

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**

**DECANATURA DE EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**DOCTORADO EN EDUCACIÓN**



**DESARROLLO DEL PENSAMIENTO TECNOLÓGICO EN ESTUDIANTES DE  
EDUCACIÓN MEDIA CON LA INTEGRACIÓN DE MODELADO DIGITAL E  
IMPRESIÓN 3D**

**DOCTORANDO: CARLOS HERNÁN CORTÉS GIL**

**BOGOTÁ D.C.**

**2025**

**DESARROLLO DEL PENSAMIENTO TECNOLÓGICO EN ESTUDIANTES DE  
EDUCACIÓN MEDIA CON LA INTEGRACIÓN DE MODELADO DIGITAL E  
IMPRESIÓN 3D**

**CARLOS HERNÁN CORTÉS GIL**

**Doctorando**

**DOCTOR OSCAR LEONARDO ACERO ORDOÑEZ**

**Director de Tesis**

**DOCTORA JUANA YADIRA MARTÍN PERICO**

**Codirectora de Tesis**

**Documento como requisito para optar el Título de Doctor en Educación**

**BOGOTÁ D.C.**

**2025**

## Tabla de Contenido

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| Lista de Figuras.....                                  | 8  |
| Lista de Gráficas .....                                | 11 |
| Lista de Tablas .....                                  | 13 |
| Resumen.....                                           | 14 |
| Palabras Claves: .....                                 | 14 |
| Abstract.....                                          | 15 |
| Keywords: .....                                        | 15 |
| Introducción .....                                     | 16 |
| Capítulo I Problema de Investigación.....              | 19 |
| 1.1. Planteamiento del Problema de Investigación ..... | 19 |
| 1.1.1 Desde lo Organizacional.....                     | 22 |
| 1.1.2 Desde lo Curricular.....                         | 25 |
| 1.1.3 Desde lo Didáctico .....                         | 27 |
| 1.1.4 Desde lo Pedagógico .....                        | 29 |
| 1.2. Formulación del Problema .....                    | 31 |
| 1.2.1 Pregunta de investigación.....                   | 33 |
| 1.3. Objetivos .....                                   | 33 |
| 1.3.1 Objetivo General .....                           | 33 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos.....                       | 33 |
| 1.4. Justificación de la Investigación .....           | 33 |
| Capítulo II Marcos de Referencia.....                  | 40 |
| 2.1. Estado del Arte.....                              | 40 |

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1.1 Pensamiento Tecnológico y Científico en Edades Tempranas.....                    | 42  |
| 2.1.2 Evolución del Pensamiento Tecnológico con el Desarrollo Biológico de los Niños . | 46  |
| 2.1.3 Pensamiento Tecnológico en Jóvenes y Adolescentes.....                           | 48  |
| 2.1.4 Experiencias de Aprendizaje del Pensamiento Tecnológico en Diversos Contextos.   | 51  |
| 2.1.5 Aportes a partir del estado el arte a la investigación .....                     | 64  |
| 2.2. Marco Teórico .....                                                               | 67  |
| 2.2.1 Propósitos de la Tecnología en la Sociedad .....                                 | 69  |
| 2.2.2 Sociedad del Conocimiento.....                                                   | 71  |
| 2.2.3 Sociedad del conocimiento y pensamiento tecnológico .....                        | 73  |
| 2.2.4 Revolución Industrial 5.0 .....                                                  | 77  |
| 2.2.5 Relación entre Pensamiento Tecnológico y Revolución Industrial 5.0.....          | 81  |
| 2.2.6 Habilidades Generales para el Siglo XXI.....                                     | 85  |
| 2.2.7 La educación desde los ODS.....                                                  | 89  |
| 2.3. Marco Conceptual .....                                                            | 91  |
| 2.3.1 Los procesos Cognitivos y las Estructuras de Pensamiento .....                   | 92  |
| 2.3.2 El pensamiento .....                                                             | 94  |
| 2.3.3 Estructuras de pensamiento .....                                                 | 96  |
| 2.3.4 Pensamiento Tecnológico.....                                                     | 97  |
| 2.3.5 Características del pensamiento tecnológico.....                                 | 99  |
| 2.3.6 Componentes del pensamiento tecnológico .....                                    | 101 |
| 2.3.7 Niveles del pensamiento tecnológico .....                                        | 102 |
| 2.3.8 Tecnologías Exponenciales .....                                                  | 104 |
| 2.4. Modelado Digital e Impresión 3D.....                                              | 117 |



