, 1989) - | 91 |
| Figura 7. Representación del genotipo y fenotipo ----- | 95 |
| Figura 8. Representación binaria (a), real (b) y entera (c)----- | 96 |
| Figura 9. Cruce de dos puntos----- | 99 |
| Figura 10. Mutación con $p = 0.25$ ----- | 100 |
| Figura 11. Esquema Metodológico----- | 107 |
| Figura 12. Spanish Big Five Inventory (Benet-Martínez y John, 1998) ----- | 108 |

| | |
|---|-----|
| Figura 13. Muestra del archivo de texto plano ----- | 116 |
| Figura 14. Representación de dos estudiantes ----- | 122 |
| Figura 15. Representación de los resultados ----- | 131 |
| Figura 16. Representación del método de la ruleta----- | 137 |
| Figura 17. Representación del método de la ruleta (Minimización) ----- | 141 |
| Figura 18. Operador C1 modificado----- | 143 |
| Figura 19. Flujo principal del proceso de formación de grupos de estudiantes (Adaptado de Krouska y Virvou (2020)) ----- | 149 |
| Figura 20. Diagrama de clases de la librería TEAM-B v2.2 ----- | 153 |
| Figura 21. Procesos operativos del desempeño colaborativo----- | 155 |
| Figura 22. Ejemplo de una huella para un grupo de trabajo ----- | 156 |
| Figura 23. Diseño experimental ----- | 161 |
| Figura 24. Diagrama de actividades para una sesión de clase ----- | 163 |
| Figura 25. Contraste de grupos experimentales versus grupo de control- | 187 |
| Figura 26. Puntuaciones generales de los estudiantes expresadas en porcentajes (Fase 1) ----- | 195 |
| Figura 27. Huella del agrupamiento homogéneo versus grupo de control- | 197 |
| Figura 28. Huella del agrupamiento heterogéneo versus grupo de control- | 199 |

| | |
|---|-----|
| Figura 29. Huella del agrupamiento mixto (C) versus grupo de control -- | 201 |
| Figura 30. Huella del agrupamiento mixto (O) versus grupo de control -- | 202 |
| Figura 31. Huella del agrupamiento mixto (N) versus grupo de control--- | 204 |
| Figura 32. Contraste de grupos experimentales versus grupos de control- | 212 |
| Figura 33. Contraste de grupos experimentales ----- | 217 |
| Figura 34. Contraste de grupos de control ----- | 218 |
| Figura 35. Puntuaciones generales de los estudiantes expresadas en porcentajes (Fase 2)----- | 225 |
| Figura 36. Huella de contraste en Programación de Computadores ----- | 227 |
| Figura 37. Huella de contraste en Software Gráfico ----- | 229 |
| Figura 38. Huella de contraste en Fundamentos de Programación I ----- | 231 |
| Figura 39. Huella de contraste en Sistemas Operativos I----- | 232 |
| Figura 40. Contraste de notas de grupos experimentales versus grupo de control ----- | 237 |

PRESENTACIÓN

Los grupos son una estructura social esencial, no solo fuera del ámbito académico. Se forman y transforman con variados propósitos: desde reuniones sociales hasta coordinaciones laborales o comisiones por intereses cívicos compartidos. A pesar de que en el contexto académico la formación de grupos ocurre con facilidad y por diversos motivos, su establecimiento en el aula puede resultar complicado y forzado. No obstante, para el éxito del aprendizaje colaborativo, es crucial la creación de equipos grupos efectivos.

Este trabajo divulga los hallazgos de una investigación dedicada a desarrollar un modelo para la formación de equipos grupos en contextos de aprendizaje colaborativo, fundamentado en los rasgos de personalidad. Utiliza el "Big Five Inventory", un cuestionario estandarizado basado en el modelo de los Cinco Grandes, para medir la personalidad de los participantes. Dada la naturaleza combinatoria de la formación de grupos, que considera múltiples variables, se optó por los algoritmos evolutivos como técnica de optimización.

El modelo se validó con estudiantes de universidades en Colombia, Argentina y España, durante los semestres B-2019, A-2020 y B-2020, en cursos de Programación o similares e Ingeniería de Software. Se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos en actividades evaluativas, empleando pruebas estadísticas para medir el desempeño colaborativo y el aprendizaje alcanzado por los estudiantes.

El documento se estructura de la siguiente manera: los capítulos uno a cuatro abordan el marco conceptual de la investigación, cubriendo temas de personalidad, aprendizaje colaborativo, formación de equipos grupos y algoritmos evolutivos. El quinto capítulo detalla la metodología propuesta para la creación de equiposgrupos, basada en la personalidad. El sexto capítulo muestra los resultados, comparaciones y análisis estadísticos de la metodología aplicada. El séptimo capítulo presenta conclusiones y líneas futuras de investigación. Al final, se incluyen las referencias bibliográficas.

Se considera imperativo importante para la enseñanza de la Programación y la Ingeniería de Software, incorporar estrategias didácticas que sitúen al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje, fomentando la autoformación en un entorno colaborativo que potencie las habilidades de estudio y de trabajo en equipo. Este documento aspira a contribuir a este fin.

La obra está dirigida a un público compuesto principalmente por académicos, investigadores y profesionales del ámbito educativo y de la Ingeniería de Software. Aunque su contenido es técnico y especializado, abarcando el uso de algoritmos evolutivos y la medición de rasgos de personalidad mediante el 'Big Five Inventory', se emplea un lenguaje accesible para facilitar su comprensión. Este enfoque permite que no solo los expertos, sino también aquellos con menos experiencia en estos temas puedan beneficiarse del conocimiento y las metodologías presentadas. Está pensado para aquellos interesados en técnicas avanzadas de formación de grupos y en la optimización del aprendizaje colaborativo.

También puede atraer a estudiantes de posgrado y a profesores interesados en implementar estrategias pedagógicas innovadoras. Al abordar temas como la medición de la personalidad, el aprendizaje colaborativo y la formación efectiva de grupos en contextos educativos, ofrece herramientas y conocimientos valiosos para mejorar la dinámica y el rendimiento de los equipos de trabajo. La validación del modelo en escenarios académicos reales y la inclusión de análisis estadísticos rigurosos refuerzan su utilidad para aquellos que desean aplicar métodos científicos en la mejora de la enseñanza y el aprendizaje colaborativo.

Finalmente, la génesis de esta obra se encuentra en el trabajo doctoral titulado "Modelo de formación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo basada en rasgos de la personalidad para la enseñanza de la programación", el cual constituyó un punto de partida primordial para la exploración exhaustiva del tema central. Esta obra representa una evolución natural y una expansión significativa de las ideas y conclusiones desarrolladas en la investigación inicial. A lo largo de estas páginas, hemos tenido la oportunidad de profundizar en aspectos previamente esbozados, al tiempo que se han incorporado nuevas perspectivas, análisis y evidencia empírica que enriquecen y amplían el corpus académico sobre el tema.

CAPÍTULO 1.

Acerca de la Personalidad

Este capítulo aborda fundamentos esenciales sobre la personalidad y los rasgos característicos desde una óptica psicológica, examinando cómo la personalidad incide en la formación y eficacia de los grupos, y su influencia en las actividades de desarrollo de software.

1.1. Elementos Fundamentales sobre la Personalidad

La vasta diversidad de enfoques sobre la personalidad subraya su significancia para las diferentes corrientes psicológicas, especialmente porque, a lo largo de cada época histórica, este concepto ha sido objeto de estudio y, por ende, ha logrado una descripción más precisa. La importancia teórica otorgada a la personalidad a través de la historia, reflejada en las manifestaciones humanas, ha convertido a este constructo en objeto de debate, principalmente porque aún no se han establecido criterios universales para la identificación de perfiles de personalidad (Montaño-Sinisterra et al., 2009).

Numerosas son las definiciones de personalidad propuestas por distintos psicólogos, que generalmente engloban los componentes esenciales que forman la teoría del constructo (Montaño-Sinisterra et al., 2009). No obstante, la búsqueda de una definición consensuada parece inalcanzable, y el consenso sigue eludiendo al campo psicológico. Aunque un análisis exhaustivo sobre las terminologías y definiciones conceptuales excede el propósito de este texto, es imprescindible presentar algunos conceptos fundamentales como guía.

Ahora bien, Montaño-Sinisterra et al. (2009) resaltan la complejidad de unificar el concepto de personalidad debido a la variedad de criterios, categorías y definiciones que emergen desde perspectivas teóricas distintas, lo cual refleja la necesidad de coherencia entre las teorías de personalidad y el marco teórico de su origen. Así, el estudio de la personalidad se ha enriquecido con una amplia gama de tradiciones teóricas en psicología, estructuradas alrededor de siete perspectivas principales: disposicional, biológica, psicoanalítica, neo-analítica, de aprendizaje, fenomenológica y de autorregulación cognitiva (Carver y Scheier, 2016). Este documento se enfoca en la perspectiva disposicional, particularmente en la teoría de rasgos y tipos, prevalente tanto en psicología organizacional (Anderson et al., 2001) como en estudios de personalidad en las ciencias de la computación.

La personalidad se concibe generalmente como una organización dinámica de sistemas psicofísicos dentro del individuo que determina patrones únicos de comportamiento, pensamiento y emociones. Ryckman (2014) define la personalidad como "el conjunto dinámico y organizado de características de

una persona que influye de manera única en sus cogniciones, motivaciones y comportamientos en diversas situaciones". Esta definición distingue la personalidad de otros constructos, como cognición, motivación y comportamiento, no centrales en este estudio.

Vidales (2005) y Allport (1985) presentan visiones complementarias de la personalidad, la primera como una organización de tendencias reactivas, hábitos y cualidades físicas que determinan la efectividad social del individuo; la segunda, como un sistema de ajustes habituales entre impulsos internos y demandas ambientales; y la tercera, como un conjunto integrado de actitudes y tendencias conductuales.

Asimismo, Allport (1985) considera que la personalidad emerge del desarrollo individual influenciado por factores ambientales, biológicos y sociales, los cuales explican, modulan y mantienen el comportamiento.

Los términos temperamento y carácter son fundamentales en el estudio de la personalidad. Según Allport (1985), el temperamento se refiere a aspectos emocionales, posiblemente innatos, que provocan reacciones intensas y rápidas ante el entorno. El carácter, por otro lado, representa la estructura moral del individuo, influenciada por experiencias personales y diversos factores externos. Lluís (2002) argumenta que el carácter regula, modifica y autorregula la conducta para satisfacer las demandas ambientales. Así, el carácter se forma por la acumulación de experiencias, interacciones y circunstancias, variando según la interpretación individual de la realidad (Montaño-Sinisterra et al., 2009).

1.2. Rasgos de Personalidad

Allport (1985) define el rasgo como la unidad básica de la personalidad, considerándolo una característica de estabilidad relativa que predispone a las personas a actuar de determinada manera. La teoría de los rasgos constituye una de las principales corrientes teóricas en el estudio de la personalidad, planteando que la personalidad individual se construye a partir de una amplia gama de factores.

Esta teoría, a diferencia de otras como las psicoanalíticas o las humanísticas, enfatiza las diferencias individuales. Según esta perspectiva, la personalidad de cada persona resulta de la combinación e interacción de distintos rasgos. La identificación y medición de estas características personales son el foco de la teoría de los rasgos (Simkin y Azzollini, 2015).

Los exponentes más destacados en el desarrollo de esta teoría incluyen a (Cloninger, 2003):

Teoría de los Rasgos de Gordon Allport

Gordon Allport, en 1936, identificó más de 4,000 palabras en un diccionario de inglés que describen distintos rasgos de personalidad. Los clasificó en tres categorías (D. P. Schultz y Schultz, 2010):

-Rasgos Cardinales: Rasgos dominantes que definen la conducta de una persona a lo largo de su vida, hasta el punto de ser identificada por estos.

Estos rasgos, como el narcisismo o el ser un "Don Juan", son tan característicos que la persona se convierte en sinónimo de ellos.

-Rasgos Centrales: Son características generales que constituyen la base de la personalidad. Aunque no tan predominantes como los cardinales, describen aspectos fundamentales de muchas personas, por ejemplo, ser inteligente, honesto, tímido o ansioso.

-Rasgos Secundarios: Corresponden a rasgos que se manifiestan en actitudes o preferencias y suelen aparecer en situaciones específicas o bajo ciertas circunstancias. Ejemplos de estos incluyen nerviosismo al hablar en público, impaciencia al esperar o gustos particulares.

Los Dieciséis Tipos de Personalidad de Raymond Cattell

La teoría de Raymond Cattell (Cattell et al., 2011) simplifica la extensa lista inicial de más de 4.000 rasgos de personalidad de Allport a 171, eliminando características poco frecuentes y agrupando las más comunes. Posteriormente, mediante un análisis factorial, técnica estadística que identifica términos estrechamente vinculados, Cattell redujo su listado a 16 rasgos esenciales 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, estos rasgos constituyen el núcleo de la personalidad humana.

Las Tres Dimensiones de la Personalidad de Eysenck

Hans Eysenck, psicólogo británico (Schmidt et al., 2010), propuso un modelo de personalidad basado en tres dimensiones fundamentales:

•**Introversión/Extraversión:** La introversión se caracteriza por enfocarse en las experiencias internas, mientras que la extraversión se orienta hacia el mundo exterior, incluyendo a las personas y el entorno. Por tanto, una persona introvertida tiende a ser calmada y reservada, mientras que una extravertida, sociable y abierta.

•**Neuroticismo/Estabilidad Emocional:** Esta dimensión contrasta la tendencia a la inestabilidad emocional (neuroticismo) con la capacidad de mantener una estabilidad emocional. Las personas con alto neuroticismo pueden experimentar fluctuaciones emocionales significativas, a diferencia de aquellas que se caracterizan por su estabilidad emocional.

•**Psicoticismo:** Eysenck introdujo el psicoticismo tras observar a individuos con trastornos mentales, identificándolo como una dimensión que refleja la dificultad para adaptarse a la realidad. Las personas con altos niveles de psicoticismo pueden presentar comportamientos antisociales, hostilidad, falta de empatía y tendencias manipuladoras.

La Teoría de los Cinco Factores de Personalidad

Las teorías de Eysenck y Cattell han inspirado extensas investigaciones, llevando a algunos teóricos a opinar que Cattell identificó demasiados rasgos, mientras que Eysenck, muy pocos. De esta reflexión emergió la teoría del "Big Five" (Cloninger, 2003), un modelo que identifica cinco dimensiones clave de la personalidad: Extraversión, Agradabilidad, Escrupulosidad, Neuroticismo y Apertura a la experiencia. Aunque las etiquetas pueden variar, estos cinco rasgos fundamentales interactúan para configurar la personalidad humana.

1.3. Medición de la Personalidad

Con el creciente interés en comprender la personalidad como un medio para explicar el comportamiento humano, ha surgido la necesidad de desarrollar herramientas de medición que evalúen las características individuales y determinen un perfil de personalidad. Este proceso de evaluación abarca los diversos componentes que conforman la personalidad. Según Aliaga-Muñoz (2017), en el desafío de medir la personalidad, los psicólogos emplean cuatro técnicas principales: entrevistas personales, observación directa del comportamiento, test objetivos y test proyectivos.

1.3.1. La Entrevista Personal

Una entrevista se define como una conversación con un objetivo específico: recabar información del entrevistado. Hay dos modalidades de entrevista: la no estructurada, que permite al entrevistador formular cualquier pregunta

que surja y profundizar con preguntas adicionales cuando sea necesario. Idealmente, el entrevistador busca abordar una amplia gama de temas, alentando al entrevistado a compartir abiertamente sus experiencias, sentimientos y actitudes. La modalidad estructurada establece de antemano el orden y contenido de las preguntas, manteniendo al entrevistador dentro de un formato predeterminado. Para investigaciones sistemáticas de la personalidad, se prefiere la entrevista estructurada (Lotito-Catino, 2016).

La entrevista suele emplearse junto con otras técnicas o como complemento de estas. Permite al entrevistador recoger información precisa, sirviendo tanto de apoyo a otras evaluaciones psicotécnicas como de herramienta única, aplicable en cualquier etapa de un proceso de selección.

1.3.2. La Observación Directa del Comportamiento

Observar directamente cómo se comporta una persona en determinadas situaciones ofrece valiosas pistas sobre su personalidad. Este método permite explorar el impacto del entorno en la personalidad. Sin embargo, la presencia de un observador puede alterar el comportamiento del sujeto, complicando la interpretación de los resultados (López y Torres, 1991).

La observación se beneficia de su combinación con entrevistas y/o evaluaciones psicológicas, adaptando sus objetivos a los de estas otras herramientas. Durante una entrevista, la observación se enfoca en registrar reacciones ante estímulos específicos, proporcionando evaluaciones de procesos psicológicos como la memoria, orientación, atención, pensamiento,

lenguaje, gestos, expresiones faciales, postura y movimiento. Estos datos, junto con la apariencia general, guían las hipótesis del observador.

En evaluaciones psicológicas, la observación se planifica en tres fases: antes, durante y después de la prueba, con especial atención al registro durante pruebas de inteligencia y el uso de técnicas proyectivas.

1.3.3. Las Pruebas Objetivas

Las pruebas objetivas, también conocidas como inventarios, son cuestionarios estandarizados que suelen adoptar formatos de verdadero/falso o selección múltiple. Estos instrumentos exploran una amplia gama de aspectos de la personalidad, incluyendo valores, necesidades, intereses, autoestima, dificultades emocionales y estrategias habituales ante diversas situaciones. La adopción de estas pruebas psicométricas ha facilitado a los psicólogos la identificación de cientos de rasgos de la personalidad (Hogan, 2015).

Se las considera más fiables y válidas que las pruebas proyectivas y son más sencillas de aplicar. Esto podría sugerir equivocadamente que pueden ser manejadas por personas sin formación especializada en psicología o psicometría. Sin embargo, McDonald y Edwards (2007) advierten que la interpretación de los resultados y el análisis de sus consecuencias prácticas requieren de un profesional capacitado.

Entre las pruebas objetivas se encuentran (González-Llaneza, 2007): el Inventario de Personalidad para Adolescentes de Millon (MAPI), el Inventario

Clínico Multiaxial de Millon Tercera Edición (MCMI-III), el Inventario Multifásico de Personalidad de Minnesota para Adolescentes (MMPI-A), la Forma Reestructurada de la Segunda Edición del Inventario Multifásico de Personalidad de Minnesota (MMPI-2 RF), el Inventario de Personalidad NEO Revisado (NEO-PI-R), el Cuestionario de Factores de Personalidad (16PF-5) y el Cuestionario de los Cinco Grandes (BFQ), entre otros.

1.3.4. Las Pruebas Proyectivas

Las pruebas proyectivas invitan a los participantes a revelar sus sentimientos y fantasías. Están fundamentadas en la idea de que la personalidad se configura a partir de deseos reprimidos y conflictos inconscientes. Existen diversas pruebas proyectivas que pueden solicitar al examinado asociar palabras, realizar dibujos o copiar patrones.

El Test de Rorschach (Aracena, 1967) es una de las herramientas proyectivas más emblemáticas, compuesta por 10 láminas con manchas de tinta. A los participantes se les pide que describan qué imágenes ven en las manchas, presentadas una por una y en un orden específico. Otras pruebas de esta categoría incluyen 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.

1.4. El Modelo "Big Five"

Actualmente, existen múltiples modelos y teorías sobre la personalidad que proporcionan distintas perspectivas para su estudio. Entre estos, se destacan los Tipos Psicológicos de Carl Jung (Jung, 2017), la Teoría de los Tipos de Personalidad de Keirsey (Keirsey, 2006), el Modelo de los "Cinco Grandes" Factores de la Personalidad (Costa y McCrae, 1992) y el Indicador de Tipo Myers-Briggs (MBTI) (Quenk, 2009), entre otros.

Para este estudio, se seleccionó el modelo "Big Five" o "Modelo de Cinco Factores (FFM)", dado su amplio reconocimiento y utilización en el campo de la Psicología (Aguilar et al., 2007; Mount y Barrick, 1998). Este modelo jerárquico identifica cinco dimensiones fundamentales de la personalidad, cada una representando rasgos a un nivel de abstracción superior. Tradicionalmente, estas dimensiones son (Soto et al., 2015):

E (Extraversion - Extraversión): Representa una actitud activa y dinámica hacia el entorno social, incluyendo sociabilidad, asertividad, actividad y emociones positivas. Las personas extrovertidas se caracterizan por su sociabilidad, numerosas amistades, preferencia por la compañía, impulsividad, afición por la aventura, sentido del humor, variabilidad y un fuerte vínculo con el exterior. Se muestran entusiastas, enérgicas, asertivas, comunicativas y buscan captar la atención. En contraste, los introvertidos prefieren la soledad, son más cautelosos, reflexivos, planificadores, ordenados, calmados, reservados y selectivos en sus relaciones.

A (Agreeableness - Agradabilidad): Esta dimensión se asocia con comportamientos prosociales y altruistas, reflejando la tendencia a la amabilidad, cooperación y armonía social. Las personas con altos niveles de agradabilidad son empáticas, consideradas, generosas, amables y serviciales, y tienden a tener una percepción positiva de los demás. Aquellos con puntuaciones bajas muestran menor empatía, disposición a ayudar y son más escépticos, desconfiados y competitivos. Las puntuaciones muy bajas pueden indicar tendencias manipuladoras y antisociales.

C (Conscientiousness - Meticulosidad): Esta dimensión alude a la habilidad de regular los impulsos, evidenciando autodisciplina y organización, así como las competencias necesarias para ejecutar acciones dirigidas hacia objetivos específicos. Incluye la capacidad de reflexionar antes de actuar, posponer recompensas, seguir normas, planificar y priorizar. Las personas con altas puntuaciones en meticulosidad se caracterizan por ser laboriosas, puntuales y confiables, mostrando una mayor tendencia a la organización y el orden tanto en su ámbito laboral como personal, y suelen utilizar agendas o listas de tareas. En contraste, aquellos con puntuaciones bajas tienden a ser impulsivos, menos orientados al logro y más relajados, enfrentando dificultades para motivarse hacia el cumplimiento de metas.

N (Neuroticism - Neuroticismo): El neuroticismo refleja una baja tolerancia a la frustración o estrés, manifestándose en dificultades para adaptarse a condiciones de vida menos ideales. Frente a los contratiempos, estas personas experimentan emociones negativas intensas, como ansiedad, tristeza, ira o culpa. Aquellos con alta estabilidad emocional, por otro lado,

gestionan mejor sus emociones y no se alteran fácilmente ante adversidades, manteniendo una mayor serenidad y ausencia de síntomas neuróticos. Son individuos emocionalmente maduros y estables, capaces de regular sus emociones, planificar su vida, resistir impulsos y actuar de manera flexible pero controlada.

O (Openness - Apertura): Esta faceta describe la apertura a nuevas experiencias, originalidad, creatividad, imaginación y curiosidad intelectual. Quienes puntúan alto en apertura poseen mentes flexibles y abiertas, prefieren lo no convencional y muestran una amplia gama de intereses. Están igualmente intrigados por su mundo interior y el exterior. Las personas con bajas puntuaciones tienden a ser más cerradas y rígidas en su pensamiento, optando por lo directo y simple en lugar de lo sutil y complejo. Se inclinan más hacia lo convencional y son resistentes al cambio, mostrando una preferencia por lo familiar frente a lo novedoso, y generalmente tienen un interés limitado en el arte, prefiriendo la rutina y empleando menos la fantasía o imaginación.

La interacción de los valores en las diversas dimensiones de personalidad da lugar a tipos únicos, cada uno con su propia inclinación hacia ciertas maneras de comportarse, interactuar, reaccionar y razonar. Asimismo, cada tipo de personalidad muestra preferencias distintas al momento de ejecutar tareas o al trabajar con diferentes grupos de personas. Por ello, el propósito del análisis de personalidad radica en identificar las competencias para maximizar su uso, así como reconocer las posibles debilidades para buscar un equilibrio con las fortalezas de otros individuos.

Considerando que el modelo de los Cinco Grandes se enfoca únicamente en describir la personalidad, los especialistas han creado variados instrumentos de evaluación, tales como pruebas y cuestionarios, destinados a medir cada uno de los cinco factores o dimensiones en los sujetos. A continuación, en la Tabla 1, se ofrece un resumen de los instrumentos más utilizados.

Tabla 1. Instrumentos más empleados para medir los Cinco Grandes

| Instrumento | Descripción |
|-------------------------------------|---|
| NEO-PI-R (Costa y McCrae, 1992) | Revised NEO Personality Inventory. 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 McRae y Costa, consta de 240 frases en las que el individuo que lo está realizando debe indicar si está de acuerdo o no, mediante una escala del 1 al 5. A través de estas frases se puede centrar la atención en las diferencias individuales obteniendo 35 puntuaciones diferentes. |
| 16PF-5 (Cattell et al, 2011) | Sixteen Personality Factor Questionnaire. 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. |
| BFQ (Caprara et al, 1993) | Big Five Questionnaire. 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. |
| BFQ-C (Barbaranelli et al, 2003) | Children Big Five Questionnaire. 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. |

| | |
|--------------------------------------|--|
| TDA-100 (L. R. Goldberg, 1992) | Trait Descriptive Adjectives. 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 para evaluar, a través de un conjunto de ítems, estos mismos factores además de otras diferencias individuales. |
| BFI (John et al, 1991) | Big Five Inventory. 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. |
| HPI (R. Hogan y Hogan, 2007) | Hogan Personality Inventory. 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. |
| FFPI (Hendriks et al, 1999) | Five-Factor Personality Inventory. 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. |

1. International Personality Item Pool.

1.5. La Personalidad y los Grupos

La Psicología se interesa por comprender las diversas tipologías de personalidad y su impacto en las fortalezas, cualidades, capacidad de comunicación y habilidad para establecer relaciones en equipos (Jung, 2017). Numerosos estudios han abordado cómo la combinación de personalidades en grupos de trabajo afecta el rendimiento grupal, la predisposición hacia ciertas tareas en función del tipo de personalidad, entre otros aspectos.

En contextos de trabajo en equipo, la relevancia de este análisis se acentúa debido a que la coordinación, cooperación y minimización de conflictos internos son esenciales para el óptimo desempeño del grupo. Factores como la personalidad influyen en el liderazgo, la comunicación, la heterogeneidad y cohesión de los miembros. Asimismo, puede explicar por qué personas en un mismo entorno reaccionan de manera diferente ante situaciones específicas, afectando la asignación de roles laborales.

La teoría de la atracción por similitud (Byrne, 1971) sugiere que los grupos con miembros de personalidades similares tienden a experimentar un mayor bienestar debido a la afinidad percibida entre sí. No obstante, podría ser la variabilidad de un rasgo de personalidad en el grupo, más que su homogeneidad o heterogeneidad, lo que realmente impacta su desempeño (Homan et al., 2008). Por ejemplo, un grupo integrado por miembros altamente meticulosos podría superar a uno cuyos integrantes sean menos meticulosos, incluso si ambos grupos presentan niveles similares de homogeneidad. Esto se debe a que la composición de la personalidad del grupo puede resultar

en un ajuste suplementario (un nivel medio más elevado de un rasgo de personalidad vinculado a un mejor rendimiento grupal) o complementario (la presencia de miembros con niveles específicos de un rasgo de personalidad puede beneficiar al equipo al compensar deficiencias competenciales en el grupo (Humphrey et al., 2007).

Determinar la composición de personalidad en un grupo es crucial para predecir su impacto en el rendimiento. Halfhill et al. (2005) describen tres métodos para esta operacionalización:

•**Media del Grupo:** Consiste en calcular el promedio del grupo para un rasgo de personalidad específico, asumiendo que un mayor porcentaje de miembros con puntuaciones altas en un rasgo mejora el desempeño, indicando un ajuste suplementario.

•**Variabilidad:** Evalúa la dispersión de los rasgos de personalidad individuales dentro del grupo, sugiriendo que la variabilidad se asocia con el rendimiento grupal, lo que indica un ajuste complementario.

•**Puntuaciones Extremas:** Se enfoca en los valores mínimos y/o máximos, útiles para valorar los efectos del miembro "mejor" o "peor" en el rendimiento del grupo.

La naturaleza de la tarea puede dictar la composición óptima de personalidades en un grupo (van Vianen y De Dreu, 2001). Además del promedio de un rasgo de personalidad en el grupo, otros factores como el mínimo, el máximo y la varianza también pueden afectar el rendimiento grupal. Por ejemplo, un alto nivel de extraversión predice un buen desempeño individual en tareas

de interacción social; sin embargo, un grupo demasiado extrovertido puede enfrentar desafíos en tareas que exigen toma de decisiones y responsabilidades (Barry y Stewart, 1997).

1.6. La Personalidad y el Desarrollo de Software

La relación entre la personalidad de los programadores e ingenieros de software con sus tareas individuales y el trabajo en equipo ha sido objeto de estudio en numerosas investigaciones (Acuña et al., 2015; Akarsu et al., 2019; Chowdhury et al., 2018; Gilal et al., 2019; Licorish y MacDonell, 2015; Omar y Syed-Abdullah, 2015; Pieterse et al., 2018; Soomro et al., 2015; Yilmaz et al., 2015, 2017). Estos estudios han contribuido a una comprensión más amplia de esta relación, aunque el análisis del impacto de la personalidad en el desarrollo de software sigue siendo un campo abierto a la investigación y discusión.

Desde la década de 1960, la influencia de los rasgos de personalidad en el rendimiento de tareas y el trabajo en equipo ha capturado el interés en el ámbito de la Ingeniería de Software (Lee y Shneiderman, 1978; Shneiderman, 1980; Weinberg, 1998). Weinberg (1998) destacó cómo la personalidad de los programadores incide directamente en el éxito de sus tareas, argumentando que, dada la complejidad de la programación, la individualidad y la identidad del programador son cruciales para su desempeño. Shneiderman (1980) enfatizó igualmente la relevancia de los rasgos de personalidad en el desarrollo de software, señalando que estos rasgos determinan en gran medida la dinámica de interacción entre programadores y su estilo de trabajo.

La importancia de este tema se refleja en la publicación de tres revisiones literarias de la literatura recientes sobre la personalidad en el contexto de la Programación y la Ingeniería de Software. A continuación, se resumen los hallazgos más relevantes de cada una:

Soomro et al. (2016) analizaron 35 estudios publicados entre 1993 y 2016, con el objetivo de examinar cómo la personalidad de los profesionales del software se relaciona con el ambiente de trabajo y el rendimiento del equipo. Descubrieron que el clima de equipo abarca una variedad de factores de gestión y comportamiento. Muchos de estos estudios emplearon estudiantes como sujetos, representando a profesionales del software. La revisión sugiere que los resultados pueden ser útiles para evaluar la personalidad del equipo de desarrollo de software, facilitando la predicción de éxitos o fracasos en proyectos.

Gilal et al. (2017) revisaron 17 estudios primarios de entre 2000 y 2014, enfocándose en las preferencias de personalidad para el rol de programador. Solo se incluyeron estudios que aplicaron el MBTI. Los resultados indicaron tres categorías de preferencias de personalidad: fuertemente presente, débilmente presente y ausente. Por ejemplo, se halló que la combinación de los tipos intuitivos (N) y emocionales (F) no es recomendable para programadores. Los autores concluyen que es necesario un enfoque serio hacia la investigación basada en la personalidad en el desarrollo de software para clarificar las ambigüedades para los profesionales.

Barroso et al. (2017) examinaron 21 estudios primarios de 2003 a 2016, con el propósito de evaluar los modelos de personalidad aplicados en ingeniería de

software y su influencia en el trabajo profesional. Identificaron tres modelos principales: MBTI, BIG 5 y FFM. Los hallazgos sugieren una influencia significativa de la personalidad en las tareas realizadas, aunque también destacan las contradicciones en los resultados, lo que pone en duda la validez de los estudios.

La influencia de la personalidad en la Programación y en la Ingeniería de Software aún no se comprende del todo. Se necesita ampliar la investigación para profundizar y comparar los estudios existentes, enfocándose en la significancia de los resultados obtenidos.

Resumen del Capítulo 1:

El capítulo "Acerca de la Personalidad" se adentra en la complejidad del concepto de personalidad desde diversas perspectivas psicológicas, subrayando su importancia en la formación de grupos y su impacto en el desempeño, especialmente en el ámbito de la Programación y la Ingeniería de software. A lo largo de la historia, la personalidad ha sido un constructo central en la psicología, aunque carece de una definición unificada y universalmente aceptada. Las múltiples teorías y enfoques, como los mencionados por Montaña Sinisterra y otros autores, destacan la naturaleza multifacética y dinámica de la personalidad.

Se describen siete perspectivas principales sobre la personalidad: disposicional, biológica, psicoanalítica, neo-analítica, de aprendizaje, fenomenológica y de autorregulación cognitiva. Particularmente, se enfatiza la perspectiva disposicional, que incluye teorías de rasgos y tipos, ampliamente utilizadas en psicología organizacional y de manera específica en las ciencias de la computación. Esta perspectiva sostiene que la personalidad es una organización dinámica de sistemas psicofísicos que moldean el comportamiento, pensamientos y sentimientos característicos de una persona, tal como lo definen autores como Ryckman y Allport.

Los rasgos de la personalidad, según Allport, son características relativamente estables que influyen en el comportamiento individual. Las teorías de los rasgos han sido desarrolladas por varios psicólogos, destacándose los aportes de Gordon Allport, Raymond Cattell y Hans Eysenck. Allport identificó tres niveles de rasgos: cardinales, centrales y secundarios, mientras que Cattell redujo los

rasgos a 16 factores principales. Eysenck, por su parte, propuso un modelo basado en tres dimensiones: introversión/extraversión, neuroticismo/estabilidad emocional y psicoticismo.

También se aborda la medición de la personalidad, subrayando la importancia de técnicas como la entrevista personal, la observación directa del comportamiento y el uso de pruebas objetivas y proyectivas. Estas técnicas permiten a los psicólogos evaluar las características individuales y formar un perfil de personalidad. Entre las pruebas más conocidas se encuentran el Test de Rorschach y diversos inventarios estandarizados como el MMPI-2 y el NEO-PI-R.

Finalmente, se destaca el modelo de los "Big Five" o "Cinco Grandes", que ha obtenido un amplio consenso en el campo de la psicología. Este modelo agrupa los rasgos de personalidad en cinco dimensiones principales: extraversión, agradabilidad, meticulosidad, estabilidad emocional y apertura a nuevas experiencias. Cada una de estas dimensiones representa un amplio espectro de comportamientos y características, ofreciendo una herramienta comprensiva para el estudio y comprensión de la personalidad humana.

CAPÍTULO 2.

El Aprendizaje Colaborativo

2.1. Algunas Conceptualizaciones

En el ámbito educativo, el aprendizaje colaborativo representa un enfoque interactivo que alienta a los estudiantes a construir conocimiento conjuntamente. Este modelo exige la integración de esfuerzos, talentos y habilidades a través de un proceso de interacción enfocado en alcanzar objetivos comunes de manera consensuada. El aprendizaje colaborativo trasciende ser meramente una técnica, para convertirse en una filosofía de interacción y un estilo personal de trabajo. Implica gestionar dinámicas grupales donde se valoren las aportaciones individuales, promoviendo el respeto y el aprecio por las contribuciones de cada miembro (Maldonado-Pérez, 2007).

A continuación, en la Tabla 2, se exponen diversas definiciones de trabajo colaborativo extraídas de la literatura especializada. Este ejercicio busca ilustrar los elementos fundamentales que caracterizan a este modelo, destacando la importancia de la autoridad compartida, la negociación, los procesos dialógicos internos, la reciprocidad, la responsabilidad individual y colectiva, así como la construcción de relaciones sociales enriquecedoras.

Tabla 2. Conceptualizaciones de Trabajo Colaborativo

| Autores | Conceptualizaciones |
|---------------------------|--|
| (Guitert y 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 reciprocidad 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 y Panitz, 2018) | Proceso de interacción cuya premisa básica es la construcción de consenso. Se comparte la autoridad y entre todos se acepta la responsabilidad 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 comunicación y la negociación 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 relaciones sociales. |
| (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 responsable tanto de su aprendizaje como del de los demás miembros del grupo. |

Según Echazarreta et al. (2009), el trabajo colaborativo se distingue del trabajo en grupo y otras formas de organización grupal por varias características clave:

- Se basa en una profunda interdependencia entre los miembros del grupo, de tal forma que el logro de las metas incumbe a todos.
- Cada miembro del grupo asume una responsabilidad individual en el logro de la meta final.

- La conformación de los grupos es heterogénea en términos de habilidades y características de los miembros, a diferencia de la homogeneidad que caracteriza al trabajo en grupo tradicional.
- Todos los miembros tienen responsabilidades definidas en la realización de las acciones grupales.
- La responsabilidad es compartida entre todos los integrantes.
- Se busca alcanzar objetivos mediante la ejecución de tareas tanto de manera individual como colectiva.
- Existe una interdependencia positiva entre los participantes.
- El trabajo colaborativo requiere que los integrantes posean habilidades comunicativas, establezcan relaciones simétricas y recíprocas, y tengan el deseo de contribuir conjuntamente en la resolución de tareas.

Chaljub-Hasbún (2015) señala que para comprender el trabajo colaborativo como metodología es esencial considerar el marco teórico que lo respalda. Partiendo de la premisa de que el proceso pedagógico está imbuido de habilidades sociales y la comunicación es esencial en cualquier grupo humano, la construcción colectiva del conocimiento a través del diálogo ha sido una constante a lo largo del tiempo. El trabajo en el aula orientado hacia objetivos comunes, empleando estrategias adecuadas, promueve el desarrollo de habilidades interpersonales y niveles avanzados de pensamiento, profundizando el entendimiento del contenido.

Desde esta perspectiva, emerge el concepto de aprendizaje colaborativo, apoyado en enfoques cognitivistas. Bajo un paradigma de enseñanza centrada en el estudiante, tal como lo propugna el constructivismo,

se considera tanto la experiencia interna de cada aprendiz como la dimensión colectiva y social en la promoción del aprendizaje. Esto implica conectar los conocimientos nuevos con los preexistentes para formar una estructura de pensamiento que se alinee cada vez más con los procesos de enseñanza y aprendizaje. En este enfoque, tanto el producto como los procedimientos y caminos hacia la adquisición de nuevos conocimientos son fundamentales, por lo que se hace hincapié en el constructivismo social como pilar de esta metodología. No obstante, como señalan Echazarreta et al. (2009), más allá de un enfoque puramente centrado en el estudiante, es esencial potenciar la autogestión del conocimiento y el control del aprendizaje por parte de los estudiantes, fomentando su papel activo en la construcción y administración de su propio saber.

Pues bien, Johnson et al. (2002) definen el aprendizaje colaborativo como un conjunto de interacciones minuciosamente diseñadas que fomentan la influencia recíproca entre los miembros de un equipo. Este proceso evolutivo fortalece el compromiso mutuo con el aprendizaje de todos, generando una interdependencia positiva que evita la competencia. El aprendizaje colaborativo, adquirido mediante métodos de trabajo en grupo basados en la interacción y contribución colectiva al conocimiento, promueve la distribución de la autoridad, la asunción de responsabilidades, el respeto por las perspectivas ajenas y el consenso.

Por otra parte, Chaljub-Hasbún (2015) argumenta que el aprendizaje colaborativo es un resultado del trabajo colaborativo, destacando que este último se enfoca en fomentar el pensamiento divergente o creativo a través

de actividades de aprendizaje que privilegian la socialización didáctica y la interdependencia positiva entre los estudiantes. Esta interdependencia constituye la esencia de las actividades colaborativas que caracterizan la verdadera colaboración y transforman el trabajo grupal en un esfuerzo de equipo. Collazos et al. (2003) advierten que simplemente organizar a los estudiantes en grupos y animarlos a colaborar puede no ser suficiente para lograr una verdadera interdependencia positiva.

2.2. Objetivos del Aprendizaje Colaborativo

Hsu (2002) señala que la meta principal del aprendizaje colaborativo es motivar a los participantes a construir conocimiento a través de la exploración, discusión, negociación y debate.

Escribano González (1995) identifica que los fines del aprendizaje colaborativo se orientan al desarrollo de estrategias para la comprensión y explicación mediante preguntas y respuestas. La discusión y el debate, en primer lugar, buscan afianzar las habilidades comunicativas y el uso adecuado del lenguaje. En segundo lugar, propician el desarrollo de competencias intelectuales y profesionales, tales como analizar, razonar, pensar de manera crítica, sintetizar y diseñar, entre otras. Finalmente, este enfoque también estimula el crecimiento personal de los estudiantes, promoviendo el desarrollo de habilidades comunicativas y de pensamiento, la autoestima, la autonomía en el aprendizaje, la capacidad de colaborar con otros, así como el autoconocimiento y el conocimiento mutuo (Lavigne et al., 2012).

En este modelo, los docentes “invitan” a los estudiantes a definir objetivos específicos dentro del tema de estudio, ofreciendo opciones para actividades y tareas que capturan su interés, incentivándolos a reflexionar sobre sus aprendizajes (Collazos et al., 2001).

2.3. Beneficios del Aprendizaje Colaborativo

Los beneficios del aprendizaje colaborativo son ampliamente reconocidos en la literatura especializada. Roberts (2005) categoriza los principales aportes del aprendizaje colaborativo a los estudiantes de la siguiente manera:

- Académicos: Dado que se enfatiza en la participación activa y la construcción de conocimiento, se promueven habilidades de pensamiento de orden superior, incrementando los logros académicos.
- Sociales: Se fomenta la creación de un ambiente positivo de aprendizaje y el desarrollo de un sistema de apoyo social entre estudiantes, lo que facilita la comprensión y el enseñar entre pares.
- Psicológicos: Contribuye a la formación de actitudes positivas hacia el cuerpo docente y puede fortalecer la autoestima de los estudiantes.

2.4. Elementos del Aprendizaje Colaborativo

Johnson y Johnson (2013) establecen que términos como pasivo, memorización, individual y competitivo no se asocian al aprendizaje colaborativo. En cambio, los siguientes elementos son pilares fundamentales de este enfoque:

- **Cooperación:** Los estudiantes colaboran para alcanzar un doble propósito: dominar el contenido académico y desarrollar destrezas de trabajo en equipo. Comparten objetivos, recursos y logros, comprendiendo el papel de cada integrante en el grupo. El éxito individual está intrínsecamente ligado al éxito colectivo.
- **Responsabilidad:** Cada estudiante asume responsabilidad individual sobre su parte del trabajo, mientras que colectivamente se garantiza que todos entiendan cada segmento de la tarea asignada al grupo.
- **Comunicación:** Se promueve un intercambio efectivo de información y materiales entre miembros del equipo, fomentando una ayuda mutua que mejora el desempeño y favorece el análisis conjunto de conclusiones y reflexiones para alcanzar resultados de mayor calidad.
- **Trabajo en Equipo:** Se incentiva la solución conjunta de problemas, cultivando habilidades de liderazgo, comunicación, confianza, toma de decisiones y resolución de conflictos.
- **Autoevaluación:** Los equipos realizan un seguimiento de sus acciones para identificar aquellas que resultaron beneficiosas y aquellas que no, estableciendo objetivos y evaluando periódicamente sus avances para introducir mejoras futuras en su metodología de trabajo.

2.5. Principios básicos

El colocar a un grupo de personas en torno a una actividad común no garantiza se genere una colaboración. Es por ello, que se requiere estructurar actividades que permitan inducir a una verdadera colaboración (Agredo-Delgado et al., 2022). Johnson y Johnson (1992) plantean una serie de aspectos se deben cumplir para que una actividad sea considerada como colaborativa:

Interdependencia positiva: Cómo estructurar la tarea(s) para asegurar la participación de todos los estudiantes dentro de cada grupo. Cómo usar “recompensas” de grupo para lograr que los estudiantes trabajen en equipo. Cómo dividir la(s) tarea(s). Cómo asignar roles. Qué materiales deberán compartir los estudiantes. Cómo lograr que los estudiantes reconozcan la importancia del trabajo colaborativo. Se plantean 9 tipos de interdependencias:

Interdependencia positiva de meta: Este tipo de interdependencia existe cuando en el grupo se comparte una meta o metas comunes. Por ejemplo, la meta puede tratarse de escribir una composición literaria, de que todos los miembros del grupo entiendan la forma de resolver un problema matemático o de que todo el grupo aprenda cómo se colabora en un grupo.

Interdependencia positiva de recompensa: Este tipo existe cuando la recompensa que puede obtener cada uno de los miembros del grupo es

afectada por la recompensa que pueden obtener los demás miembros del grupo. Por ejemplo, en una actividad cada participante puede obtener puntos extra en una calificación final si todos los miembros del grupo sacan un puntaje superior a un 80%. La recompensa utilizada depende de las motivaciones particulares del grupo, y de los objetivos del facilitador y de la actividad.

Interdependencia positiva de rol: Cuando existe interdependencia positiva de rol, a los miembros del grupo se les asignan roles complementarios e interconectados que especifican responsabilidades que el grupo debe cumplir para terminar la tarea. Estos roles deberían estar en capacidad de rotar, ya sea durante el desarrollo de la actividad o en una actividad posterior. Para este propósito, los roles deben ser diseñados de acuerdo con el propósito de la actividad. En el caso de una actividad en la que los participantes deban leer y entender una composición literaria, una persona puede ser quien elabora los resúmenes; otro puede ser el revisor, que se encarga de verificar la veracidad de los resúmenes elaborados; y otro puede ser el elaborador, que brinda ejemplos que conecten el material desarrollado por el grupo con el conocimiento que se ha obtenido anteriormente.

Interdependencia positiva de recursos: En este tipo de interdependencia, cada miembro tiene solamente una porción de la información, materiales, o herramientas necesarias para completar la tarea. En este caso, para poder cumplir los objetivos de la actividad, los miembros deben combinar los recursos que cada uno tiene.

Interdependencia positiva de identidad: En la interdependencia positiva de identidad, los grupos comparten una identidad común. Esta puede ser apoyada al darles la posibilidad a los miembros de cada grupo escoger un nombre de grupo, una bandera, un lema, un himno, un saludo, etc. Los países, clubes, equipos deportivos y los colegios utilizan este tipo de interdependencia positiva para intentar crear una identidad compartida entre sus ciudadanos, miembros y estudiantes.

Interdependencia de entorno: En esta interdependencia los miembros de cada equipo están atados al entorno físico en el que se desarrolla la colaboración. En el caso de que la actividad sea apoyada por herramientas computacionales, y que la actividad sea distribuida, el entorno al cual están atados los participantes es meramente virtual. Es en este espacio virtual en el cual los participantes deben desarrollar la actividad.

Interdependencia positiva de fantasía: A los miembros del grupo se les brinda una tarea imaginaria, pero significativa para la actividad. Los miembros del grupo deben acordar una forma de solucionarla. Estas tareas imaginarias pueden tratarse de hazañas extremas, como por ejemplo acabar con una amenaza para la vida en la Tierra, o manejar tecnología futura avanzada. Los ejemplos más típicos de este tipo de interdependencia son los juegos colaborativos, en los que cada miembro de los grupos se le asigna un rol imaginario.

Interdependencia positiva de tarea: El trabajo a realizar por cada miembro del grupo debe ser realizado secuencialmente. En este caso los estudiantes

deben dividirse el trabajo y enlazarse unos con otros. Tan pronto como una parte del grupo cumpla con su parte de la tarea, el siguiente grupo puede proceder con su responsabilidad, y así sucesivamente.

Interdependencia positiva de amenaza externa: Aquí los miembros del grupo son confrontados con una amenaza externa al grupo (por ejemplo, otros grupos que estén realizando la misma actividad). De esta forma los miembros del grupo se sienten interdependientes, y que deben hacer lo mejor posible para ganar la competencia y estar por encima de sus oponentes.

Responsabilidad individual: Cómo prevenir el problema de tener dentro del grupo personas que no hagan nada. Cómo asegurar que cada estudiante asuma la responsabilidad para: Su aprendizaje y lograr cumplir su tarea asignada. Ayudar a los otros integrantes del equipo a completar la parte de su tarea.

Habilidades cognitivas e interpersonales: Cómo seleccionar las habilidades cognitivas e interpersonales que serán desarrolladas. Cómo desarrollar una conciencia (awareness) en los estudiantes del uso de estas habilidades. Qué técnicas usaré para ayudar a los estudiantes a desarrollar las técnicas o habilidades seleccionadas. Qué comportamiento esperaré ver en los estudiantes que estén comprometidos durante el trabajo grupal. Qué habilidades colaborativas se espera cumplan los estudiantes.

Interacción simultánea: Qué mecanismos se utilizarán para lograr una comunicación efectiva.

Evaluación y reflexión: Qué será evaluado – aprendizaje académico e interpersonal. Quién evaluará el desempeño- autoevaluación, pares, profesores. En qué proporción, si hay, las notas individuales estarán basadas en el desempeño grupal. Cómo y cuándo monitorear y ayudar a los grupos en el logro de los objetivos de la(s) tarea(s).

Actividades extensión: Qué tareas se asignarán a los grupos que terminan antes de lo previsto.

2.6. Técnicas de Aprendizaje Colaborativo

La incorporación del trabajo colaborativo en el aula, como estrategia didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje, requiere del uso de técnicas específicas que faciliten su ejecución práctica. Como se ha mencionado, esto contribuye a un aprendizaje colaborativo efectivo.

Según Barkley et al. (2014), las Técnicas de Aprendizaje Colaborativo (TAC) más comunes, así como aquellas que emergen de la experiencia educativa, pueden clasificarse en categorías que, aunque sus límites no sean estrictamente definidos, comparten principios fundamentales. Esta clasificación se detalla en la Tabla 3.

Es crucial subrayar que cada TAC está diseñada con un objetivo o enfoque específico. No obstante, estas técnicas no compiten entre sí ni son excluyentes; al contrario, se complementan. En la práctica, una estrategia didáctica enfocada en el trabajo colaborativo puede integrar enfoques y

recursos de múltiples TAC, enriqueciendo así el proceso de aprendizaje.

Tabla 3. Categorías de técnicas de aprendizaje colaborativo TAC

| Categoría | Descripción | Casos tipo |
|--------------------------------------|---|--|
| Diálogo | 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. |
| Enseñanza recíproca entre compañeros | 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. |
| Resolución de problemas | 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. |
| Organizadores de información gráfica | Los grupos utilizan medios visuales para organizar y mostrar información. | Agrupamiento por afinidad; Tabla de grupo; Matriz de equipo; Cadenas secuenciales; Redes de palabras. |
| Redacción | 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. |

2.7. Evaluación del Desempeño Colaborativo

Determinar las características cruciales del proceso colaborativo y desarrollar herramientas de evaluación eficaces para estas características constituyen desafíos significativos (Meier et al., 2007). La literatura especializada propone diversos métodos y enfoques para evaluar la calidad de la colaboración, tanto en ámbitos académicos como organizacionales. Sin embargo, a menudo estos estudios se presentan sin una validación rigurosa (Steves y Scholtz, 2005; Westphal et al., 2007). Chebil et al. (2013) indican que, generalmente, la evaluación se realiza identificando métricas específicas y su posterior medición, tal como se describe en investigaciones de Anaya y Boticario (2013), Chounta y Avouris (2016), D'Angelo et al. (2019), Dascalu et al. (2015) y Kahrmanis et al. (2012); así como mediante el diseño de cuestionarios que capturan y valoran los aspectos relevantes, como se observa en los trabajos de Borden y Perkins (1999), Boughzala y De Vreede (2015), Herro et al. (2017), Kellerman (2007) y Marek et al. (2015); Meier et al. (2007). En la Tabla 4 se recopilan investigaciones de la última década enfocadas específicamente en contextos académicos, detallando algunas de sus características esenciales y el contexto de su validación.

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

| Autores - Años | Título | Descripción |
|---------------------------|--|---|
| (Borden y 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 y 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) | Reader Bench: 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 y 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 optó por seleccionar y adaptar la herramienta de cuestionario desarrollada por Diez et al. (2013), considerando su exhaustividad y sistemática facilidad de aplicación, así como su focalización y validación específica en contextos educativos. Esta elección se debe también a que, al tratarse de un instrumento diseñado para la autoevaluación y coevaluación, no representa una carga de trabajo adicional para el docente. El rendimiento colaborativo se evalúa mediante siete indicadores que las autoras clasifican como procesos operativos. Estos procesos detallan funciones e interacciones que emergen durante el trabajo grupal y su manejo para llevar a cabo las tareas asignadas al grupo. Estos procesos operativos se alinean, de manera directa o indirecta, con los criterios o dimensiones de evaluación del desempeño grupal considerados relevantes en escenarios de trabajo colaborativo, tal como se menciona en algunos de los estudios incluidos en la Tabla 4. En la Sección 5.4, se ofrece una descripción más detallada de esta herramienta.

Es importante señalar que la propuesta de Diez et al. (2013) concibe la evaluación del desempeño colaborativo como un proceso integral y multidimensional, donde una de sus facetas es específicamente la colaboración, subdividida en las subdimensiones de cooperación y coordinación. Sin embargo, estas se entienden más bien como competencias o habilidades individuales de los estudiantes, y no como el proceso global de colaboración en sí.

2.8. CSCW (Trabajo Cooperativo Asistido por Computadora) y CSCL (Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadora)

El concepto de CSCW (Trabajo Cooperativo Asistido por Computadora), introducido por Irene Greif en 1988, describe el papel de las computadoras en el apoyo al trabajo grupal. Según Collis (1993), el CSCW emerge de un proceso evolutivo en disciplinas como Teorías Organizativas, Informática, Sistemas de Información, Psicología Cognitiva y Social, Ergonomía, Comunicaciones, Sociología y Antropología. El término alude tanto a la disciplina que aborda el diseño y desarrollo de aplicaciones para el trabajo grupal, como al análisis teórico-práctico de la colaboración y el impacto de las tecnologías de soporte en el comportamiento grupal.

Del CSCW derivado al ámbito educativo, surge el CSCL (Aprendizaje Colaborativo Asistido por Computadora) (Dourish, 2006; Koschmann, 1996), definido por Gerry et al. (2006) como el uso de tecnologías informáticas para potenciar el aprendizaje grupal, abriendo paso a nuevos métodos, estrategias y aplicaciones educativas. La expansión de los sistemas CSCL se ha acelerado con la introducción de los sistemas LCMS (Sistemas de Gestión de Contenidos de Aprendizaje) y cursos MOOC (Cursos Online Masivos y Abiertos), ya comunes en diversos niveles educativos (Johnson et al., 2015).

El CSCL se sitúa en la confluencia de la práctica educativa, la psicología del aprendizaje y el apoyo que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) brindan a la enseñanza y el aprendizaje. Desarrollar

un sistema colaborativo conlleva el reto de considerar aspectos como la formación de grupos de estudiantes, la alineación de tareas con objetivos de aprendizaje, la calidad y demanda cognitiva de los materiales didácticos, el conocimiento previo, el estilo de aprendizaje, la motivación de los estudiantes, y el soporte para la resolución de problemas, discusión, argumentación y toma de decisiones (Häkkinen et al., 2004).