|                                                                                           |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 2.4.1 Modelado Digital e Impresión 3D como Recurso Pedagógico .....                       | 119   |
| 2.4.2 Relación del Modelado Digital e Impresión 3D con el Pensamiento Tecnológico..       | 123   |
| Capítulo III Diseño Metodológico .....                                                    | 124   |
| 3.1. Metodología .....                                                                    | 124   |
| 3.2. Población y Muestra.....                                                             | 126   |
| 3.3. Volumen de Datos .....                                                               | 128   |
| 3.4. Matriz de Desarrollo Metodológico .....                                              | 129   |
| 3.5. Abordaje de objetivos, técnicas e instrumentos .....                                 | 131   |
| 3.5.1 Aspectos de análisis del Objetivo número uno.....                                   | 131   |
| 3.5.2 Aspectos de análisis del Objetivo número dos .....                                  | 132   |
| 3.5.3 Aspectos de análisis del Objetivo número tres.....                                  | 133   |
| 3.5.4 Aspectos de análisis del Objetivo número cuatro.....                                | 134   |
| 3.6. Consideraciones Éticas, Protocolo Habeas Data, Validación e Integridad Científica .. | 1435  |
| 3.6.1 Consideraciones Éticas.....                                                         | 13136 |
| 3.6.2 Protocolo Habeas Data .....                                                         | 1329  |
| 3.6.3 Protocolo Manejo de Datos y Confidencialidad.....                                   | 13340 |
| 3.6.4 Validación de Instrumentos para la Recolección de la Información .....              | 13442 |
| 3.7. Herramientas de software para el desarrollo del estudio .....                        | 143   |
| Capítulo IV Resultados, Sistematización y Análisis de la información .....                | 146   |
| 4.1. Desarrollo del objetivo específico número uno.....                                   | 146   |
| 4.1.1 Análisis documental según la Categoría Estructuras de Pensamiento .....             | 149   |
| 4.1.2 Análisis documental según la Categoría Pensamiento Tecnológico .....                | 151   |
| 4.1.3 Análisis documental según la Categoría Tecnologías Exponenciales.....               | 154   |

|                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.4 Análisis documental según la Categoría Modelado Digital e Impresión 3D ..... | 157 |
| 4.1.5 Integración y coincidencia de elementos entre categorías .....               | 161 |
| 4.2. Desarrollo del Objetivo Específico número dos .....                           | 165 |
| 4.2.1 Ejercicio Experiencial Previo .....                                          | 166 |
| 4.2.2 Resultados del Ejercicio Experiencial .....                                  | 168 |
| 4.2.3 Diseño, Aplicación y Análisis de la Entrevista Semiestructurada .....        | 171 |
| 4.2.4 Análisis y síntesis de cada pregunta de la entrevista semiestructurada.....  | 176 |
| 4.2.5 Análisis Integrado de las Preguntas de la Entrevista Semiestructurada .....  | 189 |
| 4.2.6 Estructuración de la Propuesta pedagógica .....                              | 192 |
| 4.3. Desarrollo del objetivo específico número tres.....                           | 193 |
| 4.3.1 Implementación de la Propuesta Pedagógica .....                              | 196 |
| 4.3.2 Análisis y resultados de la prueba de entrada y salida .....                 | 206 |
| 4.4. Desarrollo del objetivo específico número cuatro.....                         | 214 |
| Capítulo V Discusión de los resultados y Aportes al Conocimiento .....             | 224 |
| 5.1. Estructuración y diseño de la propuesta pedagógica.....                       | 224 |
| 5.1.1 Diseño de la Propuesta Desde lo Teórico.....                                 | 225 |
| 5.1.2 Diseño de la Propuesta desde la Recolección de Información .....             | 227 |
| 5.1.3 Diseño de la propuesta desde la implementación.....                          | 229 |
| 5.1.4 Diseño de la propuesta desde la evaluación .....                             | 231 |
| 5.2. Descripción de la versión final de la propuesta.....                          | 232 |
| 5.2.1 Etapas de desarrollo del pensamiento tecnológico en la propuesta.....        | 235 |
| 5.2.2 Características y particularidades de la institución .....                   | 237 |
| 5.2.3 Material de apoyo. ....                                                      | 237 |