Los estudios indican que la colaboración mejora significativamente el aprendizaje cuando está bien implementada. Por tanto, el entorno CSCL y las actividades de aprendizaje colaborativo deben diseñarse con cuidado para cumplir con las expectativas de estudiantes y docentes. En este contexto, la formación de grupos es crucial, ya que afecta la percepción del entorno por parte de los estudiantes, su interacción con compañeros, el uso de materiales y la participación en actividades de aprendizaje (Isotani y Mizoguchi, 2008).

La formación de grupos en CSCL implica estrategias, algoritmos y técnicas para agrupar individuos según diversos criterios, buscando grupos que fomenten una interacción eficaz y maximicen el aprendizaje. Una adecuada formación de grupo asegura que cada estudiante contribuya de manera significativa, enriqueciendo la experiencia de aprendizaje colectivo. Para crear grupos efectivos, se consideran aspectos como el nivel de conocimiento, estilo de aprendizaje, habilidades lingüísticas, entre otros, buscando potenciar las interacciones y beneficios del aprendizaje (Isotani et al., 2009).

Resumen del Capítulo 2:

El capítulo "El Aprendizaje Colaborativo" presenta una profunda reflexión sobre las dinámicas y ventajas del aprendizaje colaborativo en el ámbito educativo. En su introducción, destaca la importancia de construir conocimiento a través de la interacción y la colaboración, enfatizando que este enfoque no solo mejora el rendimiento académico, sino que también fomenta el desarrollo de habilidades sociales y personales. El aprendizaje colaborativo se presenta como una filosofía de interacción que requiere el respeto y la valoración de las contribuciones individuales dentro del grupo.

Uno de los aspectos centrales del capítulo es la descripción de los objetivos del aprendizaje colaborativo. Éste busca inducir a los participantes a construir conocimiento mediante la exploración, discusión, negociación y debate. Además, se mencionan los beneficios académicos, sociales y psicológicos de este enfoque, tales como la mejora de las habilidades de pensamiento crítico, el fomento de un ambiente positivo de aprendizaje y el aumento de la autoestima de los estudiantes.

También se abordan los elementos fundamentales del aprendizaje colaborativo, destacando la cooperación, la responsabilidad individual, la comunicación efectiva, el trabajo en equipo y la autoevaluación. Estos elementos aseguran que los estudiantes no solo adquieran conocimientos, sino que también desarrollen habilidades esenciales para trabajar en equipo y resolver problemas de manera conjunta.

Asimismo, se exploran diversas técnicas de aprendizaje colaborativo, clasificadas en categorías como diálogo, enseñanza recíproca entre compañeros y resolución de problemas. Estas técnicas se diseñan para maximizar la interacción y el intercambio de ideas entre los estudiantes, promoviendo un aprendizaje más dinámico y participativo. Ejemplos de estas técnicas incluyen debates críticos, juegos de rol y estudios de casos.

El capítulo destaca cómo el trabajo colaborativo trasciende de ser una mera técnica pedagógica para convertirse en una filosofía integral de enseñanza y aprendizaje. Al fomentar la colaboración y la interdependencia positiva entre los estudiantes, se crea un entorno educativo más enriquecedor y efectivo, que prepara a los estudiantes no solo para los retos académicos, sino también para las dinámicas sociales y profesionales del futuro.

CAPÍTULO 3.

Taxonomía de la formación de grupos

La formación de grupos en entornos de aprendizaje colaborativo abarca el proceso de selección y agrupación estratégica de estudiantes para facilitar escenarios propicios para el aprendizaje. Aunque la configuración de grupos estructurados es un reto dentro del aula, en la literatura aún no se alcanza un consenso sobre las mejores métricas o la combinación de características estudiantiles para optimizar las interacciones grupales. Este capítulo presenta dos taxonomías centradas en dichas características o criterios esenciales para la formación de grupos: una relativa a los atributos de formación de grupos y otra a las técnicas de formación de grupos. Estas taxonomías buscan proporcionar una base teórica y práctica para investigaciones futuras en la formación de grupos en contextos de aprendizaje colaborativo.

3.1. Introducción

Como señalan Barkley et al. (2014), fuera del contexto académico, los grupos son estructuras sociales fundamentales que se organizan por múltiples razones: sociales, laborales o por intereses compartidos. Si bien la formación de grupos en el ámbito académico suele ser fluida y diversa, organizar grupos en el aula puede ser complicado y antinatural. No obstante, la efectividad de los grupos es crucial para el éxito del aprendizaje colaborativo.

La formación de grupos implica considerar diversos parámetros, como tamaño y duración del grupo, métodos y autoridad de agrupación, y el tipo de grupos formados. Es importante atender a las características

educativas y psicológicas de los participantes, que varían según el objetivo y las tareas del grupo (Revelo-Sánchez et al., 2021). La literatura describe la formación de grupos basada tanto en conocimientos, habilidades y competencias, como en estilos de aprendizaje, rasgos de personalidad, entre otros factores. Maqtary et al. (2019) propusieron una taxonomía de estas características, complementada con estudios que incorporan otros aspectos no considerados previamente. También se examinan diversas técnicas computacionales utilizadas para la formación de grupos.

3.2. Formación de Grupos

3.2.1. Taxonomía de los Atributos en la Formación de Grupos

La formación efectiva de grupos requiere la consideración de múltiples atributos para alcanzar los objetivos propuestos (Coffield et al., 2004). Estos atributos se dividen en dos categorías: atributos de los integrantes, que describen las características individuales de los miembros, y atributos del grupo, que definen las propiedades del grupo en su conjunto.

La revisión de estudios sobre la formación de grupos ha permitido reorganizar y clasificar estos atributos en una taxonomía detallada en varios niveles, presentada en la Figura 1.

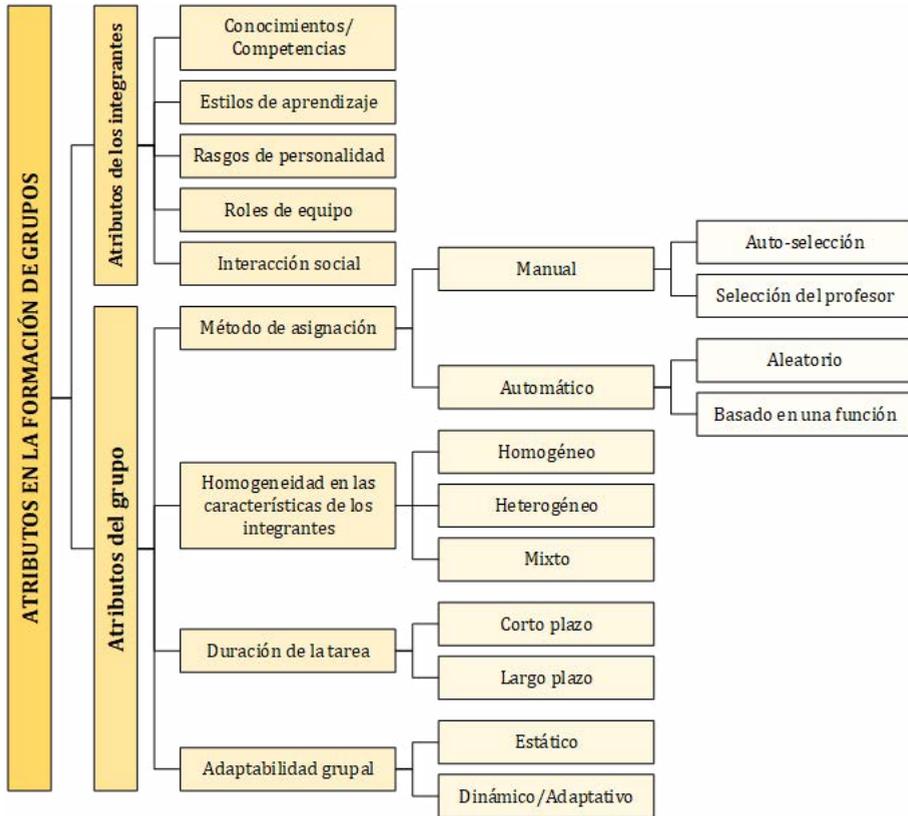


Figura 1. Taxonomía de los atributos en la formación de grupos (Maqtary et al., 2019)

Atributos como la edad, el sexo y la etnia se han interpretado tradicionalmente como reflejos de los valores, creencias y actitudes individuales (Fiske, 1993). La identificación en los grupos basada en similitudes demográficas se relaciona con prejuicios internos y conflictos de equipo (Jackson et al., 2003). Williams K. (1998), tras revisar estudios sobre cómo la diversidad demográfica afecta a los equipos, concluyó

que un aumento en la diversidad, particularmente en aspectos como edad, antigüedad y etnia, tiende a tener consecuencias negativas en la integración social, la comunicación y la aparición de conflictos.

La investigación ha indicado que la diversidad demográfica dentro de un equipo de trabajo puede influir significativamente tanto en la rotación del personal como en el rendimiento del grupo en tareas cognitivas. Aunque esta diversidad suele incrementar la rotación, sus efectos en el rendimiento de tareas cognitivas varían, pudiendo tanto mejorarlas como deteriorarlas. Entender cómo las distintas variables demográficas afectan estos resultados es clave para la mejora de la efectividad del equipo de trabajo (Pelled, 1996).

Por ejemplo, Kochan et al. (2003) llevaron a cabo un estudio amplio que incluyó cuatro investigaciones sobre los efectos de la diversidad racial y de género en equipos de trabajo. Encontraron que la diversidad de género generalmente no afectaba o tenía un impacto positivo en los procesos de equipo, mientras que la diversidad racial tendía a tener efectos negativos. Los efectos directos de cada tipo de diversidad en el rendimiento del equipo fueron limitados, aunque ciertos contextos, como una cultura competitiva entre equipos, exacerbaban los impactos negativos de la diversidad racial.

Los estudios sobre la relación entre la diversidad racial/étnica y los procesos de grupo ofrecen resultados variados, con hallazgos tanto negativos como positivos (Kochan et al., 2003; Williams K., 1998). Los

efectos de la diversidad por edad y género también son mixtos, con algunos estudios reportando resultados neutrales (Kochan et al., 2003; Pelled et al., 1999).

La diversidad de género, en particular, juega un papel crucial en los procesos de equipo y su rendimiento. Esta área ha sido explorada a través de numerosos estudios empíricos, meta-análisis y revisiones de literatura (Baugh y Graen, 1997; Bowers et al., 2000; Chatman y O'Reilly, 2004; Ely y Thomas, 2001; Jackson et al., 2003; Joshi y Roh, 2009; Mannix y Neale, 2005; Myaskovsky et al., 2005; Pelled, 1996; Stewart, 2006; Webber, 2001). En conjunto, las investigaciones sugieren que la diversidad de género puede beneficiar el proceso grupal, aunque su impacto en el rendimiento es más ambiguo y depende en gran medida del contexto laboral.

Joshi y Roh (2009), en su revisión meta-analítica, analizaron 43 estudios sobre el rol de la diversidad en la formación de grupos, encontrando una variedad de resultados en estudios enfocados en la edad, el género y la raza/etnia, muchos de los cuales abordaban más de un aspecto demográfico.

Con base en lo anterior, se sugiere expandir la taxonomía de Maqtary et al. (2019) para incluir una nueva categoría bajo Atributos de los Integrantes denominada Características Demográficas, tal como se ilustra en la Figura 2.

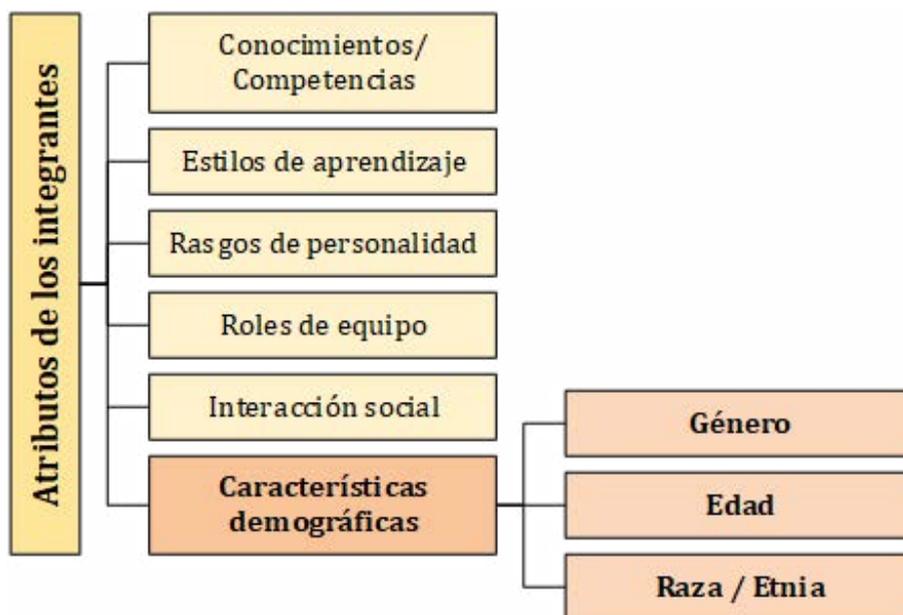


Figura 2. Complemento a la taxonomía de Maqtary et al. (2019) en la categoría de Atributos de los integrantes

La efectividad del trabajo colaborativo depende significativamente del tamaño del grupo, que generalmente oscila entre 2 y 6 integrantes. Este número puede variar en función de diversos factores y preferencias. Bean (2011) argumenta que el número ideal es de 5 miembros, ya que grupos de 6 funcionan casi igual de bien, pero en formaciones más grandes, la dinámica grupal se debilita; grupos de 4 tienden a fraccionarse en parejas, y en tríos, frecuentemente se forma una pareja y un miembro excluido. Sin embargo, las parejas pueden ser más efectivas en situaciones que

requieren intercambios breves y directos. Bean (2011) sugiere que el número óptimo para grupos básicos es de 3 miembros. Smith (1996) favorece los grupos pequeños, especialmente al inicio, para maximizar la participación y facilitar la organización de reuniones. El tamaño del grupo puede también estar condicionado por el espacio físico disponible.

En términos generales, el aprendizaje colaborativo se beneficia de grupos lo suficientemente pequeños como para permitir una participación completa y fomentar la confianza mutua, pero también lo suficientemente grandes para asegurar diversidad y los recursos necesarios para la tarea de aprendizaje.

El tamaño del grupo influye en la cantidad de intercambio de conocimientos y colaboración disponibles durante el aprendizaje. Los grupos más grandes, dentro de un rango razonable, suelen tener un mejor desempeño que los más pequeños, si los niveles de actividad y las características individuales son similares (Cen et al., 2014).

En el contexto del aprendizaje colaborativo asistido por computadora, la importancia del tamaño del grupo como factor crítico ha sido reconocida, sugiriendo la necesidad de más investigación sobre su impacto en la interacción (Strijbos et al., 2004). Los beneficios del aprendizaje y los patrones de interacción varían según el tamaño del grupo, especialmente cuando se busca igualdad de participación o resultados compartidos (Wilkinson y Fung, 2002). Los estudios ofrecen resultados mixtos sobre los efectos del aumento del tamaño del grupo en la colaboración asistida

por computadora (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).

No obstante, se ha observado que el tamaño del equipo tiene una relación inversa con su rendimiento. Factores como el bloqueo de la producción, el miedo a la evaluación y la "pereza social" contribuyen a una disminución del rendimiento y la satisfacción a medida que el grupo crece (Leidner y Fuller, 1997).

El anonimato disminuye en grupos muy pequeños y es complicado incluso en tríos, indicando que los efectos del anonimato podrían maximizarse en grupos más grandes, lo que podría ayudar a mitigar las pérdidas de proceso en formaciones grandes debido al temor a la evaluación (Dennis y Wixom, 2002). Sin embargo, el incremento del anonimato en grupos grandes dificulta evaluar la contribución individual, reduciendo la motivación para participar (Liden et al., 2004).

Considerando lo anterior, se propone expandir la taxonomía de Maqtary et al. (2019) añadiendo una categoría bajo Atributos del Grupo denominada Tamaño del Grupo, como se detalla en la Figura 3.

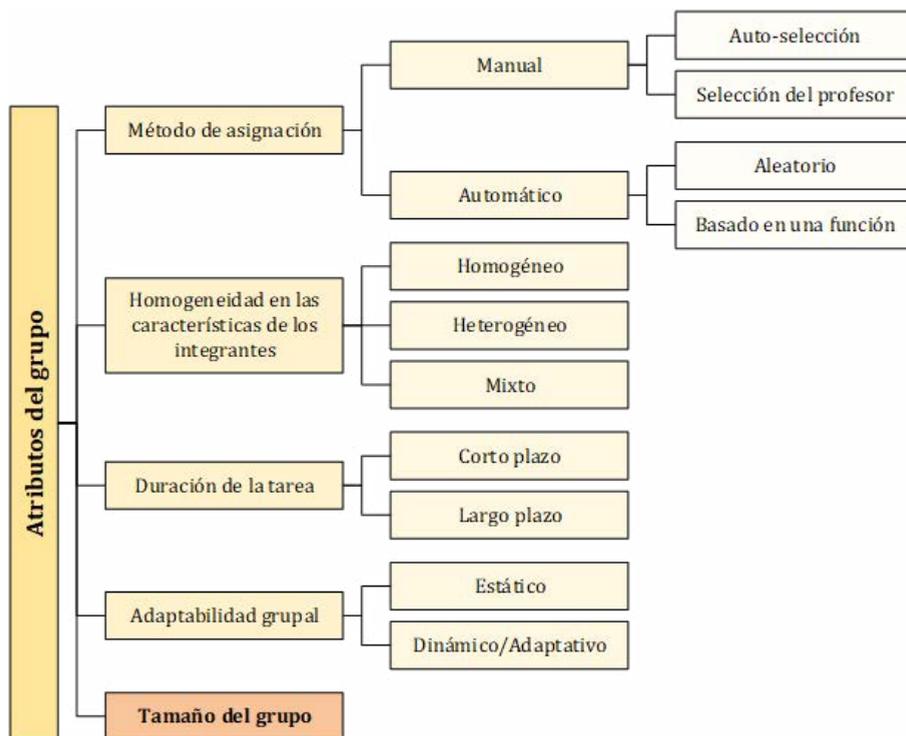


Figura 3. Complemento a la taxonomía de Maqtary et al. (2019) en la categoría de Atributos del grupo

3.2.2. El Contexto en la Formación de Grupos

En la ampliación de la taxonomía de atributos para la formación de grupos propuesta por Maqtary et al. (2019), se identifican dos elementos cruciales que influyen en la conformación y funcionalidad de los grupos: el entorno o contexto donde estos actúan y la naturaleza de su comunicación e interacción. Es fundamental considerar la mediación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el contexto actual.

3.2.2.1. Tipo de Comunicación

El aprendizaje en el contexto educativo se cimienta en la comunicación, lo que resalta la importancia de comprender las distintas modalidades y posibilidades comunicativas ofrecidas por las herramientas TIC modernas (Amador Muñoz, 2004). Almenara y Graván (2006) destacan cómo la integración de estas herramientas de comunicación enriquece las experiencias de aprendizaje, permitiendo desde la interconexión de aulas presenciales a través de la red hasta la formación de grupos de trabajo colaborativo a distancia, flexibilizando así el proceso educativo desde múltiples ángulos.

Por otra parte, Valverde-Berrocoso (2002) define la comunicación sincrónica y asincrónica como dos modalidades de intercambio informativo basadas en la simultaneidad temporal del envío y recepción del mensaje. La comunicación sincrónica permite la interacción en tiempo real entre usuarios conectados por una red telemática, facilitando

la comunicación mediante texto, audio y/o vídeo. En contraste, la comunicación asincrónica se caracteriza por el intercambio de mensajes en tiempos distintos entre los participantes. La Tabla 5 ofrece una clasificación general de estas modalidades de comunicación.

Tabla 5. Clasificación general de las herramientas de comunicación

| Comunicación Sincrónica | Comunicación Asincrónica |
|---|--|
| -Chat (IRC – Internet Relay Chat) -Audioconferencia -Videoconferencia | -Correo electrónico -Listas de distribución -Grupos de noticias -Foros -Transferencia de archivos -Entornos de trabajo colaborativo -Web |

Dentro de las modalidades de comunicación sincrónica y asincrónica, Pascual (2010) propone una diferenciación más detallada, agrupando los servicios de comunicación en internet en cuatro categorías esenciales:

- Comunicación asincrónica de usuario a usuario: Esta modalidad se refiere al intercambio de contenido entre un emisor y un receptor específico, como sucede en el envío de un SMS.
- Comunicación asincrónica entre múltiples usuarios: En esta categoría, el mensaje se dirige a un grupo de personas, tal como ocurre en un foro de discusión en línea.
- Comunicación sincrónica de usuario a usuario: Se caracteriza por conversaciones personalizadas y simultáneas entre dos personas, ejemplificado en una llamada a través de Skype.

- Comunicación sincrónica entre múltiples usuarios: Comprende las conversaciones electrónicas interactivas que involucran a varios participantes simultáneamente, como un chat grupal en Hangout.

Marjanovic (1999), por otro lado, enfoca estos elementos de la comunicación desde la perspectiva de tecnologías asociadas a la colaboración, distinguiendo entre tecnologías de información diseñadas específicamente para favorecer la interacción humana y el trabajo cooperativo. Se reconocen dos categorías principales: sistemas asíncronos y síncronos.

Tecnologías de colaboración asíncronas: Facilitan la colaboración sin restricciones de tiempo ni espacio, permitiendo la participación según la disponibilidad de los usuarios, brindando oportunidades para investigar y fundamentar posturas, otorgando más tiempo para la reflexión y la preparación de contribuciones. Aunque los sistemas de colaboración asíncronos han predominado recientemente, particularmente herramientas de conferencia basadas en Internet y grupos de noticias, su naturaleza asíncrona los hace más idóneos para el aprendizaje a distancia que para contextos presenciales.

Tecnologías de colaboración sincrónicas: Promueven la colaboración en tiempo real, ya sea en el mismo lugar o de manera remota, facilitando la inmediatez en la planificación, resolución de problemas, programación y procesos de toma de decisiones. A pesar de que la mayoría de las herramientas sincrónicas se centran en la comunicación más que en

la colaboración mediada por computadora, su capacidad para permitir interacciones instantáneas las hace valiosas en procesos colaborativos.

3.2.2.2. Tipo de Formación

La evolución de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) ha propiciado el surgimiento de nuevas modalidades educativas que trascienden el enfoque tradicional de la enseñanza y el aprendizaje. Estas innovaciones eliminan las barreras temporales y espaciales, facilitando el acceso a la educación a individuos que, por diversas razones, no podían cursar estudios de manera presencial (Gara-Pérez et al., 2011).

Según Belloch (2013), la integración de las TIC en los distintos niveles educativos varía en función de las características de los estudiantes y los objetivos de aprendizaje previstos. Factores como la edad, capacidad cognitiva, nivel cultural, intereses y disponibilidad de tiempo, entre otros, determinan el enfoque y las estrategias de implementación de las TIC adaptadas a cada modalidad educativa.

Formación Presencial: Este es el método convencional de educación, en el cual los estudiantes asisten físicamente a un centro educativo. Se caracteriza por compartir un espacio y tiempo comunes con otros alumnos, y la enseñanza se imparte principalmente a través de la comunicación oral.

Teleformación (e-learning): Conocido también como formación en línea, aprendizaje virtual o e-learning, este método utiliza las redes de comunicación para mediar el proceso educativo. Su objetivo es lograr los fines educativos mediante contenidos y actividades facilitadas por el uso de la computadora, superando las limitaciones físicas tradicionales (Belloch, 2013).

Formación Mixta (b-learning): Esta modalidad, también llamada "Formación Combinada" o "Aprendizaje Mezclado", representa un enfoque semipresencial que incorpora tanto elementos virtuales como presenciales en el proceso educativo. El término "Blended Learning", acuñado en 2002, refleja la intención de combinar lo mejor de ambos mundos, aprovechando las ventajas específicas de cada estrategia para enriquecer la experiencia de aprendizaje (Belloch, 2013).

3.2.3. Taxonomía de los Atributos Modificada

A manera de resumen en la Figura 4 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.

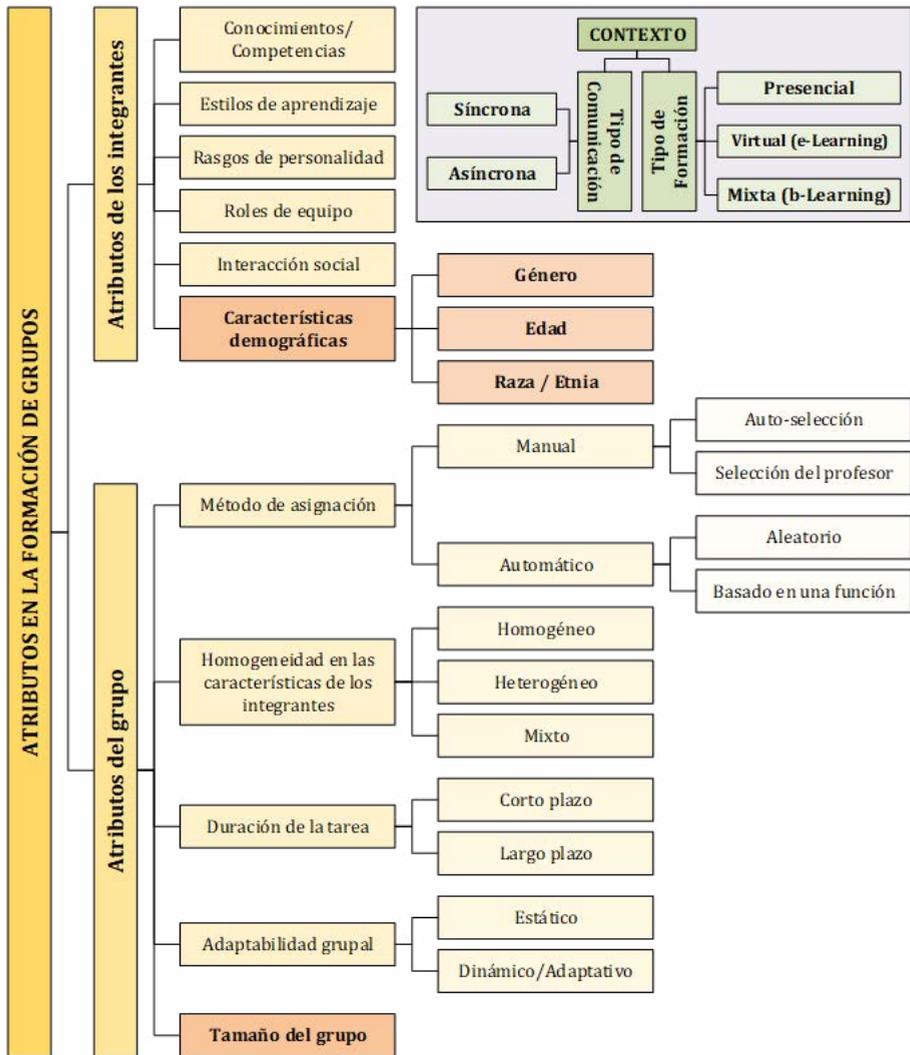


Figura 4. Taxonomía de los atributos en la formación de grupos modificada (Adaptado de Maqtary et al., 2019)

3.2.4. Taxonomía de las Técnicas de Formación de Grupos

El estudio de las técnicas de formación de grupos en entornos de aprendizaje colaborativo revela una diversidad de enfoques computacionales utilizados para constituir equipos grupos eficaces, considerando tanto atributos individuales como grupales. La investigación realizada por Cruz e Isotani (2014) sobre este tema identificó 44 estudios que aplican algoritmos no convencionales en apoyo a la conformación de grupos, distribuidos de la siguiente manera:

- 18 estudios utilizan algoritmos probabilísticos: De estos, 8 aplican algoritmos genéticos, 3 se centran en enjambres de partículas, 3 emplean algoritmos de escalada, 2 recurren a la técnica de la colonia de hormigas, 1 implementa algoritmos meméticos y 1 utiliza recocido simulado.
- 4 estudios adoptan una técnica de minería de datos denominada K-means.
- 2 estudios se apoyan en sistemas multi-agente.
- 13 estudios se clasifican en la categoría de otros, donde se incluyen técnicas computacionales diversas como la web semántica, ontologías, redes bayesianas y técnicas de aprendizaje automático (machine learning), entre otras.
- 7 estudios no especifican la técnica utilizada.

La Figura 5, basada en la revisión de literatura de Cruz e Isotani (2014), ilustra esta taxonomía, proporcionando una visión general de las distintas técnicas empleadas en la formación de grupos en contextos de aprendizaje colaborativo.

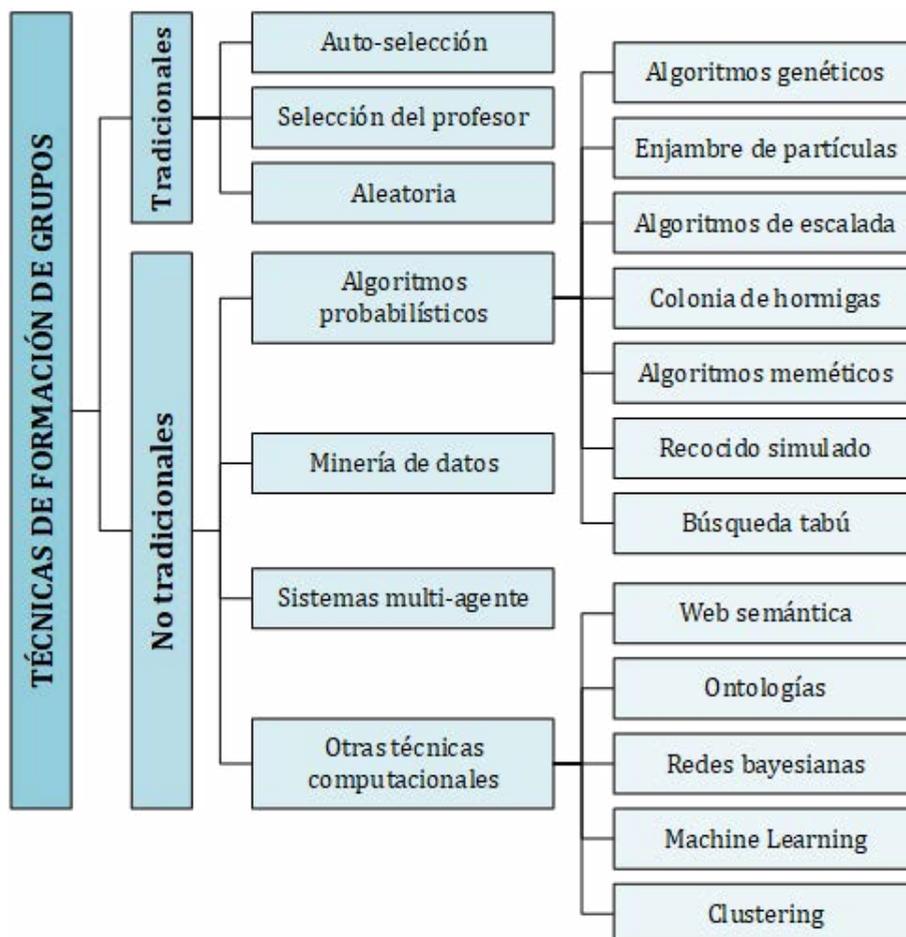


Figura 5. Taxonomía de las técnicas de formación de grupos (Cruz y Isotani, 2014)

3.3. A Modo de Conclusión

El proceso de formación de grupos adquiere una relevancia crítica dentro del contexto del aprendizaje colaborativo. El análisis del estado actual sobre esta materia revela una considerable diversidad de investigaciones y perspectivas. Este capítulo ha integrado dicha diversidad en una taxonomía comprensiva del proceso de formación de grupos en ambientes de aprendizaje colaborativo, estructurada en dos secciones principales. Inicialmente, se examinan los atributos influyentes en la formación de grupos, mediante la exposición de una taxonomía de dichos atributos clasificados bajo diversos criterios. Posteriormente, se abordan las técnicas de formación de grupos, organizadas en otra taxonomía que considera aspectos como la metodología de agrupamiento, la definición del problema, la representación de datos y el tipo de técnica implementada. El esquema de clasificación propuesto en este segmento aspira a servir de marco de referencia para investigaciones futuras que deseen explorar el proceso de formación de grupos, ya sea desde un enfoque teórico o mediante la propuesta de nuevas estrategias de agrupamiento soportadas por soluciones computacionales.

Resumen del Capítulo 3:

El capítulo "Taxonomía en la Formación de Grupos" aborda de manera exhaustiva los diversos aspectos y atributos que deben considerarse para la formación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo. Se destaca la importancia de organizar a los estudiantes en grupos bien estructurados, reconociendo que la constitución de estos grupos puede ser una tarea compleja pero fundamental para el éxito del aprendizaje colaborativo. La formación de grupos se caracteriza por diferentes parámetros como el tamaño, la duración, el método de agrupación y las características educativas y psicológicas de los miembros, los cuales varían según el objetivo y las tareas del grupo.

La taxonomía propuesta por Maqtary et al. clasifica los atributos de los integrantes y los atributos del grupo en diferentes niveles, ofreciendo un marco teórico para entender cómo estas características pueden influir en la eficacia de los grupos. Los atributos detectables como la edad, el sexo y la etnia racial son considerados representaciones de los valores, creencias y actitudes de los individuos, y pueden influir en la dinámica del grupo, afectando la integración social y la comunicación.

El tamaño del grupo es un factor crítico en el aprendizaje colaborativo. Estudios indican que el tamaño óptimo de los grupos puede variar según la naturaleza del trabajo y la duración de la tarea, con recomendaciones generales que sugieren que los grupos pequeños (de 2 a 6 miembros) son más eficaces. Grupos más pequeños permiten una mayor participación y facilitan la programación de reuniones, mientras que grupos más grandes pueden ofrecer una mayor

diversidad y requerir recursos adicionales para realizar las tareas de aprendizaje.

El contexto y el tipo de comunicación son también elementos clave en la formación de grupos. La integración de herramientas de comunicación sincrónica y asincrónica, facilitadas por las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), puede enriquecer las experiencias de aprendizaje, permitiendo una mayor flexibilidad en el acto educativo. Este enfoque mixto combina las ventajas de la formación virtual y presencial, optimizando la interacción y colaboración entre los miembros del grupo.

Finalmente, la revisión de técnicas computacionales aplicadas a la formación de grupos muestra una amplia variedad de enfoques, desde algoritmos genéticos hasta técnicas de minería de datos y sistemas multi-agente. Esta diversidad de métodos refleja la complejidad y la importancia de formar grupos efectivos en contextos de aprendizaje colaborativo, subrayando la necesidad de continuar investigando y desarrollando estrategias para mejorar la formación de grupos en entornos educativos.

CAPÍTULO 4.

Algoritmos evolutivos

Los algoritmos evolutivos emulan los procesos observados en la evolución natural de las especies. La base de estas técnicas es sostener una población de individuos que, sometidos a presión ambiental y a través de la selección natural o supervivencia del más apto, experimenta una mejora continua en la calidad de los individuos. Este procedimiento se repite, de manera que, al concluir el proceso evolutivo, los individuos sobrevivientes poseen las mejores características o son considerados los más fuertes (Yao, 2003).

4.1. Principios y Estructura General

Es notable que un campo con tan alta demanda investigativa actual se fundamente en conceptos tan antiguos como la evolución de las especies, descritos por Charles Darwin en "El origen de las especies". En este libro se identifican principios como la selección natural y la supervivencia del más apto, que sirven como métricas de la evolución natural (Darwin, 2009). Entre estos principios destacan:

- La alta fertilidad de los individuos de una especie, que generan descendencia con probabilidades de alcanzar la adultez.
- La tendencia de la población a mantenerse constante en ausencia de factores externos.
- La competencia por la supervivencia ante recursos limitados.
- La variabilidad entre los individuos, que influye en su capacidad de supervivencia.
- La importancia de la herencia en algunas de estas variaciones.
- La mayor probabilidad de reproducción de los individuos más aptos.

La computación evolutiva se fundamenta en el neo-Darwinismo (Fogel, 2005), que se apoya en la teoría darwiniana, los conceptos de selección de Weissman (Baldwin, 1976; Jenkins, 1990) y la genética de Mendel (Baldwin, 1976). Fogel (1994) argumenta que la evolución está regida por procesos estadísticos simples:

- **Reproducción:** Creación de nuevos individuos a partir de la población existente, dando lugar a una población derivada potencialmente mayor.
- **Mutación:** Introduce cambios mínimos en los individuos para diversificar la población.
- **Competencia:** Compara individuos para medir su aptitud.
- **Selección:** Identifica y prioriza a los individuos mejor adaptados, generalmente sobreviven solo los más fuertes.
- **Repetición:** La iteración de los subprocesos anteriores un número específico de veces.

La Figura 6 ilustra la integración de estos elementos con un enfoque de implementación computacional. Se inicia con la creación de una población inicial que, a través de su representación computacional, engloba todas las características pertinentes al problema a resolver. Tras pasar por los subprocesos de evolución, se espera obtener una solución única y satisfactoria dentro de los límites del espacio de búsqueda y las restricciones establecidas.

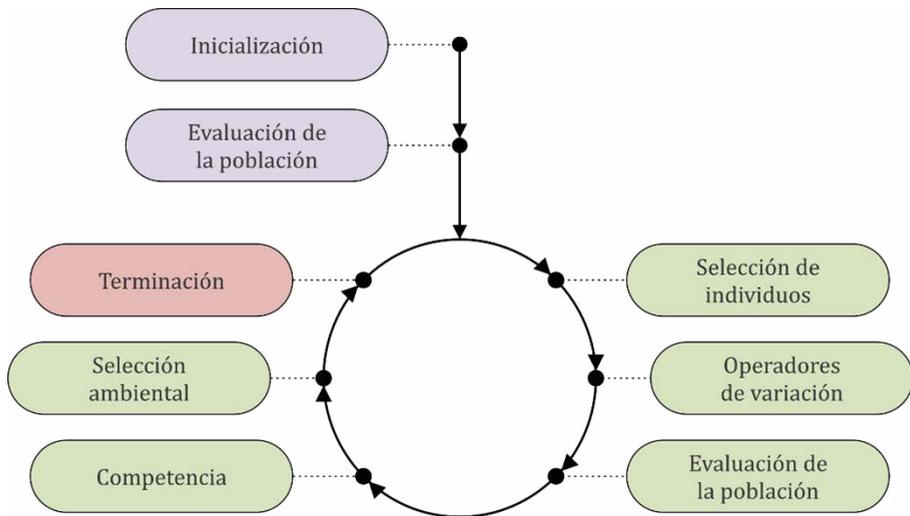


Figura 6. Estructura general del proceso evolutivo (D. E. Goldberg, 1989)

En el contexto de la computación evolutiva, una población representa el conjunto de todas las soluciones potenciales a un problema específico en un momento dado. Este conjunto es denominado "población" porque cada solución funciona como un individuo que evoluciona, sufriendo cambios que se consideran mejoras. La evolución de cada individuo es constante hasta el final del proceso evolutivo.

Para modificar este conjunto, se selecciona un subconjunto μ' de la población general μ , al cual se le aplican operadores de mutación. Los elementos compiten basándose en su calidad individual. La "selección ambiental" difiere de la "selección de individuos" en que la primera puede elegir entre una población compuesta por $\mu \cup \mu'$, mientras que la segunda se centra en seleccionar los mejores individuos considerados como padres (Bäck y Schwefel, 1993).

Los individuos más aptos son seleccionados para formar parte de la población de la siguiente generación, completando así una iteración del proceso. La evolución, en esencia, se puede considerar como una serie de repeticiones de estos pasos. Es crucial reconocer que el proceso llega a su fin cuando se alcanza el criterio de parada, y el mejor individuo dentro de la población se identifica como la solución final. Si no se ha alcanzado el criterio de parada, el proceso inicia una nueva iteración.

El criterio de parada en un algoritmo evolutivo es la condición que determina cuándo debe finalizar la ejecución del algoritmo. Generalmente, este criterio se establece con base en un número específico de iteraciones, la consecución de un valor objetivo o la detección de una estabilización en este valor, entre otros factores.

Dentro de un algoritmo evolutivo, una "generación" se refiere a una iteración completa del proceso de búsqueda. Esta iteración se considera completa cuando todos los componentes del proceso evolutivo se han

ejecutado secuencialmente para el conjunto de individuos. El objetivo es que el proceso evolutivo sea repetitivo y cíclico.

Así las cosas, la Figura 6 ilustra la estructura general de un proceso evolutivo. El inicio de este proceso se indica con flechas verticales, mientras que las repeticiones se marcan con flechas circulares. Al comenzar una iteración (o generación), la selección de padres puede basarse tanto en individuos recién inicializados como en los mejores individuos de la generación previa. Este enfoque técnico proporciona una base para entender 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

Así pues, 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 y Páez, 2004)

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

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.

4.2.1. 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 7.

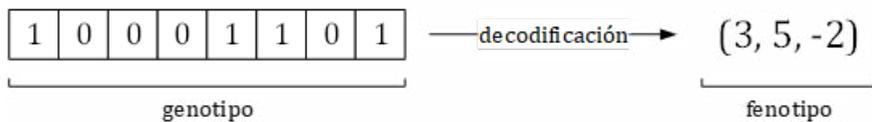


Figura 7. Representación del genotipo y fenotipo (Elaboración propia)

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 8 se muestra un ejemplo de estas tres codificaciones.

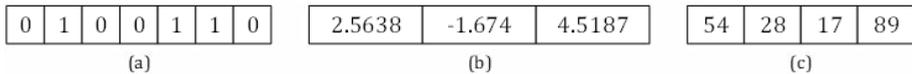


Figura 8. Representación binaria (a), real (b) y entera (c) (Elaboración propia)

4.2.2. Población

En el contexto de los algoritmos evolutivos, un individuo representa una solución potencial al problema en cuestión, y se caracteriza por poseer un cromosoma que codifica los valores de dicha solución. La población, entonces, se compone de un conjunto de estos individuos, donde la aptitud de cada uno refleja la calidad de la solución propuesta. Al evaluar a cada individuo mediante una función objetivo y compararlo con el resto de la población, se determina su nivel de superioridad o inferioridad en relación con los demás.

Es común en los algoritmos evolutivos mantener un tamaño de población constante. Sin embargo, existen propuestas que experimentan con tamaños de población variables (Tan et al., 2001). Además, la nueva generación de descendientes puede reemplazar completamente a la generación de los padres, o bien, ambas generaciones pueden unirse para después seleccionar únicamente a los mejores individuos, asegurando así un tamaño de población fijo que no aumente generación tras generación.

4.2.3. Función Objetivo

La función objetivo es aquella que se desea minimizar o maximizar, representando el desafío a optimizar. Esta función cumple el papel de ambiente, determinando cuáles individuos poseen mayor aptitud y, por ende, tienen más probabilidades de sobrevivir y reproducirse. El valor resultante de la función objetivo es lo que define la aptitud de cada individuo.

4.2.4. Mecanismos de Selección

Los mecanismos de selección buscan identificar a los padres que contribuirán en el proceso reproductivo para formar la nueva generación. La selección se basa en la aptitud de cada padre y su calidad relativa respecto a los demás individuos. El propósito es incrementar la probabilidad de selección de los mejores padres, imitando la selección natural y aplicando presión evolutiva para mejorar la calidad de los individuos, de modo que la descendencia supere a la generación anterior.

Dentro de las múltiples estrategias de selección descritas en la literatura, se destacan las siguientes:

- Selección proporcional (Holland, 1992): Los individuos son seleccionados según su contribución a la aptitud total de la población, incluyendo métodos como la ruleta (De Jong, 1975), el muestreo determinístico (De Jong, 1975) y el sobrante estocástico (Booker, 1982; Brindle, 1981).

•Selección mediante torneo (Wetzel, 1983): Se compara directamente la aptitud entre dos o más individuos en cada torneo. Tras seleccionar una muestra aleatoria como participantes, el ganador será aquel con la mayor aptitud. Las variantes incluyen la determinística, donde siempre se elige al más apto, y la probabilística, donde se elige al más apto con cierta probabilidad, y de lo contrario, al menos apto.

•Selección de estado uniforme (Whitley, 1989): Solo algunos individuos son reemplazados por nuevos en cada generación, técnica utilizada en algoritmos genéticos no generacionales.

4.2.5. 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 9. 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.

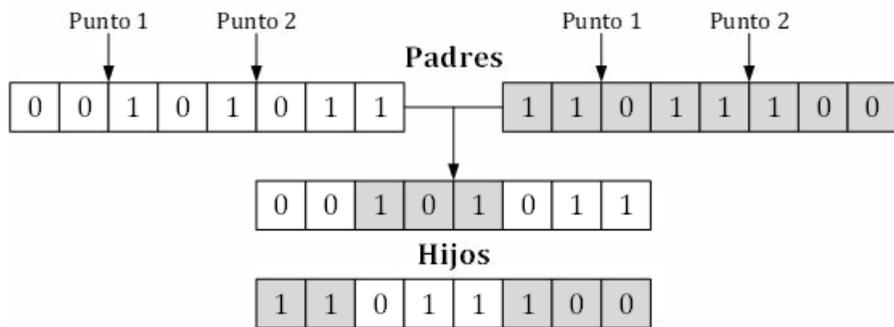


Figura 9. Cruce de dos puntos (Elaboración propia)

4.2.6. 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 10.

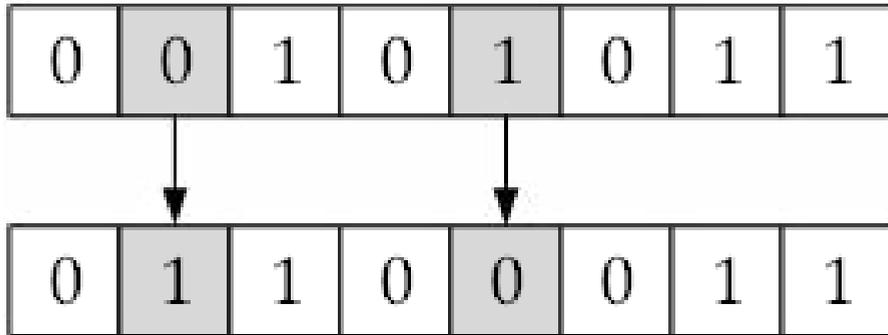


Figura 10. Mutación con $p = 0.25$ (Elaboración propia)

4.2.7. Elitismo

El mecanismo de elitismo tiene como objetivo garantizar la supervivencia y continuidad, sin alteraciones, de los individuos más aptos de la población actual en el proceso evolutivo hacia la siguiente generación. Este enfoque asegura la preservación de la mejor aptitud identificada hasta el momento, previniendo su pérdida en generaciones futuras. El elitismo resulta crucial dado que existe evidencia matemática que avala la convergencia global de los algoritmos evolutivos (Rudolph, 1994).

4.3. Principales Paradigmas en el Cómputo Evolutivo

El cómputo evolutivo abarca varios paradigmas que, si bien comparten la premisa del neo-darwinismo y el empleo de una población de soluciones, se distinguen por sus métodos específicos para la selección, cruce, mutación y elitismo. Entre estos paradigmas se encuentran los algoritmos

genéticos, las estrategias evolutivas y la programación evolutiva. Existen también otras técnicas relevantes como la programación genética (Koza, 1992), la evolución diferencial (Storn y Price, 1995), la optimización por enjambre de partículas (Kennedy y Eberhart, 2001), la optimización con algoritmos de 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 y Martí, 2003). A continuación, se presenta una breve descripción de los algoritmos genéticos, el paradigma seleccionado para este trabajo.

Algoritmos genéticos

Según Goldberg (1989), los algoritmos genéticos son métodos de búsqueda que simulan la selección natural y los principios genéticos. Estos algoritmos fusionan la noción de "supervivencia del más apto" entre estructuras de secuencias con un intercambio informativo estructurado y aleatorio, emulando así el ingenio humano en la resolución de problemas.

Los algoritmos genéticos operan con una población de individuos que representan soluciones potenciales al problema en cuestión. Cada individuo se evalúa según su adecuación, reflejada en un valor de bondad, y se somete a procesos de evolución a lo largo de generaciones. Este enfoque actúa en el nivel del genotipo (Freisleben y Härtfelder, 1993), aplicando operadores genéticos específicos de cruce y mutación para explorar y explotar el espacio de búsqueda de soluciones.

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.

Resumen del Capítulo 4:

El capítulo "Algoritmos Evolutivos" aborda esta técnica computacional como una sofisticada metodología inspirada en los procesos de la evolución natural, capturando la esencia de la selección natural y la supervivencia del más apto para resolver problemas complejos. Estos algoritmos mantienen una población de posibles soluciones que, sometidas a diversas presiones evolutivas, mejoran con el tiempo, imitando el proceso natural de selección donde solo los individuos más aptos sobreviven y se reproducen.

En la estructura general de los algoritmos evolutivos, se destaca la generación inicial de una población aleatoria, seguida por la evaluación de la aptitud de cada individuo en función de su capacidad para resolver el problema en cuestión. Este ciclo iterativo de selección, cruce y mutación se repite hasta alcanzar un criterio de parada predefinido, como un número máximo de generaciones o una solución óptima deseada. Este enfoque garantiza una mejora constante en la calidad de las soluciones generadas.

Los componentes esenciales de los algoritmos evolutivos incluyen la representación de individuos, donde cada uno se codifica en un cromosoma que encapsula una posible solución. El proceso de selección favorece a los individuos más aptos, que se combinan mediante cruces para producir nueva descendencia, mientras que la mutación introduce variaciones aleatorias que pueden llevar a soluciones novedosas. El elitismo asegura que las mejores soluciones encontradas hasta el momento no se pierdan en las generaciones siguientes.

Dentro del amplio abanico de paradigmas evolutivos, los algoritmos genéticos se destacan por su efectividad y versatilidad. Inspirados en los principios de la genética natural, combinan la selección natural con operaciones genéticas como el cruce y la mutación para explorar eficientemente el espacio de soluciones. Este paradigma se complementa con otros enfoques como las estrategias evolutivas y la programación genética, cada uno aportando técnicas específicas para optimizar diferentes tipos de problemas.

Los algoritmos evolutivos ofrecen una poderosa herramienta para la resolución de problemas complejos, aprovechando conceptos biológicos ancestrales para innovar en la computación moderna. Su capacidad para adaptarse y mejorar continuamente las soluciones convierte a estos algoritmos en una opción preferida en numerosos campos de investigación y aplicación práctica, demostrando así la vigencia y aplicabilidad de las teorías evolutivas en la era digital.

CAPÍTULO 5.

El modelo

Este capítulo introduce un modelo metodológico diseñado específicamente para la formación de grupos en contextos de aprendizaje colaborativo, enfocándose en rasgos de personalidad. Este modelo se plantea como una herramienta didáctica para facilitar la enseñanza de la Programación y la Ingeniería de Software en entornos universitarios. Se detallan las etapas y las actividades relevantes a considerar en el proceso.

5.1. Propuesta Metodológica

La propuesta metodológica para formar grupos en el aprendizaje colaborativo, basada en rasgos de personalidad, se articula en un proceso secuencial dividido en tres etapas. Las entradas y salidas de cada etapa se ilustran en el esquema de la Figura 11.

Cabe mencionar que este modelo de formación de grupos se extiende hasta la segunda etapa. La inclusión de una tercera etapa, que aborda las actividades colaborativas específicas, sirve únicamente para evaluar la eficacia del modelo. Esta fase se adaptaría según las particularidades del contexto académico donde se implemente, siguiendo la estructura de pre-proceso, proceso y post-proceso propuesta por Guerrero et al. (1999). En este estudio, se han diseñado actividades colaborativas adaptadas a cursos universitarios de Programación e Ingeniería de Software.

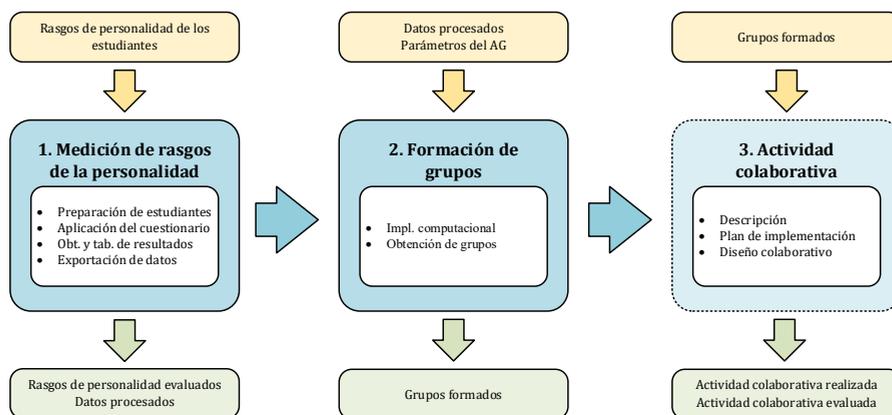


Figura 11. Esquema Metodológico (Elaboración propia)

5.2. Medición de Rasgos de Personalidad

Basado en el Modelo de los Cinco Grandes, este trabajo utiliza una versión en español del BFI (Big Five Inventory) de John et al. (1991) para medir los rasgos de personalidad de los estudiantes. Este instrumento no tiene como fin emitir diagnósticos psicológicos, sino proporcionar datos para el algoritmo de formación de grupos.

5.2.1. El Cuestionario

Se utiliza la adaptación al español del BFI, autorizada por Oliver P. John y Verónica Benet-Martínez, como instrumento de medición. La Figura 12 muestra el "Spanish Big Five Inventory", basado en el análisis del artículo "Los Cinco Grandes Across Cultures and Ethnic Groups: Multitrait Multimethod Analyses of the Big Five in Spanish and English" (Benet-

Martínez y John, 1998). El cuestionario incluye 44 ítems de tipo Likert¹, distribuidos según las dimensiones del modelo Big Five, detallados en la Tabla 7.