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.2.4 Nivel de desarrollo del pensamiento tecnológico con la propuesta .....      | 238 |
| 5.2.5 Resultados de aprendizaje de cada etapa.....                                | 238 |
| 5.2.6 Niveles de desempeño.....                                                   | 239 |
| 5.2.7 Ciclo Iterativo .....                                                       | 239 |
| 5.3. Uso de tecnologías exponenciales como herramientas didácticas .....          | 239 |
| 5.4. Aportes teóricos .....                                                       | 243 |
| 5.4.1 Fundamentación Teórica de la Propuesta.....                                 | 243 |
| 5.4.2 Contribuciones a la Conceptualización del Pensamiento Tecnológico .....     | 244 |
| 5.5. Estrategias Pedagógicas para el Desarrollo del Pensamiento Tecnológico ..... | 247 |
| Conclusiones y Recomendaciones.....                                               | 250 |
| Conclusiones .....                                                                | 250 |
| Aportes de la investigación .....                                                 | 255 |
| Recomendaciones.....                                                              | 259 |
| Dificultades .....                                                                | 262 |
| Referencias.....                                                                  | 264 |

## Lista de Figuras

|                                                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1. <i>Resultados de los grupos de investigación en desarrollo tecnológico e innovación ....</i>             | 21  |
| Figura 2. <i>Aspectos del problema de investigación.....</i>                                                       | 22  |
| Figura 3. <i>Proporción entre tareas realizadas por máquinas y humanos .....</i>                                   | 35  |
| Figura 4. <i>Impacto de las Tecnologías Exponenciales en la Educación.....</i>                                     | 37  |
| Figura 5. <i>Ecuaciones de Búsqueda .....</i>                                                                      | 40  |
| Figura 6. <i>Resumen de Bases de datos y Fuentes consultadas.....</i>                                              | 41  |
| Figura 7. <i>Categorías y Subcategorías de la Investigación .....</i>                                              | 42  |
| Figura 8. <i>Investigaciones sobre pensamiento tecnológico y tecnologías exponenciales en la educación .....</i>   | 52  |
| Figura 9. <i>Principales características de las revoluciones Industriales .....</i>                                | 77  |
| Figura 10. <i>Habilidades del siglo XXI según el proyecto de investigación ATC21S .....</i>                        | 86  |
| Figura 11. <i>Procesos cognitivos básicos y superiores .....</i>                                                   | 93  |
| Figura 12. <i>Características del pensamiento como proceso cognitivo superior.....</i>                             | 95  |
| Figura 13. <i>Características de las Estructuras de Pensamiento .....</i>                                          | 97  |
| Figura 14. <i>Formas de pensar que favorecen el Pensamiento Tecnológico .....</i>                                  | 98  |
| Figura 15. <i>Componentes del Pensamiento Tecnológico .....</i>                                                    | 102 |
| Figura 16. <i>Niveles del pensamiento tecnológico.....</i>                                                         | 103 |
| Figura 17. <i>Desarrollo, punto de inflexión y rendimiento para algunas de las Tecnologías Exponenciales .....</i> | 105 |
| Figura 18. <i>Algunas aplicaciones de la Impresión 3D.....</i>                                                     | 118 |
| Figura 19. <i>Proceso completo de modelado digital e impresión 3D.....</i>                                         | 119 |
| Figura 20. <i>Aplicaciones del Modelado Digital e Impresión 3D en la Educación .....</i>                           | 121 |

|                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 21. <i>Beneficios del modelado digital e impresión 3D llevado al trabajo en ambientes de aprendizaje</i> ..... | 122 |
| Figura 22. <i>Correlación entre Pensamiento Tecnológico y Modelado Digital e Impresión 3D</i> .                       | 123 |
| Figura 23. <i>Metodología</i> .....                                                                                   | 126 |
| Figura 24. <i>Población, Muestra y criterios de Selección</i> .....                                                   | 128 |
| Figura 25. <i>Volumen de Datos</i> .....                                                                              | 129 |
| Figura 26. <i>Esquema General del Abordaje de los Objetivos</i> .....                                                 | 131 |
| Figura 27. <i>Aspectos Fundamentales del Análisis en el Primer Objetivo</i> .....                                     | 132 |
| Figura 28. <i>Aspectos Fundamentales del Análisis en el Segundo Objetivo</i> .....                                    | 133 |
| Figura 29. <i>Aspectos Fundamentales del Análisis en el Tercer Objetivo</i> .....                                     | 134 |
| Figura 30. <i>Aspectos Fundamentales del Análisis en el Tercer Objetivo</i> .....                                     | 135 |
| Figura 31. <i>Herramientas para la investigación</i> .....                                                            | 144 |
| Figura 32. <i>Campos de la matriz de información</i> .....                                                            | 147 |
| Figura 33. <i>Coincidencias y relación de elementos dentro del análisis de categorías principales</i><br>.....        | 162 |
| Figura 34. <i>Categorías principales y categorías emergentes de la investigación</i> .....                            | 163 |
| Figura 35. <i>Nivel de desarrollo de las Investigaciones Relacionadas</i> .....                                       | 164 |
| Figura 36. <i>Aportes del análisis documental desde la matriz de información</i> .....                                | 165 |
| Figura 37. <i>Etapas del ejercicio experiencial previo a la estructuración de la propuesta pedagógica</i> .....       | 167 |
| Figura 38. <i>Productos del ejercicio experiencial</i> .....                                                          | 168 |
| Figura 39. <i>Insumos y elementos para la construcción de la entrevista semiestructurada</i> .....                    | 172 |
| Figura 40. <i>Mapa de Relaciones y Estructura de la Entrevista S.E</i> .....                                          | 174 |