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

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

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

Figura 12. Spanish Big Five Inventory (Benet-Martínez y John, 1998)

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

Tabla 7. Ítems del BFI organizados por dimensión

| Dimensión | Ítem | Descripción |
|--------------------------------------|---|--|
| Extraversión (Extraversión) | 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. |
| Aagreeableness (Agradabilidad) | 43 | Es extrovertido, sociable. |
| | 2 | Tiende a ser crítico. |
| | 7 | Es generoso y ayuda a los demás. |
| | 13 | Inicia disputas con los demás. |
| | 22 | Es a veces maleducado con los demás. |
| | 24 | Es generalmente confiado. |
| | 28 | Es indulgente, no le cuesta perdonar. |
| | 33 | Es a veces frío y distante. |
| 37 | Es considerado y amable con casi todo el mundo. | |
| 41 | Le gusta cooperar con los demás. | |
| Conscientiousness (Meticulosidad) | 3 | Es minucioso en el trabajo. |
| | 8 | Puede ser a veces algo descuidado. |
| | 14 | Es un trabajador, digno de confianza. |
| | 18 | Tiende a ser desorganizado. |
| | 21 | Persevera hasta terminar el trabajo. |
| | 25 | Tiende a ser flojo, vago. |
| | 29 | Hace las cosas de manera eficiente. |
| | 34 | Hace planes y los sigue cuidadosamente. |
| 42 | Se distrae con facilidad. | |

| Dimensión | Ítem | Descripción |
|---|-----------------------------------|--|
| Neuroticism (Inestabilidad Emocional) | 4 | Es depresivo, melancólico. |
| | 9 | Es clamado, controla bien el estrés. |
| | 15 | Con frecuencia se pone tenso. |
| | 19 | Es emocionalmente estable, difícil de alterar. |
| | 26 | Se preocupa mucho por las cosas. |
| | 30 | Es temperamental, de humor cambiante. |
| | 35 | Mantiene la calma en situaciones difíciles. |
| Openness (Apertura) | 38 | Se pone nervioso con facilidad. |
| | 5 | Es original, se le ocurren ideas nuevas. |
| | 10 | Tiene intereses muy diversos. |
| | 12 | Prefiere trabajos que son rutinarios. |
| | 17 | Valora lo artístico, lo estético. |
| | 20 | Tiene una imaginación activa. |
| | 23 | Es inventivo. |
| | 31 | Es ingenioso, analítico. |
| | 36 | Le gusta reflexionar, jugar con las ideas. |
| | 39 | Es educado en arte, música o literatura. |
| 44 | Tiene pocos intereses artísticos. | |

5.2.2. 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 (ver Tabla 9):

Tabla 9. Puntuaciones BFI para Individuo a Recodificadas

| Ítem | Puntaje | Ítem | Puntaje | Ítem | Puntaje | Ítem | Puntaje |
|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|
| 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 (ver Tabla 10):

Tabla 10. Obtención de puntuaciones para cada dimensión

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

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

5.2.3. Preparación de los Estudiantes

Antes de administrar el cuestionario, es crucial que el docente explique claramente a los alumnos el propósito y la importancia del proceso. Es esencial instar a los estudiantes a responder con total sinceridad, enfatizando que no existen respuestas “correctas” o “incorrectas”, y que el objetivo es obtener un perfil de personalidad para facilitar la formación de grupos.

Se recomienda documentar este proceso a través de un “Consentimiento Informado”, donde los estudiantes autoricen el uso de sus respuestas con fines específicos, aquí, para la formación de grupos educativos. Este consentimiento puede recogerse en papel o digitalmente. En el Apéndice A se muestra el formato utilizado en este estudio, integrado en la plataforma Moodle™ para la recogida de respuestas.

5.2.4. Aplicación del Cuestionario

Una vez preparados los estudiantes, se procede con la administración del "Spanish BFI", como se ilustra en la Figura 12. Este cuestionario puede personalizarse para recabar información adicional de los estudiantes, como identificación, nombre, edad y género.

La administración puede ser en papel o digitalmente, mediante formularios PDF, hojas electrónicas o aplicaciones específicas. En este estudio, se utilizó una actividad de tipo "Encuesta" en Moodle™, complementada con un plugin "Resultados BFI" para automatizar desde la entrega hasta la recopilación de resultados. El Apéndice B muestra capturas de pantalla de estos recursos, disponibles gratuitamente para fines académicos o investigativos previa solicitud a los autores.

5.2.5. Obtención y Tabulación de Resultados

Tras la aplicación del cuestionario, se recogen las puntuaciones individuales en cada dimensión de personalidad, siguiendo el método descrito en la Sección 5.2.2. La recopilación de resultados puede ser manual o automatizada mediante software especializado. Se recomienda una tabulación de datos que facilite la interpretación y análisis posterior, como se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11. Tabulación sugerida de resultados

| ID | Nombre | E | A | C | N | O |
|-----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | Individuo 1 | 4.50 | 4.00 | 3.67 | 2.25 | 4.60 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

5.2.6. Exportación de Datos

Después de tabular los resultados, el siguiente paso es la preparación de un archivo de texto plano, utilizando el formato CSV (valores separados por comas), que servirá como entrada para el algoritmo de agrupamiento. Es crucial atender a dos escenarios posibles que pueden surgir en este punto:

Estudiantes que han completado el cuestionario pero que, al momento de formar los grupos, ya no forman parte del curso. Esto puede deberse a retiros del curso. En estos casos, es necesario eliminar dichos registros del archivo.

Estudiantes que no aparecen en el listado probablemente porque no completaron el cuestionario y no lo harán. Para estos casos, se añade a estos estudiantes al listado, asignándoles los valores promedio del grupo en cada una de las dimensiones de personalidad, garantizando así su inclusión en el proceso de formación de grupos.

La Figura 13 muestra un ejemplo de cómo se debe preparar el archivo mencionado:

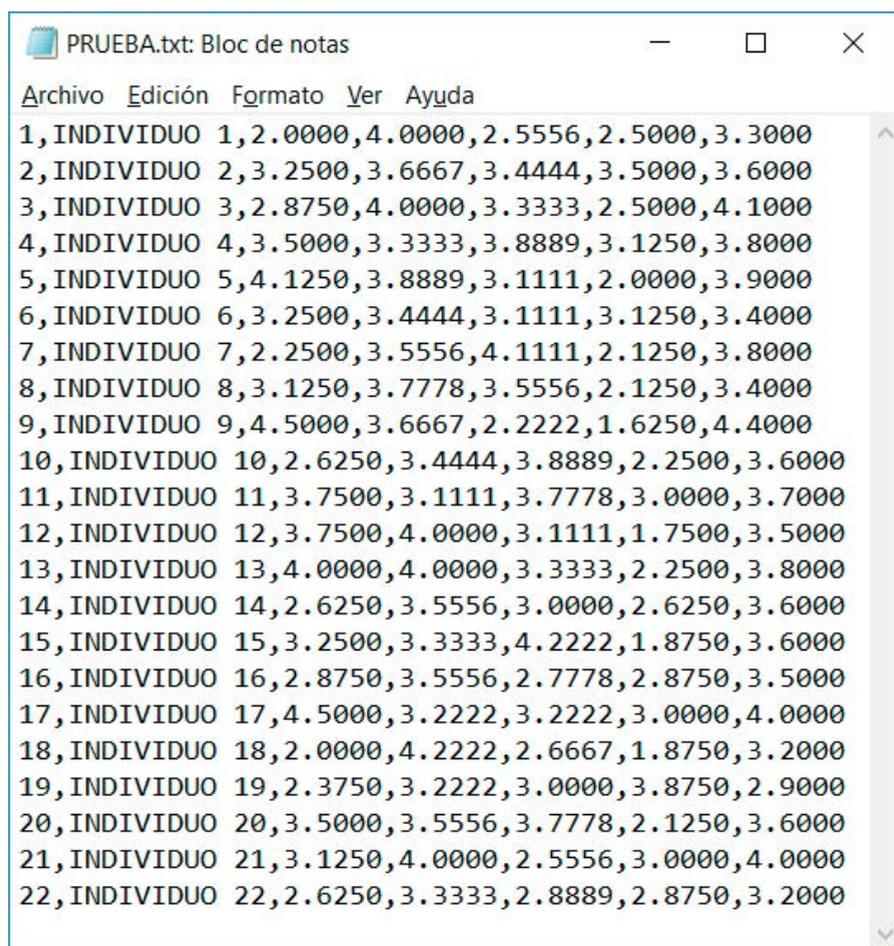


Figura 13. Muestra del archivo de texto plano (Elaboración propia)

En este formato, cada dato está separado por una coma. Este formato sigue la recomendación de tabulación descrita en la Sección 5.2.5, en el orden de: identificación, nombre (omitido aquí por privacidad), extraversión, agradabilidad, meticulosidad, neuroticismo y apertura. Esta estructuración de los datos asegura una correcta manipulación y análisis posterior por el algoritmo de agrupamiento, facilitando la formación efectiva de los grupos basada en rasgos de personalidad.

5.3. 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 o nada 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 y Kochenberger, 2010; Reeves, 1993; Resende y 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 3.2.4, 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.

5.3.1. Fundamentación Matemática y Algorítmica de la Propuesta

Basándonos en los principios de los algoritmos genéticos y la particularidad del desafío que enfrentamos, se detalla en este segmento el enfoque propuesto para la formación de grupos. Inspirándonos en la metodología sugerida por Moreno et al. (2011), orientada a la agrupación homogénea de elementos, abordamos tanto la formulación matemática como la implementación algorítmica de nuestro modelo. Este abarca desde la representación de los estudiantes hasta la evaluación de las soluciones propuestas y la utilización de operadores específicos en la ejecución del algoritmo genético.

5.3.1.1 Generalidades

La tarea de organizar grupos dentro de entornos de aprendizaje colaborativo es compleja, especialmente cuando se busca equilibrar la diversidad interna. El éxito académico colectivo depende significativamente de una estrategia adecuada que considere múltiples aspectos de los estudiantes (Bekele, 2005). Existen numerosas metodologías algorítmicas y de optimización reportadas en la literatura para esta finalidad, incluyendo algoritmos genéticos, híbridos, difusos, y otros métodos avanzados. Esto evidencia la vastedad de investigaciones dedicadas a la optimización en la formación de grupos.

El uso de algoritmos genéticos se destaca por su eficacia en manejar grandes cantidades de variables y su capacidad para ofrecer rápidamente

soluciones de alta calidad, en este caso, conformaciones grupales eficaces.

El modelo presentado aspira a establecer grupos homogéneos, heterogéneos o una combinación de ambos, centrándose en los rasgos de personalidad de los estudiantes. Estos rasgos se evalúan mediante el modelo de los "Cinco Grandes", utilizando un instrumento de autoevaluación fundamentado en dicho modelo. La finalidad es calcular los rasgos de cada individuo dentro de un conjunto global, determinar el promedio del grupo en cada dimensión del modelo Big Five y organizar los grupos con el propósito de optimizar la homogeneidad entre sus miembros y la heterogeneidad entre los distintos grupos.

5.3.1.2. 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 14.

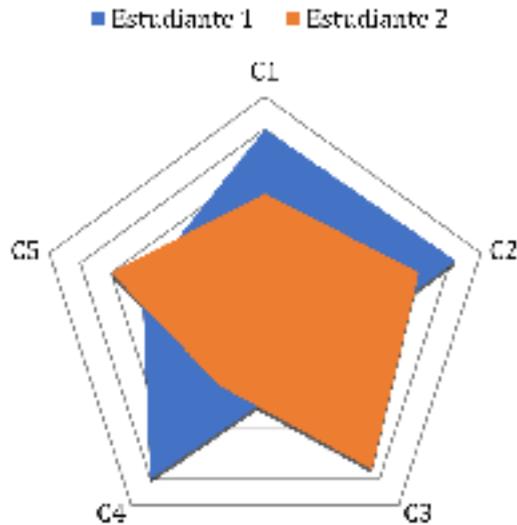


Figura 14. Representación de dos estudiantes (Elaboración propia)

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.

5.3.1.3. 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

| | E_1 | E_2 | E_3 | E_4 | E_5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| G_1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| G_2 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| G_3 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| G_4 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |

5.3.1.4. 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):

$$TM = \left\{ \overline{C_1}, \overline{C_2}, \dots, \overline{C_M} \right\} \quad (4)$$

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:

$$IM_g^i = \left\{ \overline{X_{g,1}^i}, \overline{X_{g,2}^i}, \dots, \overline{X_{g,M}^i} \right\} \quad (5)$$

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 a continuación.

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:

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

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 | C₁ | C₂ | C₃ |
|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 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 5.3.1.2., se obtiene la Tabla 15.

Tabla 15. Valores escalados

| ID | C₁ | C₂ | C₃ |
|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 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:

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

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 15.

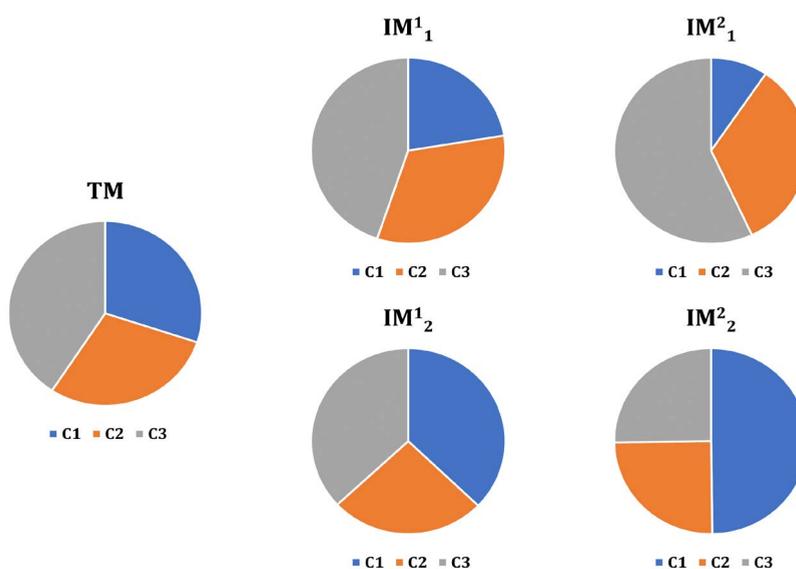


Figura 15. Representación de los resultados (Elaboración propia)

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:

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

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 .

5.3.1.5. Población Inicial y Evolución

En el ejemplo representado previamente 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 5.3.1.3. 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 anteriormente en la Figura 6, 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.

5.3.1.6. 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 y 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 $r \rightarrow [0,1]$.
- 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 α 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

| Individuo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fitness | 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), como se muestra en la Tabla 18:

Tabla 18. Cálculo de probabilidades de selección

| Individuo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fitness | 0,21 | 0,24 | 0,25 | 0,75 | 0,34 | 0,49 | 0,28 | 0,80 |
| p_i | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,22 | 0,10 | 0,14 | 0,08 | 0,24 |

c) Cálculo de las *probabilidades acumuladas*, como se muestra en la Tabla 19:

Tabla 19. Cálculo de probabilidades acumuladas

| Individuo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fitness | 0,21 | 0,24 | 0,25 | 0,75 | 0,34 | 0,49 | 0,28 | 0,80 |
| p_i | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,22 | 0,10 | 0,14 | 0,08 | 0,24 |
| q_i | 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 16.

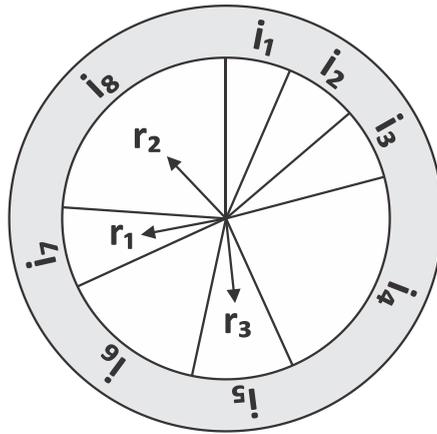


Figura 16. Representación del método de la ruleta (Elaboración propia)

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), como se muestra en la Tabla 20:

Tabla 20. Cálculo de valores normalizados

| Individuo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fitness | 0,21 | 0,24 | 0,25 | 0,75 | 0,34 | 0,49 | 0,28 | 0,80 |
| <i>normV(i)</i> | 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), como se muestra en la Tabla 21:

Tabla 21. Cálculo de probabilidades de selección (minimización)

| Individuo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fitness | 0,21 | 0,24 | 0,25 | 0,75 | 0,34 | 0,49 | 0,28 | 0,80 |
| <i>normV(i)</i> | 1,00 | 0,95 | 0,93 | 0,08 | 0,78 | 0,53 | 0,88 | 0,00 |
| <i>p_i</i> | 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*, como se muestra en la Tabla 22:

Tabla 22. Cálculo de probabilidades acumuladas (minimización)

| Individuo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fitness | 0,21 | 0,24 | 0,25 | 0,75 | 0,34 | 0,49 | 0,28 | 0,80 |
| <i>normV(i)</i> | 1,00 | 0,95 | 0,93 | 0,08 | 0,78 | 0,53 | 0,88 | 0,00 |
| <i>p_i</i> | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,02 | 0,15 | 0,10 | 0,17 | 0,00 |
| <i>q_i</i> | 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 17.

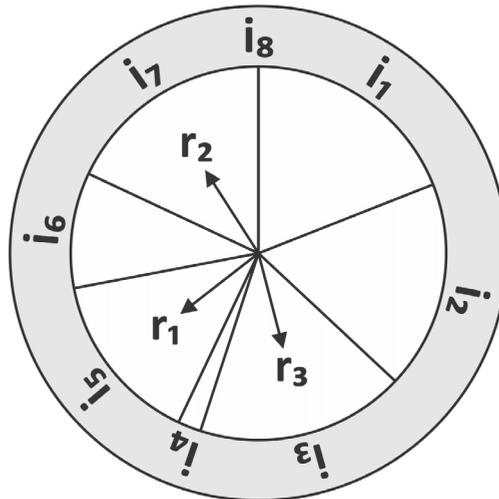


Figura 17. Representación del método de la ruleta (Minimización) (Elaboración propia)

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 y 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 18. 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.

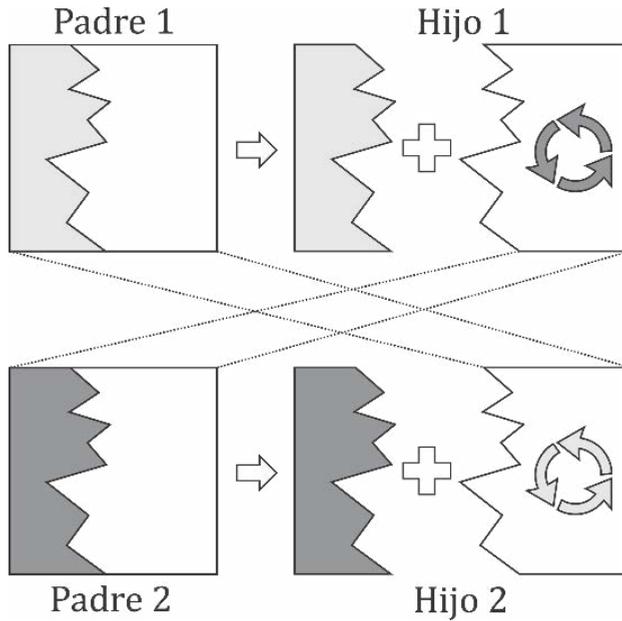


Figura 18. Operador C1 modificado (Elaboración propia)

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).

5.3.1.7. 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 p_m 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.

5.3.1.8. 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 5.2.

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 6.5.1 y 6.5.2.

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 5.3.1.3.

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 5.3.1.4. 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 19 ilustra el flujo principal del proceso de formación de grupos de estudiantes, utilizando el algoritmo genético propuesto.

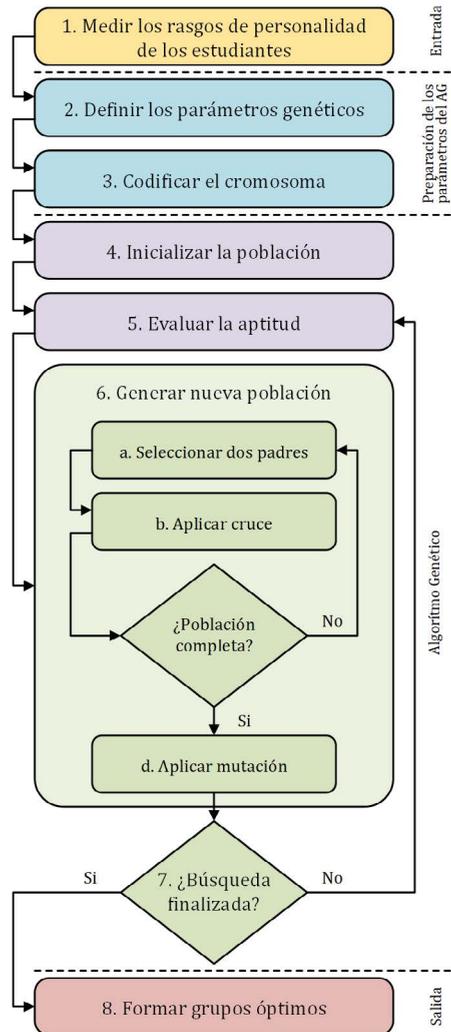


Figura 19. Flujo principal del proceso de formación de grupos de estudiantes (Adaptado de Krouska y Virvou (2020))

5.3.1.9. 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.

5.3.2. 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 5.2.6.

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 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 20 se presenta el diagrama de clases de la librería TEAM-B v2.2, la cual puede tomarse como referencia para implementaciones personalizadas. En el Apéndice 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.

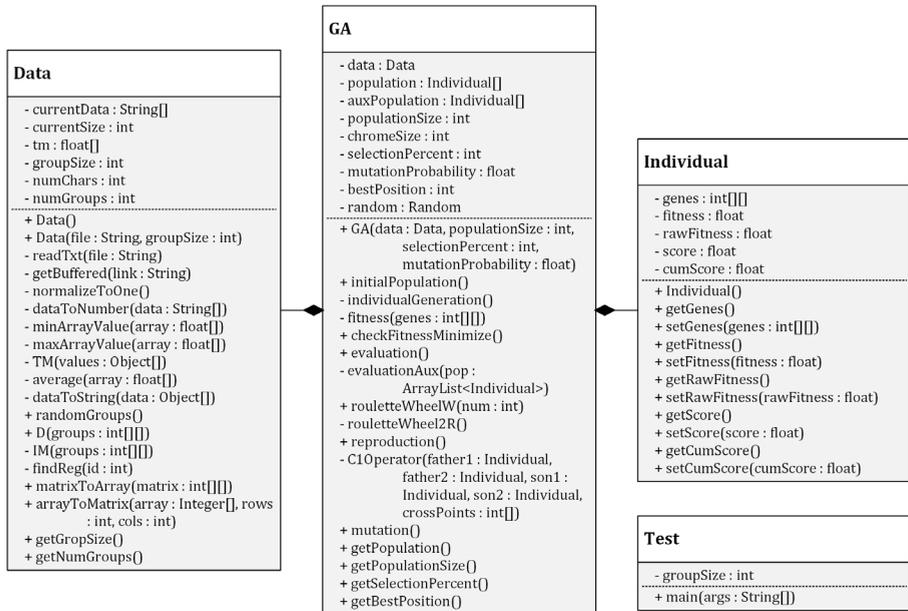


Figura 20. Diagrama de clases de la librería TEAM-B v2.2 (Elaboración propia)

5.3.3. 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 5.2, 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 Apéndice 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 5.2.6.

5.4. 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 21). 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 21. Procesos operativos del desempeño colaborativo (Elaboración propia)

El instrumento está compuesto por un cuestionario que permite valorar el nivel de desempeño colaborativo (ver Apéndice E), y por un documento que permite a los estudiantes interpretar la puntuación obtenida y les proporciona pautas para el mejoramiento (ver Apéndice 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 Apéndice 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 22 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).

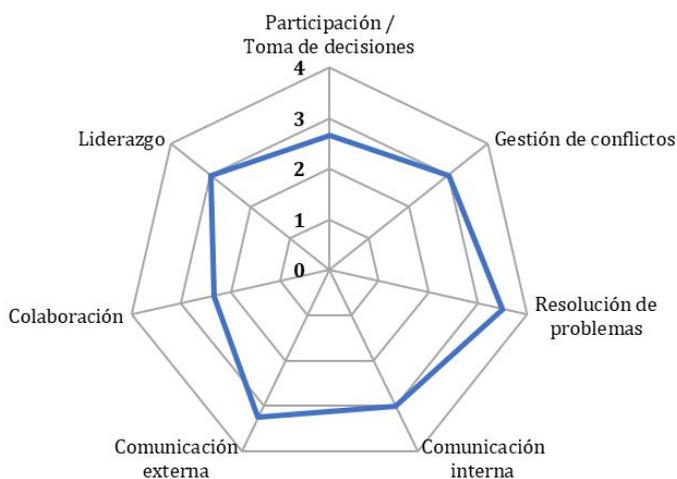


Figura 22. Ejemplo de una huella para un grupo de trabajo (Elaboración propia)

Resumen del Capítulo 5:

El capítulo "El Modelo" presenta un modelo metodológico exhaustivo y detallado para la formación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo, fundamentado en la medición de rasgos de personalidad. La combinación de teorías psicológicas con algoritmos de optimización proporciona una herramienta poderosa para mejorar la dinámica y efectividad del aprendizaje en entornos universitarios. Este modelo, secuencialmente dividido en tres etapas, integra la evaluación de la personalidad mediante el Big Five Inventory (BFI), adaptado al español, como núcleo de su estrategia.

La primera etapa de este modelo se enfoca en la medición de rasgos de la personalidad de los estudiantes. Utilizando la adaptación del BFI, se evalúan cinco dimensiones clave: Extraversión, Agradabilidad, Meticulosidad, Inestabilidad Emocional y Apertura. La aplicación del cuestionario se realiza bajo un entorno controlado, recomendándose la sinceridad absoluta de los estudiantes, asegurando así la validez y fiabilidad de los resultados. Esta evaluación no busca diagnosticar psicológicamente a los participantes, sino proporcionar datos que alimenten el algoritmo de agrupamiento.

La siguiente etapa del modelo contempla la preparación y tabulación de los resultados obtenidos del cuestionario BFI. Este proceso incluye la recodificación de ítems con claves negativas y la posterior obtención de puntuaciones promedio para cada dimensión de personalidad. Estos datos, cuidadosamente organizados, se exportan en un formato compatible con el algoritmo de agrupamiento, asegurando que se mantenga la integridad y confidencialidad

de la información de los estudiantes. La formación de grupos propiamente dicha es abordada en esta etapa. Este desafío combinatorio, que busca equilibrar varios atributos de personalidad para crear grupos homogéneos, heterogéneos o mixtos, es resuelto mediante un algoritmo genético. Este enfoque permite una búsqueda heurística eficiente, capaz de manejar grandes volúmenes de datos y múltiples variables, garantizando la formación de grupos equilibrados en términos de personalidad. La implementación de este algoritmo no solo facilita la creación de grupos efectivos, sino que también se adapta dinámicamente a las necesidades específicas del entorno educativo.

Finalmente, en la tercera etapa, la evaluación del modelo, se incluye la incorporación de actividades colaborativas diseñadas específicamente para cursos de Programación e Ingeniería de Software. Estas actividades permiten validar la efectividad del modelo en un contexto real de aprendizaje, promoviendo una mayor interacción y cohesión entre los estudiantes. El éxito de esta metodología radica en su capacidad para integrar teorías psicológicas con técnicas avanzadas de optimización, ofreciendo así una solución robusta y aplicable en diversas disciplinas académicas.

CAPÍTULO 6.

Resultados

En este capítulo, se exponen detalladamente los resultados obtenidos a partir de la implementación del diseño experimental. Se inicia con la descripción de cómo se efectuaría una sesión de clase conforme al modelo propuesto. Seguidamente, se delinear los grupos empleados para la experimentación y se ofrece un ejemplo de los resultados alcanzados en la evaluación de rasgos de personalidad de los estudiantes. A continuación, se detallan los hallazgos relacionados con la configuración, ejecución y rendimiento del algoritmo genético, culminando con los resultados derivados del experimento propuesto.

6.1. Diseño Experimental

La investigación se enmarcó en el paradigma positivista, apoyándose en los pilares del conocimiento científico y adoptando una metodología cuantitativa que posibilitó la evaluación numérica de los datos. Se aplicó el método empírico-analítico, centrado en el análisis de fenómenos observables en la realidad. La naturaleza de la investigación fue correlacional, permitiendo determinar el nivel de asociación entre las variables estudiadas. Se optó por un diseño experimental de tipo cuasiexperimental, ya que los grupos de trabajo, detallados más adelante, estaban preestablecidos antes de la intervención experimental. Estos grupos, denominados grupos intactos, se conformaron independientemente de los propósitos del experimento. La experimentación se estructuró en dos etapas o momentos clave, ilustrados en la Figura 23.



Figura 23. Diseño experimental (Elaboración propia)

Los tratamientos experimentales X_i y X_j se distinguen por el tipo de formación de los grupos: homogénea, heterogénea y mixta en la Fase 1; y homogénea y heterogénea en la Fase 2.

Se aplicaron los tratamientos experimentales X_i y X_j a los grupos experimentales, consistiendo estos en implementar el modelo propuesto a través de la realización de actividades colaborativas durante las sesiones programadas para los distintos temas de los cursos. Paralelamente, se trabajó con los grupos de control, a quienes no se les aplicó ningún tratamiento experimental. Con estos grupos se abordaron las temáticas de manera tradicional, permitiendo la formación de grupos según la preferencia de los estudiantes, pero realizando las mismas actividades colaborativas.

El propósito de la Fase 1 fue evaluar el nivel de desempeño colaborativo de los estudiantes comparando los grupos experimentales con los grupos de control. En la Fase 2, además de evaluar el desempeño colaborativo, se midió de manera básica el rendimiento académico de los participantes, contrastando igualmente los grupos experimentales con los grupos de control. También, en la Fase 2, se realizó una comparación entre las pre-pruebas y post-pruebas con el fin de determinar si la experiencia previa en el desarrollo de actividades colaborativas mejora el desempeño colaborativo de los estudiantes.

El experimento se desarrolló 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, quienes cursaban asignaturas de Programación o similares en el momento de realizar el experimento.

6.2. 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 11, realiza los pasos indicados en el diagrama de actividades que se muestra en la Figura 24.

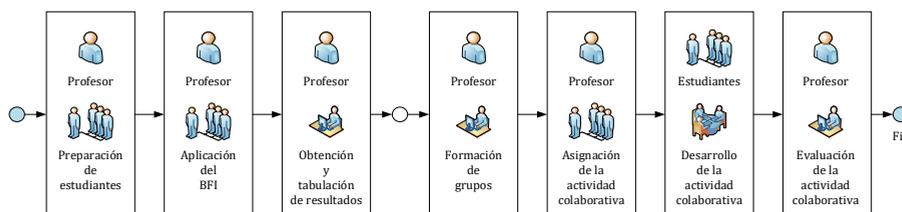


Figura 24. Diagrama de actividades para una sesión de clase (Elaboración propia)

En la Figura 24 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 los cuestionarios, 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 5.2.4). 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 5.2.4).

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.

5. 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 5.3.2, el cual permite obtener la formación homogénea, heterogénea o mixta "ideal" de los grupos, teniendo en cuenta los rasgos de personalidad de los participantes.

6. 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.

7. 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).

8. 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 |

6.3. Caracterización de los Grupos de Experimentación

La validación del modelo de formación de grupos propuesto fue realizada con estudiantes de 16 cursos de Programación e Ingeniería de Software 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 |

| Institución | Programa | Curso |
|---|---|---------------------------------------|
| 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 del 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 5.4, 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 y 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_j): 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 5.4, 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. 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. |
| 1 | 7. Electiva de Ingeniería aplicada | B-2019 | 13 | E | Mixto (C) |
| | 8. Estructuras de información | B-2019 | 16 | E | Heterogéneo |
| | 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. |
| | 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 |
| 2 | 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. |

6.4. 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 5.2.4 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 |

| No. | Estudiante | E | A | C | N | O |
|------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 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 |
| 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 5.3.2, y cuyos resultados de procesamiento se presentan más adelante.

6.5. 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.

6.5.1. 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 (Goldberg y Deb, 1991; 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 y 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 y 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)

6.5.2. 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 previamente 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 |
| 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.

6.5.3. 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 5.3.2, 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 |

| Grupo | Id | Estudiante |
|--------------|-----------|-------------------|
| 4 | 9 | Estudiante 9 |
| | 32 | Estudiante 32 |
| | 25 | Estudiante 25 |
| 5 | 31 | Estudiante 31 |
| | 29 | Estudiante 29 |
| | 24 | Estudiante 24 |
| 6 | 8 | Estudiante 8 |
| | 30 | Estudiante 30 |
| | 3 | Estudiante 3 |
| 7 | 23 | Estudiante 23 |
| | 6 | Estudiante 6 |
| | 33 | Estudiante 33 |
| 8 | 36 | Estudiante 36 |
| | 18 | Estudiante 18 |
| | 34 | Estudiante 34 |
| 9 | 20 | Estudiante 20 |
| | 26 | Estudiante 26 |
| | 27 | Estudiante 27 |
| 10 | 15 | Estudiante 15 |
| | 37 | Estudiante 37 |
| | 22 | Estudiante 22 |
| 11 | 38 | Estudiante 38 |
| | 21 | Estudiante 21 |
| | 14 | Estudiante 14 |
| 12 | 5 | Estudiante 5 |
| | 13 | Estudiante 31 |
| | 17 | Estudiante 17 |
| 13 | 28 | Estudiante 28 |
| | 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 5.3.1.2., 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 |
| | | $\overline{X}_{1,C}$ | 0,4259 | 0,1667 | 0,1364 | 0,9000 | 0,3182 |
| 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 |
| | | $\overline{X}_{2,C}$ | 0,3580 | 0,7143 | 0,2576 | 0,1000 | 0,3182 |

| Grupo | Id | Estudiante | E | A | C | N | O |
|-------|----|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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 |
| | | $\overline{X_{3,C}}$ | 0,3210 | 0,3968 | 0,2273 | 0,5167 | 0,5455 |
| 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 |
| | | $\overline{X_{4,C}}$ | 0,7037 | 0,6190 | 0,5303 | 0,2167 | 0,6667 |
| 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 |
| | | $\overline{X_{5,C}}$ | 0,5185 | 0,4286 | 0,5455 | 0,2500 | 0,4848 |
| 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 |
| | | $\overline{X_{6,C}}$ | 0,7778 | 0,6825 | 0,4091 | 0,3333 | 0,5758 |
| 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 |
| | | $\overline{X_{7,C}}$ | 0,5556 | 0,7460 | 0,6970 | 0,7500 | 0,5909 |
| 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 |
| | | $\overline{X_{8,C}}$ | 0,4321 | 0,7143 | 0,3030 | 0,4833 | 0,7273 |

| Grupo | Id | Estudiante | E | A | C | N | O |
|-------|----|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 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 |
| | | $\overline{X_{9,C}}$ | 0,3210 | 0,6667 | 0,3788 | 0,4000 | 0,4242 |
| 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 |
| | | $\overline{X_{10,C}}$ | 0,6667 | 0,6984 | 0,7727 | 0,2000 | 0,5000 |
| 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 |
| | | $\overline{X_{11,C}}$ | 0,6420 | 0,6508 | 0,3788 | 0,3333 | 0,8485 |
| 12 | 5 | Estudiante 5 | 0,4074 | 0,8095 | 0,5455 | 0,2500 | 0,3636 |
| | 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 |
| | | $\overline{X_{12,C}}$ | 0,3951 | 0,8413 | 0,5909 | 0,2000 | 0,3333 |
| 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 |
| | | $\overline{X_{13,C}}$ | 0,1235 | 0,4921 | 0,5152 | 0,8667 | 0,2727 |

Tabla 31. Resumen del cálculo de IMg

| 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 | $(\bar{E} - \overline{X_{g,E}})^2$ | $(\bar{A} - \overline{X_{g,A}})^2$ | $(\bar{C} - \overline{X_{g,C}})^2$ | $(\bar{N} - \overline{X_{g,N}})^2$ | $(\bar{O} - \overline{X_{g,O}})^2$ |
|-------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 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 |
| 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.

6.6. 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 6.1, 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.

6.6.1. 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 y Kamber, 2006), considerando como nuevo mínimo 0,0 y como nuevo máximo 5,0.

6.6.2. 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 5.4 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 α 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. α de Cronbach por proceso operativo

| Proceso operativo | α 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 α 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 e Ingeniería 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.

6.6.2.1. Contraste Estadístico General

Como se menciona en la Sección 6.3, 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 5.4. 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 25 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.

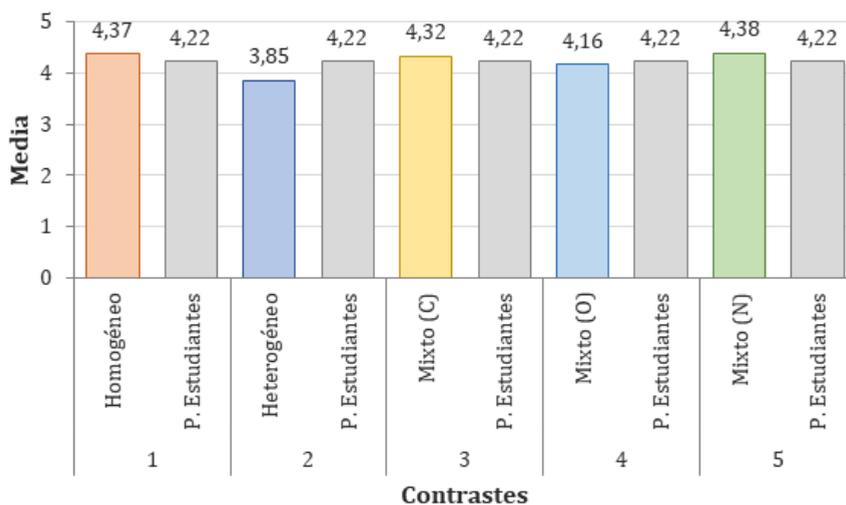


Figura 25. Contraste de grupos experimentales versus grupo de control (Elaboración propia)

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) | Control (G_2) | | | |
| | n = 24 | 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_2 , 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) | Control (G ₆) | | | | |
| | n = 62 | n = 68 | | | | |
| | Rango promedio | Rango promedio | | | | |
| Puntuaciones DC | 53,77 | 76,20 | -3,398 | 1380,5 | ,001 | -0,658 |

Al comparar el grupo experimental G₂ con el grupo de control G₆, se obtuvo un valor de *p* de ,001. Como este valor es menor que 0,05, se rechaza la hipótesis nula (H₀) en favor de la hipótesis alterna (H₁), 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 G₆.

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_3) | Control (G_6) | | | |
| | n = 34 | n = 68 | | | |
| | Rango promedio | Rango promedio | | | |
| Puntuaciones DC | 57,29 | 48,60 | -1,402 | 959,0 | ,161 |

Al comparar el grupo experimental G_3 con el grupo de control G_6 , 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_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 (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 ₄) | Control (G ₆) | | | |
| | n = 24 | n = 68 | | | |
| | Rango promedio | Rango promedio | | | |
| Puntuaciones DC | 45,85 | 46,73 | -0,138 | 800,5 | ,890 |

Al comparar el grupo experimental G₄ con el grupo de control G₆, 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 (H₀) ni para aceptar la hipótesis alternativa (H₁), 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 ₅) | Control (G ₆) | | | |
| | n = 39 | 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 e Ingeniería de Software, 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 e Ingeniería de Software.

- 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).

6.6.2.2. Contrastes Estadísticos por Procesos Operativos

La Tabla 39 y la Figura 26 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 y Weingart, 2003; Kozlowski y 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).

| | Procesos Operativos | Media | SD | Moda | Mín | Máx |
|---|------------------------------------|--------------|-----------|-------------|------------|------------|
| 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 |

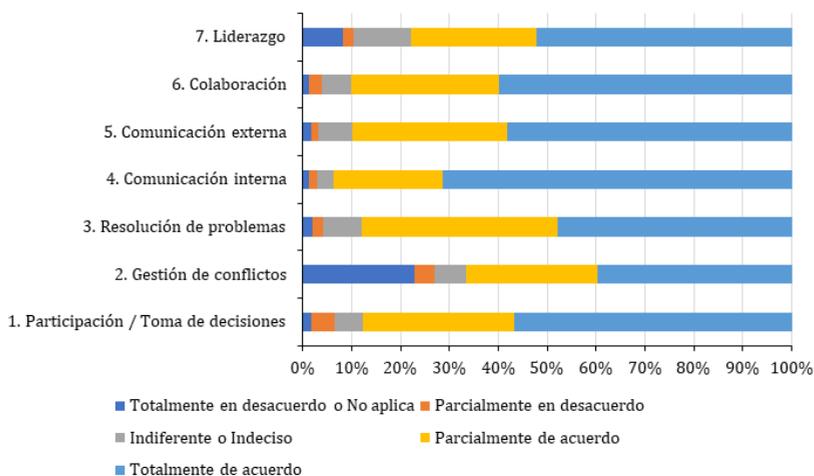


Figura 26. Puntuaciones generales de los estudiantes expresadas en porcentajes (Fase 1) (Elaboración propia)

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 |

| Procesos operativos | Experimentales | | | | | Control |
|---------------------|----------------|------|---------|---------|---------|---------|
| | Hom | Het | Mix (C) | Mix (O) | Mix (N) | |
| 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 |
| Puntuación media | 4,29 | 3,75 | 4,27 | 3,89 | 4,32 | 4,13 |

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.

Así pues, 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.

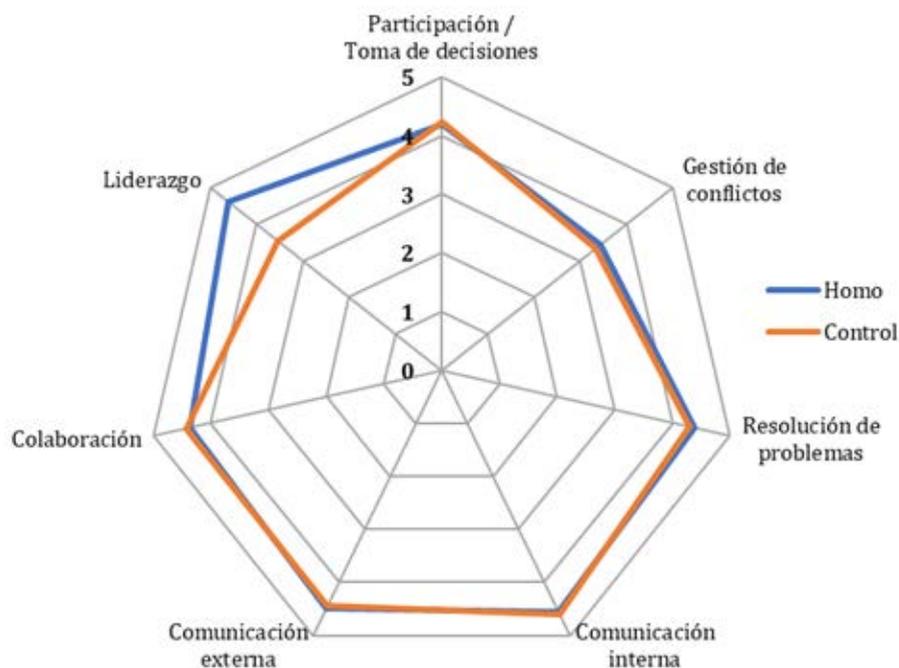


Figura 27. Huella del agrupamiento homogéneo versus grupo de control (Elaboración propia)

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

| Variable | Tipo de Grupo | | Z | U | p | g |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------|-------|------|---|
| | Experimental (G _e) | Control (G _c) | | | | |
| | n = 24 | 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 _e) | Control (G _c) | | | | |
| | n = 24 | 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 27 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.

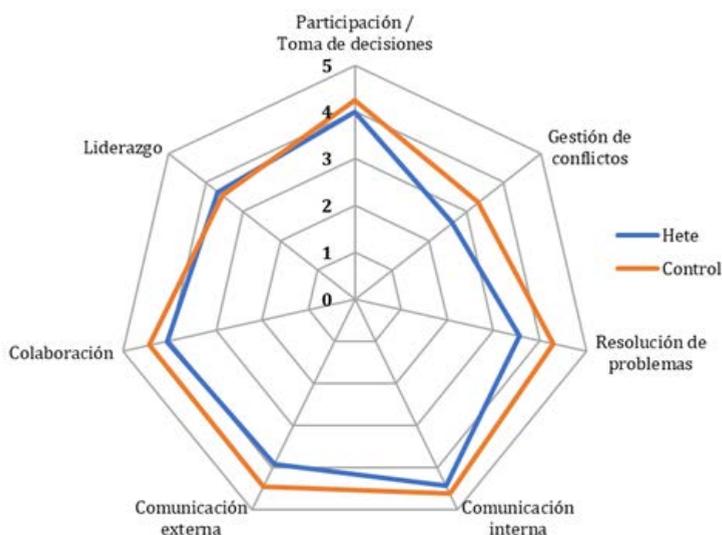


Figura 28. Huella del agrupamiento heterogéneo versus grupo de control

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

| Variable | Tipo de Grupo | | Z | U | p | g |
|------------------------------------|--|-------------------------------------|--------|--------|------|--------|
| | Experimental (G ₂) n = 62 | Control (G ₀) 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 28 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.

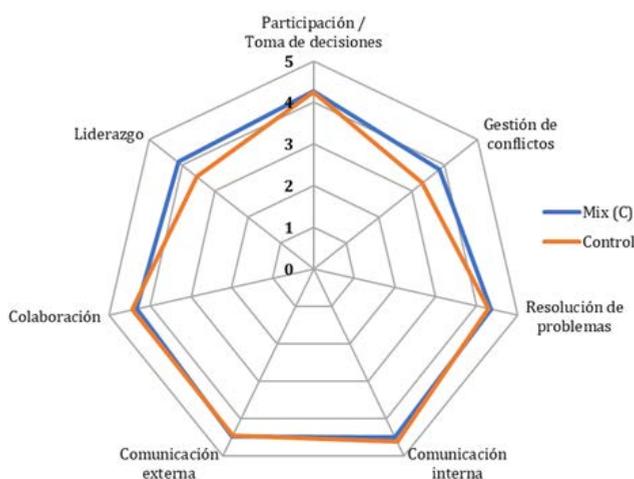


Figura 29. Huella del agrupamiento mixto (C) versus grupo de control

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

| Variable | Tipo de Grupo | | Z | U | p |
|------------------------------------|---|------------------------------------|--------|--------|------|
| | Experimental (G ₃)n = 34 | Control (G ₆)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 29 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.

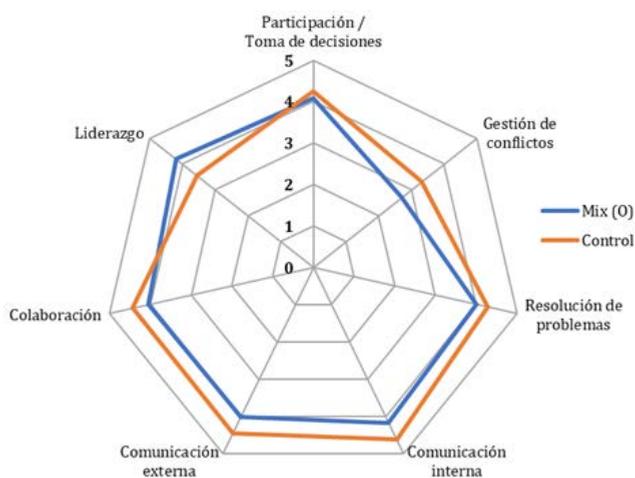


Figura 30. Huella del agrupamiento mixto (O) versus grupo de control

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

| Variable | Tipo de Grupo | | Z | U | p |
|------------------------------------|---|------------------------------------|--------|-------|------|
| | Experimental (G ₄)n = 24 | Control (G ₆)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 30 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.

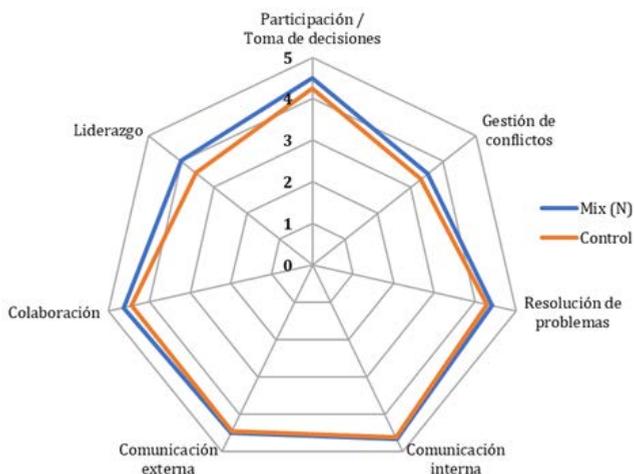


Figura 31. Huella del agrupamiento mixto (N) versus grupo de control

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

| Variable | Tipo de Grupo | | Z | U | p |
|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------|--------|------|
| | Experimental (G _e) n = 39 | Control (G _c) 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 31 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 y 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 y 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 y 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.

6.6.3. 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 5.4 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 α de Cronbach, obteniendo en la pre-prueba un valor global de 0,893 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 46.

Tabla 46. α de Cronbach por proceso operativo para la pre-prueba

| Proceso operativo | α de Cronbach |
|---|--|
| 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. α de Cronbach por proceso operativo para la post-prueba

| Proceso operativo | α de Cronbach |
|---|--|
| Participación / Toma de decisiones | 0,730 |
| Gestión de conflictos | 0,564 |
| Resolución de problemas | 0,605 |
| Comunicación interna / Respeto mutuo/ Confianza | 0,718 |

| Proceso operativo | α de Cronbach |
|---|--|
| Comunicación externa / Feedback | 0,792 |
| 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 α 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 e Ingeniería 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.

6.6.3.1. 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_p, 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 5.4. 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 32 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.

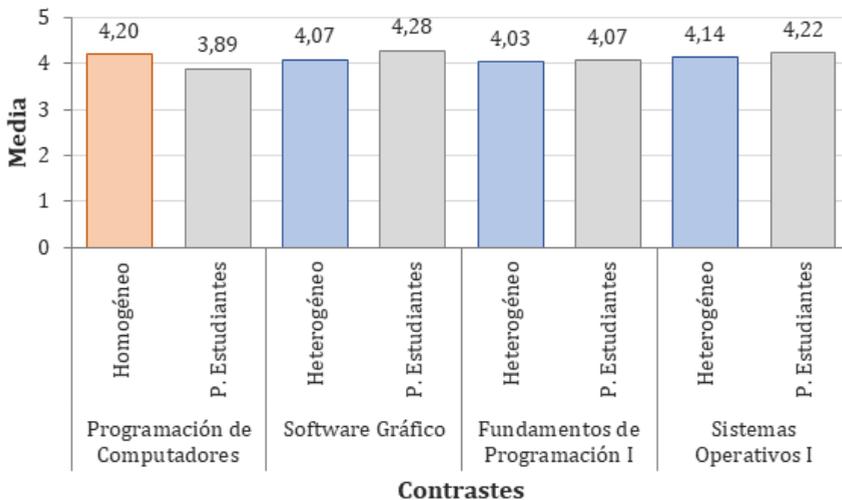


Figura 32. Contraste de grupos experimentales versus grupos de control (Elaboración propia)

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_2)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_2 , 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) = 20 | n | | | |
| | 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_6 , 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) = 12 | n | | | |
| | Rango promedio | Rango promedio | | | | |
| 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 e Ingeniería de Software, 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 33 y en la Figura 34 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.

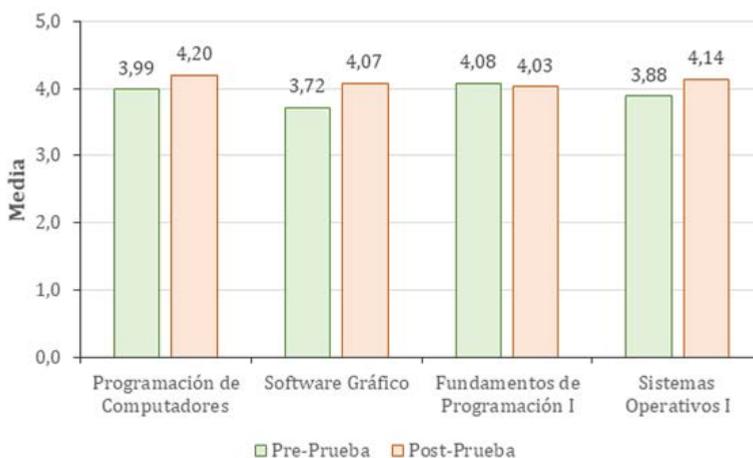


Figura 33. Contraste de grupos experimentales (Elaboración propia)

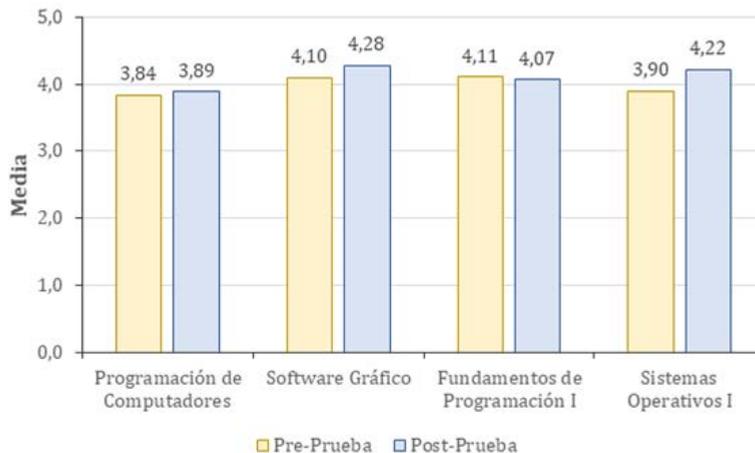


Figura 34. Contraste de grupos de control (**Elaboración propia**)

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-Prue- ba | 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.

Es así como, 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 y 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.

6.6.3.2. Contrastes Estadísticos por Procesos Operativos

La Tabla 56 y la Figura 35 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 y Weingart, 2003; Kozlowski y 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)

| Procesos Operativos | Media | SD | Moda | Mín | Máx |
|--------------------------------------|-------|------|------|------|------|
| 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 |

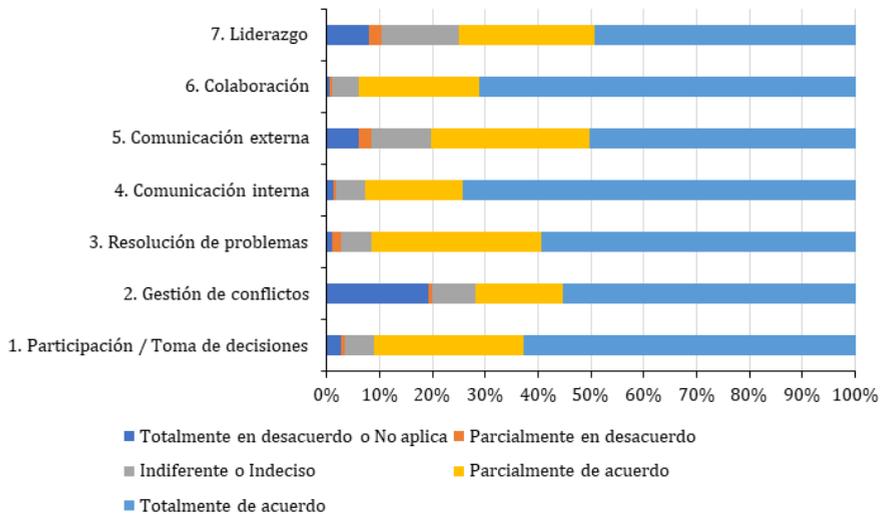


Figura 35. Puntuaciones generales de los estudiantes expresadas en porcentajes (Fase 2) (Elaboración propia)

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.