|                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 41. Preguntas fundamentales de la entrevista semiestructurada .....                                                    | 175 |
| Figura 42. Proceso de análisis de la entrevista .....                                                                         | 176 |
| Figura 43. Elementos fundamentales que la entrevista aportó a la investigación .....                                          | 191 |
| Figura 44. Fundamentos y elementos claves para la estructuración de la propuesta pedagógica .....                             | 192 |
| Figura 45. Estructura general de la bitácora de observación cuantitativa .....                                                | 194 |
| Figura 46. Aspectos importantes recopilados con la bitácora de observación cuantitativa .....                                 | 195 |
| Figura 47. Proyectos desarrollados en la institución número 1 .....                                                           | 197 |
| Figura 48. Proyectos desarrollados en la institución número 2 .....                                                           | 199 |
| Figura 49. Proyectos desarrollados en la institución número 3 .....                                                           | 202 |
| Figura 50. Proyectos desarrollados en la institución número 4 .....                                                           | 205 |
| Figura 51. Escala valorativa y detalles de la prueba de entrada y salida.....                                                 | 207 |
| Figura 52. Elementos teórico-prácticos que incidieron en el pensamiento tecnológico .....                                     | 215 |
| Figura 53. Detalles del cuestionario de evaluación de la propuesta.....                                                       | 216 |
| Figura 54. Esquema y elementos del análisis de triangulación de instrumentos .....                                            | 221 |
| Figura 55. Relación entre las etapas del pensamiento tecnológico y modelado e impresión 3D.....                               | 226 |
| Figura 56. Primera versión de la propuesta pedagógica .....                                                                   | 227 |
| Figura 57. Segunda versión de la propuesta, aportes desde la recolección de información con entrevista semiestructurada ..... | 228 |
| Figura 58. Tercera versión de la propuesta, aportes desde la implementación .....                                             | 230 |
| Figura 59. Cuarta versión de la propuesta, aportes desde la evaluación y validación.....                                      | 232 |
| Figura 60. Descripción detallada de la propuesta pedagógica .....                                                             | 234 |