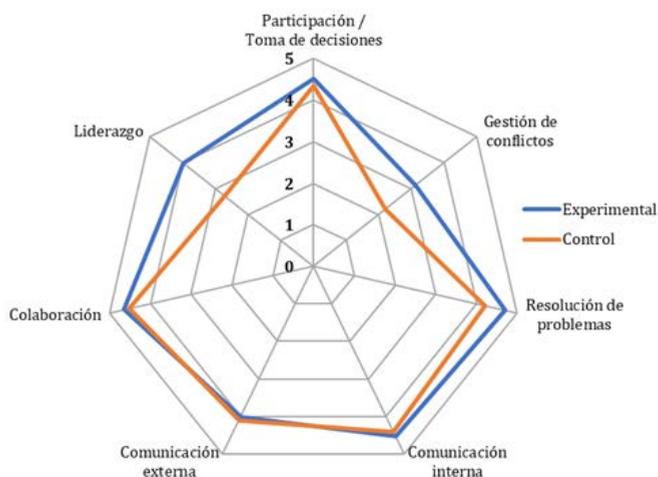
Tabla 57. Puntuaciones medias de los grupos de experimentación por curso

| 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 |
| Puntuación media | 4,21 | 3,79 | 4,16 | 4,33 | 3,98 | 4,08 | 4,18 | 4,26 |

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.

Así pues, 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 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 36. Huella de contraste en Programación de Computadores
(Elaboración propia)**

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

| Variable | Tipo de Grupo | | Z | U | p |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------|-------|------|
| | Experimental (G ₁) | Control (G ₂) | | | |
| | n = 21 | 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 36 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.

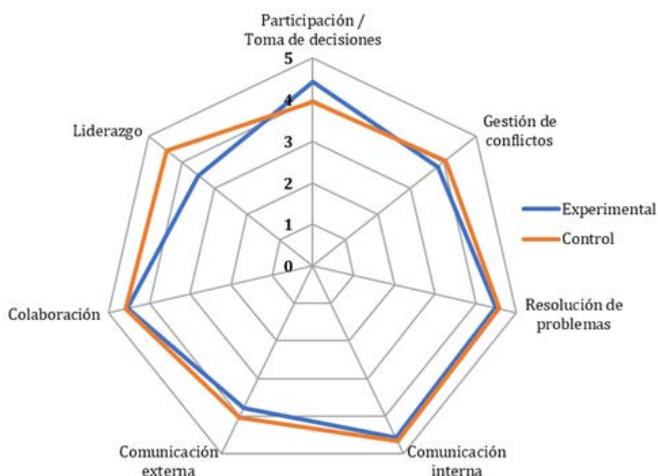


Figura 37. Huella de contraste en Software Gráfico (Elaboración propia)

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

| Variable | Tipo de Grupo | | Z | U | p | g |
|------------------------------------|---|------------------------------------|--------|-------|------|---|
| | Experimental (G ₂)n = 25 | Control (G ₃)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 | - |

| Variable | Tipo de Grupo | | Z | U | p | g |
|----------------------|---|------------------------------------|--------|-------|------|--------|
| | Experimental (G ₂)n = 25 | Control (G ₃)n = 20 | | | | |
| | Rango promedio | Rango promedio | | | | |
| 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 37 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.

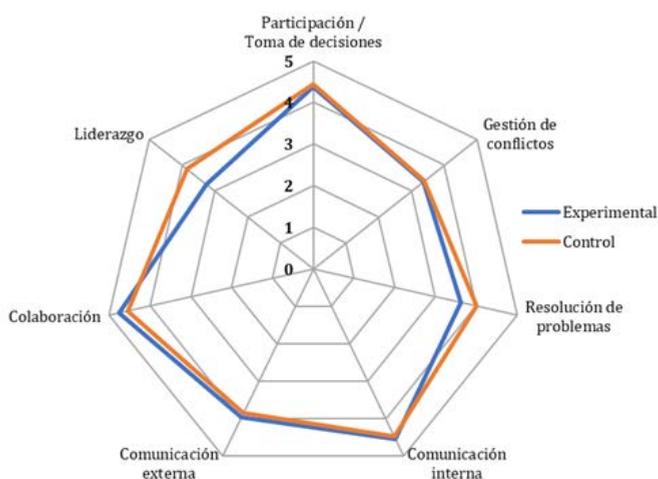


Figura 38. Huella de contraste en Fundamentos de Programación I
(Elaboración propia)

Tabla 60. Pruebas 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 | | | |
| | 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 38 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.

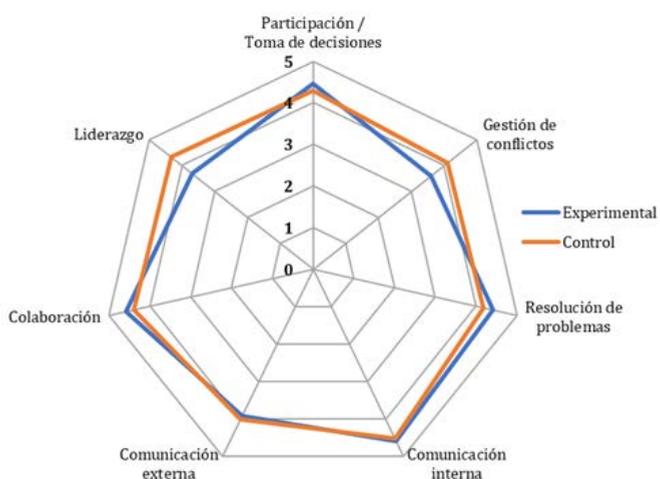


Figura 39. Huella de contraste en Sistemas Operativos I (Elaboración propia)

Tabla 61. Pruebas 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 | | | | |
| 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 39 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.

Aún más, 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 e Ingeniería de Software, 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 que mejorar independiente del tipo de agrupamiento, ya que el conflicto al interior del grupo y un liderazgo deficiente pueden afectar su desempeño (Kozlowski y 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).

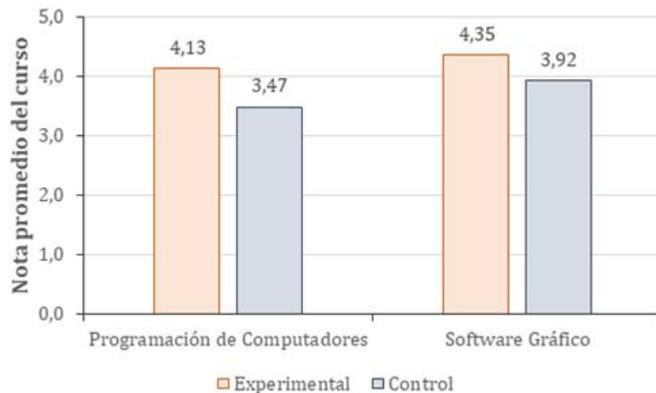
- Con base en el contraste estadístico correspondiente, podría destacarse que la formación homogénea de grupos basada en rasgos de la personalidad podría llegar a potenciar los procesos de gestión de conflictos, resolución de problemas y liderazgo en los estudiantes y por ende en los grupos de trabajo, frente a la formación de grupos por su preferencia, refinando el proceso de experimentación correspondiente.

6.6.4. Evaluación del desempeño académico - Fase 2

Como se menciona en la Sección 6.3, en la Fase 2 al finalizar el experimento se aplicó a los grupos de estudio unas post-pruebas (O_1 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 40 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 grupos experimentales son mayores a las obtenidas por los grupos de control, a excepción del curso de Fundamentos de Programación I.



(a)



(b)

Figura 40. Contraste de notas de grupos experimentales versus grupo de control (Elaboración propia)

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 la Tabla 62, Tabla 63, Tabla 64 y Tabla 65, 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 | | n | Z | U | p | g |
|----------|------------------------|-------------------|---|--------|-------|------|-------|
| | Experimental (G_1) | Control (G_5) | | | | | |
| | n = 22 | = 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 G₂ con el grupo de control G₆ 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 (H₀) en favor de la hipótesis alterna (H₁), 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 G₂. 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_g . 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.

6.7. Validez del Experimento

La validez de los resultados obtenidos en los experimentos es un aspecto crucial en su diseño. Un experimento se considera válido si los resultados

pueden atribuirse de manera confiable a la variable independiente y si estos pueden generalizarse más allá del entorno experimental. A continuación, se detallan los elementos considerados para evaluar la validez de los experimentos realizados en este estudio.

6.7.1. Validez del Constructo

La validez del constructo se refiere a la capacidad de un instrumento para representar y medir adecuadamente un concepto teórico. Tal como se expone en la Sección 5.4, se evaluó el desempeño colaborativo de los grupos participantes (variable dependiente) utilizando una versión adaptada del instrumento propuesto originalmente por Diez et al. (2013). La consistencia interna del instrumento, demostrada a través del α de Cronbach, fue muy elevada, lo que sustenta la fiabilidad de los resultados obtenidos. Adicionalmente, se validó la coherencia conceptual del instrumento, verificando si sus resultados eran consistentes con las teorías sobre trabajo colaborativo e influencia de la personalidad en la Programación y la Ingeniería de software. La adecuación del instrumento adaptado para medir el desempeño colaborativo quedó demostrada por su representatividad y objetividad, corroborada por los resultados observados en grupos de trabajo reales conformados según el modelo propuesto, los cuales fueron consistentes con las expectativas.

6.7.2. Validez Interna

La validez interna hace referencia a la confianza en que los resultados del experimento se interpretan correctamente y son válidos. En el contexto académico del estudio, dinámico por naturaleza, ciertas situaciones pueden comprometer esta validez y, por ende, afectar los resultados. Según Hernández-Sampieri et al. (2014), algunas de estas situaciones incluyen: la ocurrencia de eventos externos que afectan solo a algunos estudiantes (historia), cambios o maduración en los estudiantes durante el experimento (maduración), abandono del experimento por parte de estudiantes (mortalidad experimental), comunicación entre estudiantes de diferentes grupos (difusión de tratamientos), percepción de los estudiantes en grupos de control de no recibir ningún beneficio, lo que los desmotiva (compensación), influencia del comportamiento del profesor en el experimento, ya sea positiva o negativamente (conducta del experimentador), y diferencias en las condiciones ambientales o del entorno entre los grupos participantes (ambiente experimental).

6.7.3. Validez Externa

La validez externa se relaciona con la posibilidad de generalizar los resultados del experimento a contextos no experimentales, así como a otras personas, casos y poblaciones. La principal limitación para la validez externa de este estudio es el tamaño y contexto de la muestra: 432 estudiantes de 16 cursos de Programación e Ingeniería de Software de programas de Ingeniería de Sistemas y similares (ver Tabla 25 y Tabla 26), con

restricciones en el número de cursos disponibles para la experimentación por tipo de agrupamiento (homogéneo, heterogéneo, mixto, autoformación) y en cuanto a la diversidad poblacional, lo cual limita en cierta medida la generalización de los hallazgos. Por otro lado, la medición de rasgos de personalidad y la evaluación del desempeño colaborativo, que requieren completar cuestionarios, podrían verse afectadas por sesgos de respuesta si no se realizan con la debida diligencia por parte de los estudiantes. Asimismo, llevar a cabo experimentos con diferentes profesores en distintos cursos podría introducir un sesgo de procedimiento si no se estandarizan previamente los criterios para la experimentación.

Resumen del Capítulo 6:

El capítulo "Los Resultados" presenta los hallazgos detallados de la aplicación del modelo descrito en el capítulo anterior en un experimento controlado orientado a la formación de grupos de estudiantes en un contexto académico.

Se describe cómo se realiza una sesión de clase utilizando el modelo propuesto. Esto incluye la preparación de los estudiantes, la aplicación del cuestionario Big Five Inventory (BFI) para medir rasgos de personalidad, la formación de grupos homogéneos, heterogéneos y mixtos a través de una herramienta computacional, y la asignación y evaluación de actividades colaborativas. Se subraya la importancia de la sinceridad en las respuestas y la obtención de un consentimiento informado por parte de los estudiantes.

Se detalla la participación de estudiantes de diversos cursos relacionados con la Programación de Computadores y la Ingeniería de Software. Los grupos fueron formados en función de sus rasgos de personalidad, aplicándose diferentes tratamientos experimentales para evaluar la efectividad del modelo propuesto en mejorar el desempeño colaborativo y académico.

Finalmente, se presentan los resultados de la aplicación del BFI, destacando la diversidad de perfiles de personalidad entre los estudiantes y cómo estos datos fueron utilizados para la formación de grupos. Los resultados obtenidos en el experimento validan el modelo propuesto, evidenciando mejoras significativas en el desempeño colaborativo y académico de los grupos experimentales en comparación con los grupos de control.

Este capítulo ofrece una visión comprensiva y bien estructurada del impacto del diseño experimental en la formación de grupos colaborativos, sustentado en un riguroso análisis cuantitativo y una cuidadosa implementación metodológica.

CAPÍTULO 7.

Conclusiones y trabajos futuros

7.1. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos tanto de la implementación metodológica del modelo propuesto para la formación de grupos como del experimento controlado llevado a cabo con estudiantes de cursos de Programación e Ingeniería de Software, se pueden destacar varias conclusiones.

De este modo, el modelo introducido en esta investigación representa un aporte significativo para los entornos de aprendizaje colaborativo, enfocándose en uno de sus requisitos esenciales: la formación de grupos eficaces. La meta es conformar grupos que sean, en la medida de lo posible, homogéneos (similares en características generales al grupo total), heterogéneos (diferentes en características generales al grupo total), o que presenten una combinación de similitudes y diferencias en sus características. Para alcanzar este objetivo, el modelo se estructura en dos partes principales: la evaluación de la personalidad a través de las cinco dimensiones del modelo Big Five (extraversión, agradabilidad, meticulosidad, neuroticismo y apertura), y la aplicación de algoritmos genéticos para optimizar el agrupamiento, tratándolo como un problema de optimización multiobjetivo.

Así pues, dado que el desafío de formar grupos homogéneos, heterogéneos o mixtos a partir de un conjunto de estudiantes, considerando múltiples características personales, es complejo y difícilmente resoluble mediante técnicas analíticas o búsqueda exhaustiva debido a la explosión combinatoria, los algoritmos genéticos emergen como una solución heurística viable y eficaz.

Por otra parte, los algoritmos genéticos han demostrado ser especialmente competentes y eficientes para tratar problemas de naturaleza altamente combinatoria, como es el caso de la agrupación de estudiantes. No obstante, el uso exclusivo de esta técnica no es suficiente; una caracterización precisa de los estudiantes se revela como un componente crucial. En este estudio, se caracterizaron los estudiantes evaluando sus rasgos de personalidad mediante el "Big Five Inventory - BFI", proceso que resultó ser tanto práctico como sencillo para su implementación computacional, facilitando la recolección de datos necesarios para el algoritmo de agrupamiento. Cabe mencionar que este estudio se centró exclusivamente en el análisis cuantitativo, sin considerar aspectos cualitativos de la personalidad de los estudiantes, ya que estos estaban fuera del alcance de la investigación. La inclusión de dichos aspectos cualitativos podría ofrecer un perfil más detallado de los estudiantes, posiblemente mejorando su desempeño académico y colaborativo. Sin embargo, ello implicaría una colaboración multidisciplinaria con profesionales de diversas áreas, como psicología y ciencias de la educación, añadiendo una mayor complejidad al estudio.

Bien, en el presente trabajo, aunque la experimentación se centró en un conjunto limitado de características —las cinco dimensiones del modelo Big Five—, el modelo propuesto es capaz de incorporar un número ilimitado de características de diversa índole, lo que lo convierte en una herramienta versátil y genérica. Para alcanzar este fin, se adopta una representación matricial de cada estudiante, transformando el problema de agrupamiento en uno de optimización multiobjetivo dentro de un contexto combinatorio, el cual se aborda mediante algoritmos genéticos. Este algoritmo especifica el valor de aptitud como la diferencia cuadrática media entre la muestra completa y cada grupo, implementando un proceso iterativo inspirado en los principios de evolución de las especies, lo que permite explorar diversas soluciones en búsqueda del óptimo.

Es de este modo que, el enfoque innovador de esta propuesta yace tanto en las características utilizadas para la formación de grupos como en los operadores genéticos empleados. A diferencia de la mayoría de los estudios en el ámbito de la agrupación estudiantil mediante algoritmos genéticos, que se centran en el nivel de conocimiento de los estudiantes y recurren a operadores genéticos básicos de cruce y mutación, esta propuesta explota las características personales derivadas de las cinco dimensiones del modelo Big Five. Esta estrategia tiene como objetivo potenciar la colaboración y mejorar los resultados de aprendizaje, tanto a nivel grupal como individual. Además, se introduce una modificación en el operador de cruce, denominado C1, diseñado para contextos en los cuales los genes no deben repetirse, y se aplica una variante del operador de mutación por intercambio. Estas adaptaciones de los

operadores genéticos facilitan una exploración más profunda del espacio de soluciones, introduciendo nueva información genética en la población y previniendo la convergencia prematura hacia mínimos locales.

Además, los resultados, obtenidos tras diversas pruebas de funcionamiento y rendimiento, confirman la eficacia del algoritmo para formar grupos homogéneos, heterogéneos o mixtos —según la medida de aptitud definida—, incluso ante un elevado número de combinaciones posibles, sin incurrir en tiempos de ejecución desproporcionados. Por consiguiente, se demuestra que el algoritmo propuesto es una solución efectiva y eficiente al problema de agrupamiento estudiantil. Dichas pruebas también han establecido los parámetros genéticos óptimos: 500 generaciones, una población de 250 individuos, una probabilidad de cruce del 60% y una tasa de mutación del 1%.

Asimismo, este modelo se detalla con mayor profundidad que en investigaciones anteriores, proporcionando los recursos computacionales necesarios para su implementación y aplicación práctica. Además, se ofrece el código fuente del algoritmo genético desarrollado, facilitando su potencial adaptación o escalado. Este constituye un aporte significativo del estudio.

De otro modo, desde una perspectiva pedagógica, se observa que la omisión de criterios relacionados con rasgos de personalidad en la formación previa de los grupos ha resultado, en general, en un desempeño colaborativo y académico inferior, aunque esta diferencia no

sea estadísticamente significativa en el ámbito colaborativo, sí lo es en el rendimiento académico.

Ahora bien, es relevante señalar que la colaboración efectiva no es una tarea trivial; requiere la estructuración de actividades y procesos orientados hacia una colaboración genuina. La configuración de los grupos de trabajo constituye uno de los procesos con un impacto significativo en el fomento de una colaboración más fructífera. Se ha demostrado que una mayor colaboración incrementa las probabilidades de aprendizaje. Por lo tanto, al mejorar la colaboración, se facilita el alcance de los objetivos de aprendizaje.

Así, la investigación ha confirmado que experiencias previas o formación en trabajo colaborativo conducen a una mejora en el desempeño de los grupos, tal como indican diversos estudios (Kirkman y Rosen, 1999; Moreland et al., 2002).

En adición, los datos experimentales validan la adecuación del instrumento utilizado para medir el desempeño colaborativo, destacando su representatividad y objetividad. Los resultados obtenidos en grupos de trabajo reales, conformados según el modelo propuesto, son consistentes con las expectativas.

Además, los hallazgos revelan el impacto positivo del tratamiento empleado en esta investigación en los grupos experimentales comparados con los grupos de control. Esto establece que la formación de grupos

para contextos de aprendizaje colaborativo, considerando los rasgos de personalidad de los estudiantes, beneficia su rendimiento académico.

Es así como, considerar los rasgos de personalidad en la formación de grupos mejora su desempeño colaborativo en actividades de desarrollo de software, según se evidencia en diversas investigaciones (Acuña et al., 2015; Akarsu et al., 2019; Chowdhury et al., 2018; Gilal et al., 2019; Licorish y MacDonell, 2015; Omar y Syed-Abdullah, 2015; Pieterse et al., 2018; Soomro et al., 2015; Yilmaz et al., 2015, 2017). Uno de los aspectos más notables del estudio es que los grupos formados por los docentes utilizando el modelo propuesto, en general, exhibieron un mejor desempeño colaborativo que aquellos conformados según las preferencias de los estudiantes, con la excepción de la formación heterogénea. Las configuraciones homogénea y mixta recibieron las mejores evaluaciones. La formación heterogénea no parece ser la estrategia más efectiva en cursos de Programación e Ingeniería de Software cuando el objetivo es mejorar el desempeño colaborativo de los participantes.

Cabe destacar que, el modelo propuesto también implica consideraciones éticas que deben ser tomadas en cuenta al momento de su implementación, ya que involucra una forma de "clasificación" de los estudiantes basada en sus rasgos de personalidad, evaluados mediante una prueba psicométrica. Entre estas consideraciones, es fundamental obtener el "consentimiento informado" de los estudiantes participantes; la prueba psicométrica utilizada debe estar debidamente autorizada; el docente asume la responsabilidad de proteger la privacidad y confidencialidad

de la información, aunque no se emitan juicios psicológicos; y es necesario clarificar a los estudiantes que los resultados de la prueba no se comunicarán, ni individual ni grupalmente.

Asimismo, es importante reconocer que, dado que la implementación computacional se basa en un "algoritmo genético de asignación" con elementos altamente estocásticos y diseñado por humanos, no garantiza alcanzar la "solución perfecta" en el contexto real. Existe la posibilidad de un cierto grado de sesgo, lo cual subraya la importancia de considerar la percepción del profesor acerca de las características personales de los estudiantes en el proceso de formación de grupos. Esto es particularmente relevante en situaciones donde el algoritmo manifieste un elevado grado de subjetividad o discriminación, constituyendo una medida ética frente a las potenciales repercusiones de la difusión del modelo y su posible adopción como estándar.

Así las cosas, en la enseñanza de la Programación y la Ingeniería de Software, resulta esencial integrar enfoques didácticos que sitúen al estudiante en el centro del proceso de aprendizaje, promoviendo su rol activo y la importancia del autoaprendizaje dentro de un entorno colaborativo. Este enfoque busca mejorar las actitudes y habilidades de estudio y trabajo en equipo.

Una conclusión más amplia, aunque no derivable directamente del experimento realizado, sugiere que el aprendizaje colaborativo — independientemente de la metodología aplicada para la formación de

grupos— es efectivo para fomentar el aprendizaje de los estudiantes. Esta conclusión concuerda con las teorías de varios autores sobre el tema.

7.2. Trabajos Futuros

Para futuras investigaciones, se considera ampliar el experimento presentado en este estudio, incluyendo una evaluación del rendimiento académico previo a la intervención (pre-prueba) y posterior a esta (post-prueba), con el objetivo de detectar posibles cambios en el desempeño académico de los participantes.

Se propone también investigar, mediante experimentos controlados, cuál es el tipo de agrupamiento más efectivo para la formación de grupos (homogéneo, heterogéneo o mixto), aprovechando la existencia de un modelo y una herramienta que automatizan y facilitan este proceso.

Además, se busca identificar cuáles dimensiones específicas de la personalidad tienen un mayor impacto en el proceso de aprendizaje en la Programación y la Ingeniería de Software. Esto podría llevar a la creación de un sistema de recomendación que sugiera la composición "ideal" de los grupos de trabajo, considerando las características particulares de los estudiantes y las actividades colaborativas planteadas. Se espera examinar variables como género, edad y contexto cultural.

Dado que la implementación del modelo propuesto implica un esfuerzo adicional por parte de docentes y estudiantes, otro ámbito de estudio

futuro incluye evaluar este esfuerzo adicional y determinar en qué circunstancias resulta justificado.

Desde la perspectiva computacional, el modelo se considera genérico, ya que permite trabajar con un número ilimitado de características cuantificables. Por ello, sería relevante verificar si esta genericidad es escalable a diferentes áreas de conocimiento, más allá de la Programación y campos relacionados.

La inclusión de otras variables de caracterización personal, como género, etnia y edad, así como variables contextuales, como el tipo de comunicación (sincrónica o asincrónica), podría influir en el rendimiento colaborativo y académico. Por tanto, se sugiere investigar los efectos de integrar estas nuevas variables al modelo.

Finalmente, se contempla incluir en futuras investigaciones el “feedback” del profesorado (conocimiento experto) en la configuración o modificación de los grupos formados, evaluando la posibilidad de una adaptación dinámica de estos a lo largo de un período académico.

Resumen del Capítulo 7:

En el capítulo "Conclusiones y Trabajos Futuros" se emiten algunas conclusiones acerca del modelo para la formación de grupos en escenarios de aprendizaje colaborativo propuesto en este documento, como también se esbozan algunas líneas de trabajo futuro sobre el tema.

Se exploró un modelo para la formación de grupos de estudiantes basado en algoritmos genéticos y en la evaluación de rasgos de personalidad mediante el modelo Big -Five. El objetivo principal era determinar la efectividad de este enfoque en el ámbito de la enseñanza de la Programación y la Ingeniería de Software. Para lograrlo, se desarrollaron experimentos controlados con estudiantes, donde se formaron grupos homogéneos, heterogéneos y mixtos para comparar su desempeño colaborativo y académico.

El modelo propuesto se fundamenta en dos componentes principales: la evaluación de la personalidad de los estudiantes según el modelo Big -Five, y el uso de algoritmos genéticos para optimizar la formación de grupos. Este enfoque permite crear grupos que pueden ser homogéneos, heterogéneos o mixtos en función de diversas características personales, resolviendo así un problema de alta complejidad combinatoria. Los resultados indican que los algoritmos genéticos son eficaces para abordar este tipo de problemas, siempre y cuando se cuente con una adecuada caracterización de los estudiantes.

Uno de los hallazgos más significativos es que la formación de grupos basada en características de personalidad puede potenciar habilidades como el liderazgo y

la gestión de conflictos. En particular, los grupos formados teniendo en cuenta la meticulosidad y la apertura de los estudiantes mostraron mejoras en estos aspectos. Esto sugiere que el modelo no solo es útil para la organización de grupos, sino también para el desarrollo de competencias específicas en los estudiantes.

También se abordan consideraciones éticas importantes relacionadas con el uso de pruebas psicométricas y la privacidad de los datos. Se enfatiza la necesidad de obtener el consentimiento informado de los estudiantes y garantizar la confidencialidad de sus datos. Además, se destaca que la percepción del profesor sobre las características de sus estudiantes puede complementar el proceso automatizado de formación de grupos, mitigando posibles sesgos del algoritmo.

Finalmente, se proponen diversas líneas de investigación futura, como la incorporación de nuevas variables de caracterización personal y contextuales, y la exploración de la escalabilidad del modelo a otras áreas del conocimiento. También se sugiere evaluar el esfuerzo adicional requerido por este enfoque y su impacto en el desempeño académico y colaborativo de los estudiantes, así como incluir el feedback de los profesores para una configuración dinámica de los grupos a lo largo del tiempo.