## Lista de Gráficas

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfica 1. <i>Clasificación inicial de documentos consultadas</i> .....                                              | 147 |
| Gráfica 2. <i>Resultados del análisis de la categoría Estructuras de Pensamiento</i> .....                           | 149 |
| Gráfica 3. <i>Resultados del análisis de la categoría Pensamiento Tecnológico</i> .....                              | 152 |
| Gráfica 4. <i>Resultados del análisis de la categoría Tecnologías Exponenciales</i> .....                            | 155 |
| Gráfica 5. <i>Resultados del análisis de la categoría Modelado Digital e Impresión 3D</i> .....                      | 158 |
| Gráfica 6. <i>Resultados de la indagación a estudiantes en el ejercicio experiencial</i> .....                       | 170 |
| Gráfica 7. <i>Análisis y síntesis de la pregunta 1 en la entrevista S.E.</i> .....                                   | 177 |
| Gráfica 8. <i>Aspectos importantes obtenidos del análisis de la pregunta 2</i> .....                                 | 179 |
| Gráfica 9. <i>Elementos encontrados en el análisis de la Pregunta 3</i> .....                                        | 180 |
| Gráfica 10. <i>Aspectos sobresalientes en el análisis de la pregunta 4</i> .....                                     | 181 |
| Gráfica 11. <i>Causas que impiden el aprendizaje y desarrollo el pensamiento tecnológico</i> .....                   | 183 |
| Gráfica 12. <i>Acciones que pueden disminuir las dificultades en el desarrollo del pensamiento tecnológico</i> ..... | 184 |
| Gráfica 13. <i>Aspectos relacionados con las orientaciones curriculares del MEN</i> .....                            | 185 |
| Gráfica 14. <i>Elementos a ser incorporados desde la práctica de los docentes y expertos</i> .....                   | 186 |
| Gráfica 15. <i>Bondades del desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes</i> .....                      | 187 |
| Gráfica 16. <i>Importancia del pensamiento tecnológico para la vida</i> .....                                        | 188 |
| Gráfica 17. <i>Aspectos y elementos más relevantes del análisis completo de la E.S.</i> .....                        | 190 |
| Gráfica 18. <i>Resultados individuales en la institución educativa 1</i> .....                                       | 198 |
| Gráfica 19. <i>Resultados individuales en la institución educativa 2</i> .....                                       | 200 |
| Gráfica 20. <i>Resultados individuales en la institución educativa 3</i> .....                                       | 203 |
| Gráfica 21. <i>Resultados individuales en la institución educativa 4</i> .....                                       | 206 |

|                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfica 22. <i>Prueba de entrada y salida para grupos intervenidos</i> .....                                        | 209 |
| Gráfica 23. <i>Prueba de entrada y salida para grupos de control</i> .....                                          | 210 |
| Gráfica 24. <i>Niveles de competencias y habilidades para estudiantes con intervención y grupo de control</i> ..... | 212 |
| Gráfica 25. <i>Datos consolidados del cuestionario de evaluación de la propuesta</i> .....                          | 217 |
| Gráfica 26. <i>Porcentaje de incidencia de cada uno de los elementos de la evaluación de la propuesta</i> .....     | 219 |
| Gráfica 27. <i>Comparación de los resultados en las diferentes fases</i> .....                                      | 222 |



## Lista de Tablas

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. <i>Matriz de desarrollo metodológico</i> .....                                                 | 130 |
| Tabla 2. <i>Resumen de los elementos destacados de las categorías</i> .....                             | 161 |
| Tabla 3. <i>Clasificación de las preguntas de la prueba de entrada y salida</i> .....                   | 208 |
| Tabla 4. <i>Medidas de tendencia central para los resultados de la prueba de salida</i> .....           | 213 |
| Tabla 5. <i>Elementos coincidentes entre análisis documental, entrevistas S.E. y cuestionario</i> ..... | 220 |

## **Resumen**

El avance tecnológico genera gran impacto en todas las dimensiones del ser humano, provocando cambios continuos en las actividades de las personas, afectando la economía, el trabajo, la educación, el conocimiento y en general, a la sociedad. En el contexto de la educación, no se están brindando suficientes herramientas a los estudiantes para afrontar los cambios tecnológicos desde nuevas formas de pensar. En este sentido, las tecnologías exponenciales emergen como herramientas didácticas que, llevadas a los ambientes de aprendizaje, pueden facilitar los procesos cognitivos conduciendo al desarrollo del pensamiento tecnológico, el cual es fundamental para el crecimiento de sociedades basadas en el conocimiento. De allí surge la inquietud de cómo encontrar rutas y propuestas pedagógicas que permitan que las tecnologías de modelado digital e impresión 3D, aprovechadas como recurso didáctico, puedan convertirse en un instrumento efectivo a la hora de desarrollar las habilidades y capacidades que les permitan a los estudiantes de la educación media estar mejor preparados para las condiciones y necesidades de la sociedad actual y futura. El propósito de esta investigación es la de fundamentar una propuesta pedagógica basada en estos principios que permita desarrollar el pensamiento tecnológico de los estudiantes con aportes teórico-prácticos que la fundamenten. Esta investigación se llevó a cabo mediante cuatro fases con un desarrollo metodológico explicativo secuencial de orden mixto. La primera fase se centró en describir los elementos de la educación 5.0 que contribuyen al desarrollo del pensamiento tecnológico; la segunda y tercera fase consistieron en la estructuración e implementación de la propuesta pedagógica y en la cuarta y última, se realizó una evaluación para determinar los elementos que contribuyeron al desarrollo del pensamiento tecnológico dentro del estudio. Los resultados mostraron importantes avances en el propósito de desarrollar el pensamiento tecnológico en los estudiantes, aportando valiosos elementos teórico-prácticos en la propuesta y en la conceptualización de esta forma de pensar.

### **Palabras Claves:**

Tecnología Educativa, Pensamiento, Educación y Desarrollo, Competencia Digital.

## **Abstract**

Technological progress generates a great impact on all dimensions of the human being, causing continuous changes in people's activities, affecting the economy, work, education, knowledge and society in general. In the context of education, students are not being provided with enough tools to face technological changes from new ways of thinking. In this sense, exponential technologies emerge as didactic tools that, when taken to learning environments, can facilitate cognitive processes, leading to the development of technological thinking, which is fundamental for the growth of knowledge-based societies. From there arises the concern of how to find pedagogical routes and proposals that allow digital modeling and 3D printing technologies, used as a didactic resource, to become an effective instrument when it comes to developing the skills and abilities that allow high school students to be better prepared for the conditions and needs of current and future society. The purpose of this research is to establish a pedagogical proposal based on these principles that allow the development of students' technological thinking with theoretical-practical contributions that support it. This research was carried out through four phases with a sequential explanatory methodological development of mixed order. The first phase focused on describing the elements of education 5.0 that contribute to the development of technological thinking, the second and third phases consisted of the structuring and implementation of the pedagogical proposal and in the fourth and last phase an evaluation was carried out to determine the elements that contributed to the development of technological thinking within the study. The results showed important advances in the purpose of developing technological thinking in students, providing valuable theoretical-practical elements in the proposal and conceptualization of this way of thinking.

### **Keywords:**

Educational Technology, Thinking, Education and Development, Digital Competence.

## **Introducción**

La educación tiene un papel fundamental en el desarrollo social, cultural y económico de las sociedades y la humanidad en general; por esto, los cambios actuales en estas áreas de interés, requieren de nuevas visiones y abordajes desde lo educativo, ya que debido al desarrollo vertiginoso y cada vez más acelerado de la tecnología que afecta casi todos los aspectos de la vida, se empiezan a dar desfases en los aprendizajes (CEPAL, 2022). Un ejemplo de esto es que, en algunas escuelas, aún se enseña alfabetización digital o identificación de la estructura de una computadora, cuando hoy en día, la presencia y uso de computadores hace parte de lo cotidiano y en otros contextos, más bien se busca desarrollar el pensamiento computacional.

En el presente, se trabaja desde el campo de la educación en el desarrollo de estructuras de pensamiento que van más allá de los conocimientos, habilidades o destrezas de los estudiantes, de modo que estas nuevas estructuras adoptan nuevos métodos, modelos y herramientas para adaptarse a los rápidos cambios, originados por los avances científicos y tecnológicos (Armenta, 2022). Estas nuevas formas de aprender deben fortalecer las estructuras de pensamiento a través de los procesos cognitivos, para luego ser puestos en práctica en la vida académica, laboral y social (Calle, 2019).

Una de las necesidades fundamentales para el avance de una sociedad, es la resolución de problemas; allí el pensamiento tecnológico cumple una función primordial para encontrar soluciones a diversas situaciones del contexto, con la integración de la tecnología como estrategia principal. El propósito de esta investigación es el de fundamentar una propuesta pedagógica basada en estos principios que permita desarrollar el pensamiento tecnológico de los estudiantes y aportar en la construcción teórico-práctica de esta estrategia para la resolución de problemas.

El primer capítulo de este trabajo aborda el problema de investigación desde el impacto que han empezado a tener las Tecnologías Exponenciales en varios aspectos de la sociedad, especialmente en el campo de la Educación (Davidson, 2019), teniendo en cuenta factores organizacionales, curriculares, pedagógicos y didácticos. El abordaje de este estudio se da desde lo pedagógico, considerando que el impacto y los posibles efectos que se puedan derivar de la investigación pueden ser más inmediatos, puesto que las acciones llevadas a cabo en su desarrollo repercuten directamente sobre la población y el ejercicio de la educación en el contexto cercano.

En el siguiente capítulo, correspondiente a los marcos de referencia, se establece el estado del arte en el tema, se relacionan en el documento las investigaciones que, alrededor del mundo, se vienen trabajando sobre el pensamiento tecnológico (Leguizamón, 2021), y su desarrollo en los ambientes de aprendizaje, desde su teorización en países en vía de desarrollo, hasta su implementación en proyectos educativos impulsados por las entidades gubernamentales en países desarrollados.