Referencias

- 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>
- Agredo-Delgado, V., Ruiz, P. H., Collazos, C. A. & Moreira, F. (2022). An Exploratory Study on the Validation of THUNDERS: A Process to Achieve Shared Understanding in Problem-Solving Activities. *Informatics*, 9(2), 39. <https://doi.org/10.3390/informatics9020039>
- 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
- 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. y 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. y 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/bellohc/pedagogia/EVA2.pdf>
- 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., Pharmer, 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.voced.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

Collazos, C. A., Guerrero, L. A. y 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/~luguerra/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>

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.

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

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 CACL 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)

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>

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>

Dorigo, M., Maniezzo, V. & Colorni, 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>

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. y 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

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

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

Gara-Pérez, R., Buzón García, O., Barragán Sánchez, R. y 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

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

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>

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. (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

González-Llaneza, F. M. (2007). *Instrumentos de Evaluación Psicológica*. Editorial Ciencias Médicas.

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. y 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. y 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.

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/agora-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

Han, J. & Kamber, M. (2006). *Data Mining: Concepts and Techniques* (2nd ed.). Elsevier Inc.

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)

Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C. y 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>

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)

Jenkins, J. B. (1990). *Human genetics* (2nd ed.). Harper & Row.

John, O. P., Donahue, E. M. & Kentle, R. L. (1991). *The Big Five Inventory-Versions 4a and 54* (Unpublished Manuscript).

Johnson, D. H. & Johnson, F. P. (2013). *Joining Together: Group Theory and Group Skills* (11th ed.). Pearson.

Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (1992). Positive Interdependence: Key to Effective Cooperation. In N. Miller & R. Hertz-Lazarowits (Eds.), *Interaction in cooperative groups: The theoretical anatomy of group learning* (pp. 174–199). Cambridge University Press.

Johnson, D. W., Johnson, R. T. y 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.

Kahrimanis, 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

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>

Koschmann, T. (1996). *CSCAL: 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>

Lluís, 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>

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>

Montaño-Sinisterra, M. R., Palacios Cruz, J. L. y Gantiva Díaz, C. A. (2009). Teorías de la personalidad. Un análisis histórico del concepto y su medición. *Psicología. Avances de La Disciplina*, 3(2), 81–107. <https://www.redalyc.org/pdf/2972/297225531007.pdf>

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

Moreno, J., Rivera, J. C. y 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>

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. & Elhadj, 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
- 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
- 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>
- 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>
- 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. y 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>

Revelo-Sánchez, O., Collazos, C. A., & Redondo, M. A. (2021). A Strategy Based on Genetic Algorithms for Forming Optimal Collaborative Learning Groups: An Empirical Study. *Electronics*, 10(4), 463. <https://doi.org/10.3390/electronics10040463>

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. y 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.

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

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. y 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. y 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>
- Strijbos, 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.

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>

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

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](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

- 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.
- Yao, X. (2003). Evolutionary Computation. In *Evolutionary Optimization* (pp. 27–53). Kluwer Academic Publishers. 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
- 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)
- Zhong, J., Hu, X., Zhang, J. & Gu, M. (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>

Apéndice

Apéndice A. Formato de consentimiento informado

Big Five Inventory 1

Continuar

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?

Si
No

Apéndice B. Recursos BFI para MOODLE™

Actividad tipo Encuesta que implementa el "Big Five Inventory". . .

Big Five Inventory 1

Instrucciones: Las siguientes declaraciones son concernientes a la percepción que usted tiene de sí 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:

- Muy en desacuerdo
- En desacuerdo
- Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- De acuerdo
- 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?

0 1 0 2 0 3 0 4 0 5

2. ¿Tiene a ser crítico?

0 1 0 2 0 3 0 4 0 5

3. ¿Es tímido en el trabajo?

0 1 0 2 0 3 0 4 0 5

4. ¿Es depresivo, melancólico?

0 1 0 2 0 3 0 4 0 5

5. ¿Es original, se le ocurren ideas nuevas?

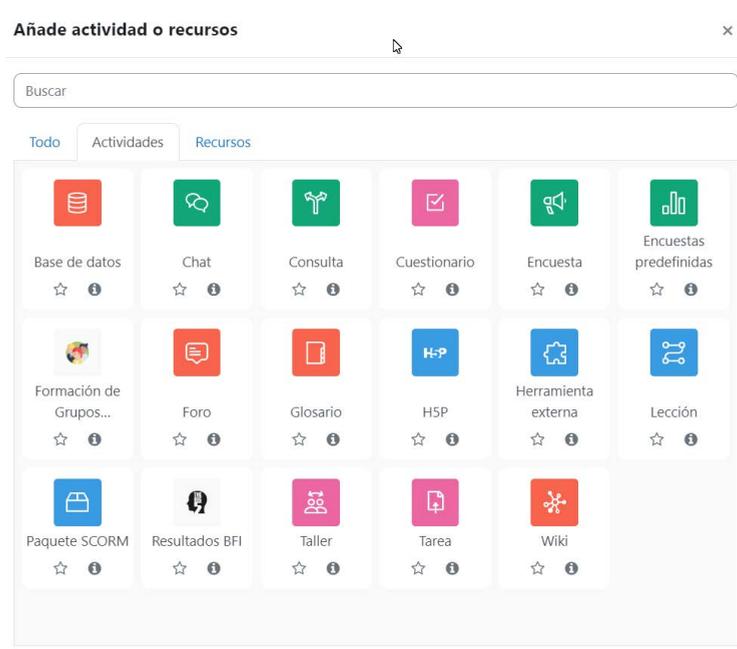
0 1 0 2 0 3 0 4 0 5

6. ¿Es reservado?

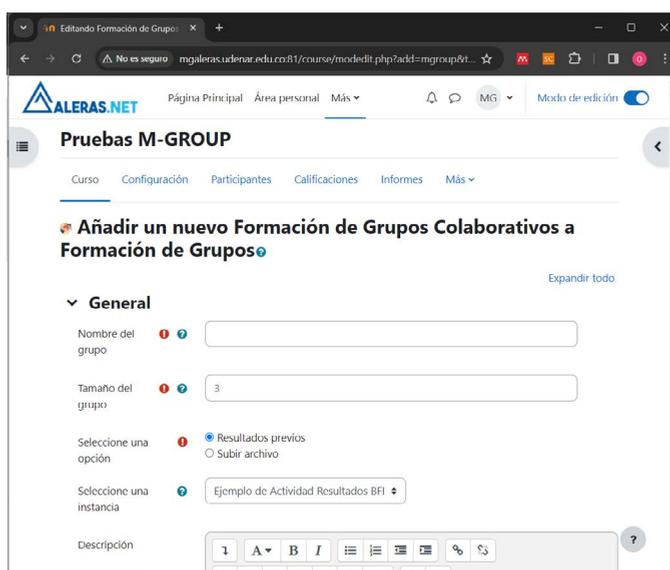
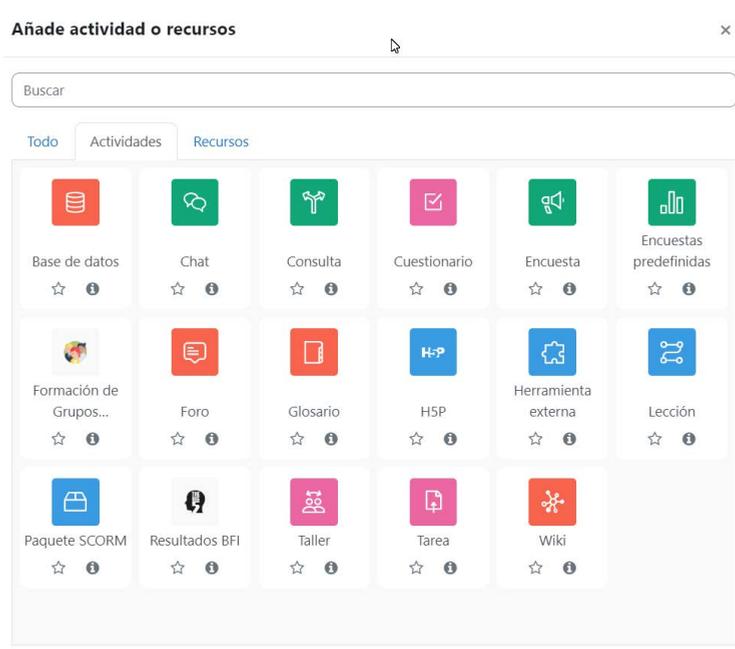
0 1 0 2 0 3 0 4 0 5

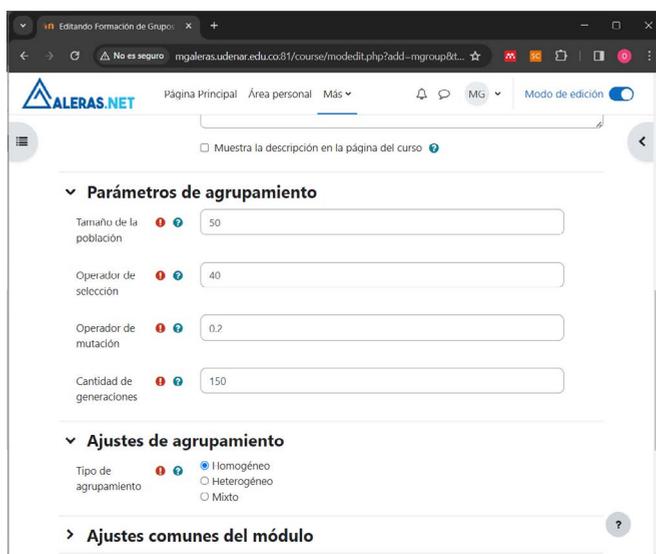
La implementación completa puede visualizarse en mgaleras.udenar.edu.co:81, Formación de Grupos / Instrumentos Formación de Grupos / BFI-V2 / Preview questions (acceso como Invitado).

Complemento “Resultados BFI”, el cual permite procesar las respuestas dadas a través de una actividad tipo Encuesta, al “Big Five Inventory”...

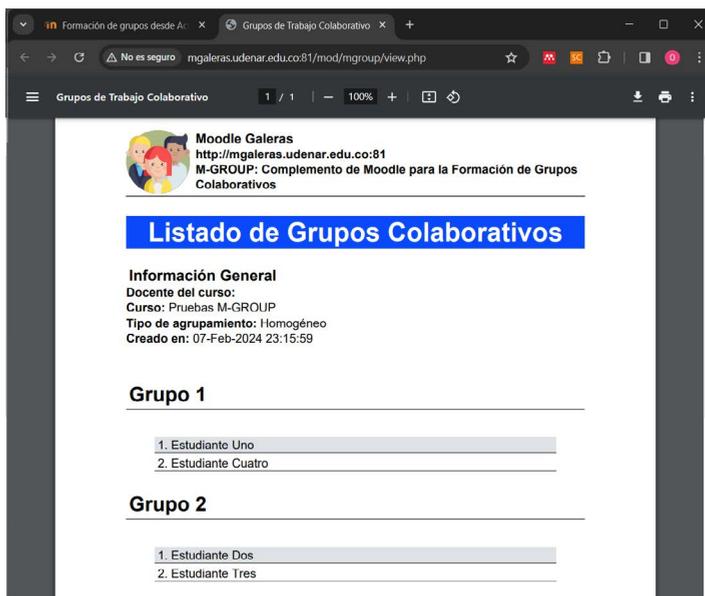


Apéndice C. Complemento M-Group para MOODLE™





Apéndice D. Reporte de formación de grupos - complemento MGroup para MOODLE™



Apéndice E. Cuestionario para valorar desempeño colaborativo

| Procesos Operativos | Preguntas |
|---|--|
| P1 Participación / Toma de decisiones | <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Se han establecido normas internas que han facilitado el trabajo del grupo? 2. ¿Todos los integrantes han participado en las tareas del grupo? 3. ¿Las decisiones en el grupo se han tomado teniendo en cuenta la opinión de todos los integrantes? |
| P2 Gestión de conflictos | <ol style="list-style-type: none"> 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) 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? |
| P3 Resolución de problemas | <ol style="list-style-type: none"> 6. ¿Se han utilizado los datos y un método para la resolución del ejercicio o problema planteado? 7. ¿Se ha potenciado la creatividad para la resolución de los problemas o propuestas planteadas? |
| P4 Comunicación interna / Respeto mutuo/ Confianza | <ol style="list-style-type: none"> 8. ¿El trabajo del grupo ha transcurrido en un ambiente de confianza? 9. A pesar de las diferencias entre los integrantes del grupo, ¿ha existido un ambiente de respeto entre todos? 10. En general, ¿la comunicación ha sido buena entre los integrantes del grupo? |
| P5 Comunicación externa / Feedback | <ol style="list-style-type: none"> 11. ¿Los objetivos se han transmitido bien al grupo y han sido comprendidos? 12. ¿El profesor ha facilitado los recursos (información, materiales, tiempo, o de otro tipo) que el grupo ha necesitado? 13. ¿Las tareas y actividades concretas a realizar por el grupo han estado claras tanto en contenido como en plazo (tiempo de realización)? 14. ¿Los criterios de evaluación se han transmitido bien al grupo y han sido comprendidos al inicio del trabajo? 15. Como grupo, ¿ha tenido acceso a la información que ha necesitado? 16. En caso de necesidad, ¿el grupo ha podido comunicarse fácilmente con los profesores de los cursos involucrados? 17. Como grupo, ¿ha recibido información acerca del resultado de su trabajo (puntuación, feedback del trabajo realizado, fallos cometidos, puntos a destacar, etc.)? 18. ¿El trabajo ha sido de alguna manera valorado públicamente al resto de la clase? |

| Procesos Operativos | Preguntas |
|--|--|
| <p>P6</p> <p>Colaboración / cooperación / coordinación</p> | <p>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)?</p> <p>20. ¿Sus compañeros han contribuido al grupo tal y como se estableció y ha sido necesario?</p> <p>21. ¿Ha existido colaboración entre los integrantes del grupo (nos hemos ayudado, compartido información, comunicado las dificultades, etc.)?</p> |
| <p>P7</p> <p>Liderazgo</p> | <p>22. ¿Existió un proceso de designación del líder, y en él participaron todos los integrantes del grupo?</p> <p>23. ¿El líder del grupo ha sido aceptado por todos los integrantes del grupo?</p> <p>24. ¿El líder del grupo ha dirigido y coordinado las actividades del grupo?</p> |

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).

Apéndice F. Escala de valoración para los procesos operativos

| Procesos Operativos | Definición | Escala de valoración / Niveles de aplicación |
|---|---|--|
| <p>P1</p> <p>Participación / Toma de decisiones</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"> 1. 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. 2. 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. 3. Existen reglas y procedimientos registrados en un documento conocido y consensuado 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. 4. Existen reglas y procedimientos registrados en un documento conocido y consensuado 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. 5. 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. |
| <p>P2</p> <p>Gestión de conflictos</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"> 6. No hay conflicto. 7. Las discusiones han sido siempre acaloradas poniendo más énfasis en las acusaciones entre personas o grupos que en los hechos que se están debatiendo. 8. 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. 9. Además, todos los integrantes del grupo han mantenido un tono de voz respetuoso y una actitud de escucha activa. 10. 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. |

| Procesos Operativos | Definición | Escala de valoración / Niveles de aplicación |
|---|--|--|
| <p>P3</p> <p>Resolución de problemas</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"> 11. Los problemas no se resuelven, sino que se dejan siempre para más tarde. 12. Los problemas se analizan con datos para entender sus causas. 13. Los problemas se abordan aplicando un método previamente acordado, se analizan con datos para entender sus causas y se busca una solución. 14. Los problemas se abordan aplicando un método previamente acordado, se analizan con datos para entender sus causas y se busca identificar distintas alternativas realistas. 15. 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. |
| <p>P4</p> <p>Comunicación interna / Respeto mutuo / Confianza</p> | <p>Se refiere a cómo se ha desarrollado la comunicación al interior del grupo.</p> | <ol style="list-style-type: none"> 16. Durante las reuniones de trabajo pocos integrantes del grupo toman la palabra. 17. 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. 18. 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. 19. 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. 20. Todos los integrantes del grupo exponen sus opiniones abiertamente y proporcionan datos 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. |

| Procesos Operativos | Definición | Escala de valoración / Niveles de aplicación |
|--|---|---|
| <p>P5</p> <p>Comunicación externa / Feedback</p> | <p>En qué grado el grupo tiene acceso a la información y a su vez es escuchado por el profesor.</p> | <p>21. El grupo conoce en líneas generales el contenido del trabajo a realizar, pero no existen canales de comunicación preestablecidos y falta información.</p> <p>22. 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.</p> <p>23. 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.</p> <p>24. 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.</p> <p>25. 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.</p> |
| <p>P6</p> <p>Colaboración / Cooperación / Coordinación</p> | <p>Hace referencia a cómo los integrantes del grupo trabajan para conseguir los objetivos que se han establecido.</p> | <p>26. Los integrantes del grupo a menudo llegan tarde a la reunión, se van pronto e incluso algunos no aparecen.</p> <p>27. 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.</p> <p>28. Los integrantes del grupo acuden a las reuniones bien preparados y con el trabajo realizado, pero algunos mantienen una actitud ausente durante las mismas.</p> <p>29. Los integrantes del grupo acuden a las reuniones bien preparados y con el trabajo realizado, participan activamente e intentan hacer contribuciones.</p> <p>30. 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 contribuciones y cooperando con el esfuerzo del grupo manteniendo en todo momento una actitud de ayuda y colaboración.</p> |

| Procesos Operativos | Definición | Escala de valoración / Niveles de aplicación |
|---------------------|--|---|
| P7 Liderazgo | Se refiere al líder interno del grupo. | <p>31. Ningún integrante del grupo asume el papel de líder.</p> <p>32. El grupo tiene un líder formal y otro informal.</p> <p>33. 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.</p> <p>34. 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.</p> <p>35. Además, muestra su compromiso personal y entusiasmo, provoca intelectualmente a su gente, escucha, delega y da luego feedback constructivo a los integrantes del grupo.</p> |

Apéndice G. Implementación del cuestionario de desempeño colaborativo en MOODLE™

Valoración del desempeño colaborativo en grupos de trabajo

[Continuar](#)

Instrucciones: Las siguientes preguntas hacen relación a la percepción que usted tiene del *desempeño colaborativo* de su *grupo de trabajo*, atendiendo a los siete procesos operativos que están presentes en este tipo de trabajo. Su tarea es indicar en que grado esta de acuerdo con cada ítem, utilizando una escala en donde 0 indica totalmente en desacuerdo, 4 denota totalmente de acuerdo, y, 1, 2, 3 representan juicios intermedios. Para cada pregunta seleccione una opción, de acuerdo con la siguiente escala:

- 0. Totalmente en desacuerdo o No aplica
- 1. Parcialmente en desacuerdo
- 2. Indiferente o Indeciso
- 3. Parcialmente de acuerdo
- 4. Totalmente de acuerdo

No hay respuestas "correctas" o "incorrectas". Por lo tanto, seleccione la opción que más refleje su pensamiento al respecto. Tómese su tiempo y considere cada pregunta muy cuidadosamente. Una vez que haya terminado con todas las preguntas, haga clic en el botón "Enviar sus respuestas".

1. Participación / Toma de decisiones
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.

1.1. ¿Se han establecido normas internas que han facilitado el trabajo del grupo?

- Totalmente en desacuerdo o No aplica
- Parcialmente en desacuerdo
- Indiferente o Indeciso
- Parcialmente de acuerdo

La implementación completa puede visualizarse en mgaleras.udenar.edu.co:81, Formación de Grupos / Instrumentos Formación de Grupos / Valoración del desempeño colaborativo en grupos de trabajo / Preview questions (acceso como Invitado).

ÍNDICE ANALÍTICO

A

algoritmo, 108, 109, 111, 118, 126, 132, 134, 136, 138, 139, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 176, 177, 181, 194, 195, 196, 197, 199, 203, 272, 273, 274, 277, 281

algoritmo genético, 118, 138, 139, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 172, 173, 177, 181, 194, 197, 203, 274, 277

algoritmos genéticos, 96, 100, 114, 117, 120, 138, 139, 143, 163, 194, 271, 272, 273, 280

aprendizaje colaborativo, 23, 24, 25, 26, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 68, 69, 73, 74, 75, 76, 81, 87, 96, 98, 99, 100, 125, 139, 165, 171, 176, 262, 271, 276, 277, 280

B

BFI, 45, 126, 130, 131, 133, 176, 184, 192, 197, 266, 272, 301, 302

Big Five, 24, 37, 41, 44, 45, 52, 126, 127, 140, 141, 176, 185, 189, 227, 266, 271, 272, 273, 301, 302

Big Five Inventory, 24, 45, 126, 127, 176, 266, 272, 301, 302

C

Cinco Grandes, 24, 40, 41, 44, 45, 52, 126, 140

D

desempeño académico, 190, 256, 262, 272, 278, 281

desempeño colaborativo, 24, 70, 72, 174, 183, 189, 190, 203, 204, 205, 207, 208, 213, 214, 217, 227, 229, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 247, 249, 250, 252, 254, 255, 262, 263, 265, 266, 274, 275, 276, 280, 305, 310, 311

F

formación de grupos, 23, 24, 25, 26, 51, 74, 81, 82, 83, 85, 90, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 125, 126, 132, 134, 136, 138, 139, 143, 151, 165, 168, 172, 176, 177, 183, 185, 186, 188, 197, 199, 203, 207, 214, 228, 232, 255, 256, 257, 258, 266, 267, 271, 273, 275, 276, 277, 278, 280, 281, 302, 304, 311

G

grupos, 23, 24, 25, 26, 31, 43, 46, 51, 59, 61, 66, 67, 68, 69, 74, 79, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 125, 126, 132, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 151, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 176, 177, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 195, 197, 199, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 213, 214, 215, 216, 217, 227, 228, 229, 231, 232, 233, 237, 238, 239, 244, 245, 246, 247, 255, 256, 257, 258, 262, 263, 264, 266, 267, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 302, 304, 307, 309, 311

I

Ingeniería de Software, 24, 25, 48, 49, 50, 51, 125, 177, 188, 189, 191, 192, 206, 214, 231, 237, 255, 263, 264, 266, 271, 276, 278, 280

O

operadores genéticos, 117, 152, 163, 165, 166, 167, 195, 273, 274

P

personalidad, 24, 25, 26, 29, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 125, 126, 132, 133, 134, 136, 138, 140, 165, 166, 173, 176, 177, 181, 185, 186, 192, 203, 206, 207, 214, 228, 231, 232, 237, 255, 256, 257, 262, 263, 265, 266, 271, 272, 274, 276, 278, 280

Programación, 24, 25, 26, 48, 49, 50, 51, 92, 99, 117, 120, 125, 170, 177, 184, 188, 189, 191, 206, 214, 231, 234, 235, 236, 237, 240, 242, 243, 244, 248, 249, 252, 253, 255, 257, 259, 261, 263, 264, 266, 271, 276, 277, 278, 279, 280

R

rasgos de personalidad, 24, 25, 34, 35, 47, 48, 52, 82, 125, 126, 136, 140, 166, 173, 181, 186, 214, 237, 237, 255, 262, 265, 266, 272, 274, 276, 280

T

trabajo colaborativo, 57, 58, 59, 60, 64, 68, 72, 76, 86, 90, 91, 204, 205, 206, 215, 231, 244, 263, 275

PRESENTACIÓN DE AUTORES

OSCAR REVELO SÁNCHEZ



Profesor Asociado del Departamento de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño (San Juan de Pasto - Colombia). Doctor en Ciencias de la Electrónica (Universidad del Cauca); Doctor en Tecnologías Informáticas Avanzadas (Universidad de Castilla-La Mancha); Magíster en Computación (Universidad del Cauca); Magíster en Investigación de Operaciones (Universidad Galileo); Especialista en Multimedia Educativa (Universidad Antonio Nariño); Ingeniero de Sistemas (Universidad Mariana). Áreas de investigación: Optimización de sistemas, Interacción Humano-Computador.

MANUEL ERNESTO BOLAÑOS GONZÁLEZ



Profesor Asociado del Departamento de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño (San Juan de Pasto - Colombia). Doctor en Ciencias de la Electrónica (Universidad del Cauca); Magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones (Universidad Distrital); Especialista en Auditoria de Sistemas (Universidad Antonio Nariño y Universidad Mariana); Especialista en Docencia Universitaria (Universidad de Nariño); Ingeniero de Sistemas (Universidad INCCA de Colombia). Investigador del grupo Galeras.Net. Director del Departamento de Sistemas de la Universidad de Nariño. Área de investigación: Interacción Humano-Computador.

JAVIER ALEJANDRO JIMÉNEZ TOLEDO



Profesor Catedrático Titular del Departamento de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Nariño (San Juan de Pasto – Colombia). Doctor en Ciencias de la Electrónica (Universidad del Cauca); Magister en Computación (Universidad del Cauca); Especialista en Docencia Universitaria (Universidad Cooperativa de Colombia); Ingeniero de Sistemas (Universidad Cooperativa de Colombia). Áreas de investigación: HCI, Computación gráfica, Machine Learning, Pensamiento Algorítmico, Pensamiento Computacional, Lenguajes de Programación. Par Evaluador Minciencias.

CÉSAR ALBERTO COLLAZOS ORDOÑEZ



Profesor Titular del Departamento de Sistemas de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca (Popayán – Colombia). Doctor en Ciencias Mención Computación (Universidad de Chile); Ingeniero de Sistemas (Universidad de Los Andes). Coordinador Grupo de Investigación IDIS – Universidad del Cauca. Coordinador Red HCI-Collab (Red Colaborativa para apoyar procesos de enseñanza-aprendizaje en Interacción Humano Computador a nivel Iberoamericano). Presidente de la Sociedad Colombiana de Computación (2019-2020).

èditorial
Universidad de **Nariño**

**FORMACIÓN DE GRUPOS EN
ESCENARIOS DE TRABAJO COLABORATIVO**

Un enfoque desde la personalidad y los algoritmos genéticos

Año de publicación : 2024
San Juan de Pasto - Nariño - Colombia

“FORMACIÓN DE GRUPOS EN ESCENARIOS DE TRABAJO COLABORATIVO - Un enfoque desde la Personalidad y los Algoritmos Genéticos”, proporciona al lector interesado un modelo metodológico detallado para llevar a cabo uno de los procesos fundamentales a tener en cuenta en los escenarios de trabajo colaborativo: la formación de grupos.

En los ámbitos académicos, en donde el objetivo de este tipo de escenarios es derivar en un aprendizaje colaborativo exitoso, justamente la formación de grupos cobra mayor relevancia. Proponemos entonces una formación desde la óptica de los rasgos de personalidad de los estudiantes como criterio de agrupamiento, y, desde los algoritmos genéticos como técnica de optimización.

Si bien en su desarrollo metodológico el modelo propuesto describe la aplicación en cursos de programación de computadores y afines, dada la genericidad de su diseño, puede ser empleado fácilmente en otras áreas de conocimiento, tanto de las Ciencias de la Computación como de la Ingeniería, en donde se desee motivar de una forma alternativa en los estudiantes el desarrollo de la competencia del trabajo en equipo. Además, se suministran los recursos computacionales que la aplicación del modelo requiere.

Un texto como éste queda sujeto a una reconstrucción de parte de los lectores en vinculación con lo que ocurre en sus aulas o ámbitos profesionales. Esperamos aportar con un granito de arena a la práctica educativa, que induzca a generar propuestas para la acción.



Universidad de Nariño
FUNDADA EN 1964



Asociación de Investigadores
RESOLUCIÓN MEN 050022 - FEBRO 11 DE 2023



Universidad de Nariño

editorial
Universidad de Nariño