Posteriormente, en los marcos teórico y conceptual se hace un recorrido por las tecnologías exponenciales, las estructuras de pensamiento, el pensamiento tecnológico y el modelado digital e impresión 3D, como tecnología para la educación (Rúa, 2021), teniendo en cuenta las habilidades y capacidades que se propone sean desarrolladas en los estudiantes de hoy, que deberán enfrentarse y desempeñarse en los contextos educativo, laboral y social en las próximas décadas.

El tercer capítulo describe el diseño metodológico con los aspectos importantes a observar dentro de cada objetivo, los instrumentos y los análisis que se dieron en cada fase de la

investigación, así como la definición de la población, participantes y contexto en el que se lleva a cabo la implementación de la propuesta pedagógica.

Luego en el siguiente apartado se desarrolla el capítulo de resultados, sistematización y análisis de la información recolectada en cada etapa de la investigación, a través de los instrumentos propuestos en el diseño metodológico. Allí se describe en forma sistemática cada uno de los procesos utilizados en el análisis dentro de las fases de la investigación, con el propósito de hacer comparaciones, encontrando convergencias y divergencias, para evidenciar la coherencia en los aspectos relevantes del estudio.

Continuando, en el quinto y último capítulo se expone la discusión de los resultados y aportes al conocimiento, donde se describe, de manera detallada, la propuesta pedagógica como principal resultado de la investigación, teniendo en cuenta sus componentes y elementos derivados del análisis de los resultados de cada etapa del proceso. Igualmente se muestran los aportes teórico prácticos que surgen en todo el recorrido investigativo y la construcción desde el análisis documental, la estructuración, la implementación y la evaluación de la propuesta pedagógica.

Finalmente se formulan las conclusiones, recomendaciones, aportes y dificultades en el desarrollo de la investigación, con la proyección hacia la continuidad de este tipo de estudios, ampliando el conocimiento y la discusión académica en el campo educativo.

## **Capítulo I**

### **Problema de Investigación**

#### **1.1. Planteamiento del Problema de Investigación**

De acuerdo con las tendencias mundiales y diversas investigaciones en educación, el sistema educativo debe transformarse y debe ser renovado, alineándose con las expectativas del desarrollo tecnológico, especialmente con la integración de recursos digitales (Davidson, 2022), que optimizan los procesos, producen conocimiento y generan desarrollo y bienestar para la sociedad. Estas herramientas tecnológicas deben ser vistas como una oportunidad de fortalecimiento y formación de nuevas habilidades que son requeridas y serán necesarias en un corto plazo en la sociedad de la información y el conocimiento (CEPAL, 2022).

De otro lado, las políticas y nuevas tendencias en educación, formulan la necesidad de incorporar las tecnologías exponenciales en varios sectores, desde lo industrial, productivo, económico, organizacional, gestión del estado y, particularmente, en la educación para el fortalecimiento de las llamadas habilidades del siglo XXI, de modo que se aprovechen las oportunidades que permitan un crecimiento del capital humano y se alcancen las condiciones habilitantes para enfrentar los retos en la 4a y 5a revolución industrial (CONPES.3988, 2020).

La inclusión de las mencionadas tecnologías en los ambientes de aprendizaje, se ha dado de forma sistemática, desde los diferentes aspectos educativos como el curricular, el organizacional, el didáctico y el pedagógico. Sin embargo, esta incorporación no se ha articulado de forma eficiente y, mientras se dota de computadoras a las escuelas e instituciones educativas, la formación docente es insuficiente y los estándares para el área de tecnología, así como la estructura organizacional no responde a las necesidades educativas que permita alcanzar unos aprendizajes más adecuados para los estudiantes (Apella, 2022).

A pesar de los esfuerzos que se puedan gestar desde los entes gubernamentales, como los programas para promover el pensamiento computacional, el *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM) y otros enfoques pedagógicos, cualquier aporte adicional que se pueda dar en este sentido, es valioso, pues en algunas ocasiones, estas políticas y programas se quedan estancados o interrumpidos por los cambios administrativos, o no llegan a comunidades donde se hace necesario buscar otras alternativas desde la iniciativa de las investigaciones en educación (Min Ciencias, 2021).

Desde lo expuesto anteriormente, se puede visualizar que existe una brecha entre lo que se debería enseñar en el área de tecnología e informática y los aprendizajes que realmente están adquiriendo los estudiantes, pero adicionalmente, el poco interés para que se estudien carreras relacionadas con ciencia y tecnología, lo cual se hace más evidente a medida que se avanza en la formación académica y que afecta directamente el indicador que tiene que ver con el número de patentes y bajos resultados en desarrollo tecnológico e innovación, desde los grupos de investigación (Min Ciencias, 2021). La Figura 1 muestra el bajo porcentaje en los resultados de los grupos de investigación en lo relacionado con innovación y desarrollo tecnológico para Colombia.



**Figura 1**

*Resultados de los grupos de investigación en desarrollo tecnológico e innovación*



Lo anterior, es especialmente preocupante en países en desarrollo, en donde es necesario avanzar en el perfeccionamiento tecnológico propio, que permita un incremento en el capital humano e intelectual para promover la producción de conocimientos y recursos que mejoren la calidad de vida y el bienestar de las personas pertenecientes a estas sociedades (Rivera, 2019).

Centrándonos en el campo de lo educativo, el problema anteriormente expuesto se puede abordar desde distintas aristas, teniendo en cuenta los aspectos curriculares, organizacionales, pedagógicos y didácticos. De manera general, estos aspectos que integran la educación influyen claramente y se relacionan de forma dependiente uno del otro, afectando directamente los objetivos de aprendizaje propuestos.

Por un lado, las organizaciones educativas necesitan renovarse de acuerdo con las expectativas de los desarrollos digitales; en el mismo sentido, los currículos requieren flexibilidad para adaptarse a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. Igualmente, las

nuevas tendencias pedagógicas buscan diseñar propuestas que fortalezcan las habilidades del siglo XXI, soportadas en ambientes de aprendizaje digitales, así como de metodologías didácticas activas, mediadas por las tecnologías exponenciales. En la figura 2 se muestran de forma resumida aspectos del problema de investigación desde los ejes mencionados anteriormente.

**Figura 2**

*Aspectos del problema de investigación*



A continuación, se describe de forma más detallada cada uno de los aspectos mencionados anteriormente, teniendo en cuenta cómo afectan al campo educativo, describiendo algunas tendencias y posibles caminos a seguir para su mejoramiento.

### ***1.1.1 Desde lo Organizacional***

Analizando el aspecto organizacional, es importante mencionar que la escuela ha sufrido pocas transformaciones en las últimas décadas, especialmente en los países en vías de desarrollo, en las que las instituciones educativas han avanzado de forma poco dinámica a través del tiempo y en las que no se encuentran evidencias de transformaciones importantes desde las políticas nacionales e internacionales, a pesar de que es indudable que se necesita una renovación que se

adapte a las necesidades acordes con el desarrollo tecnológico actual y futuro (WEF, 2023).

Aunque se han hecho esfuerzos importantes en involucrar estrategias organizacionales en la dotación de laboratorios, infraestructura y materiales tecnológicos, se hace necesario que aparte de estos recursos, se fomenten, en forma paralela, propuestas que ayuden a contar con herramientas conceptuales y teóricas, concretamente a través de la experiencia de la tecnología (Vera, 2023).

Las transformaciones que se dan hoy en día en las instituciones educativas con cierta frecuencia no están pensadas en adquirir conocimientos para el futuro, sino que se basan en conocimientos ya consolidados que tienden a desactualizarse con rapidez, especialmente en lo relacionado con la ciencia y la tecnología (Enguita, 2023). La escuela de hoy no solo debe formar para las necesidades del presente, sino que es necesario considerar las rápidas innovaciones que se dan en la sociedad actual y en la cual los estudiantes actuales se van a desempeñar como individuos, ciudadanos y trabajadores, pero teniendo en cuenta además el rápido avance tecnológico, en donde ellos se tendrán que desenvolver en empleos que incluso hoy en día no han sido creados (Davidson, 2019), pero que se generarán por las necesidades del mercado laboral y las dinámicas globales que se vienen gestando.

Esto tiene un impacto profundo en la Educación desde la forma en que se organizan las instituciones y se dan los títulos a los estudiantes; por ejemplo, muchas instituciones han empezado a crear sistemas educativos con plataformas adaptativas que diseñan rutas de aprendizaje personalizadas de modo que el estudiante pueda aprender de la mejor manera posible y en cualquier momento (Acero, 2020), teniendo en cuenta, además, el entorno del estudiante, las necesidades en el aprendizaje y los propósitos de formación institucionales.

Por otro lado, obtener un título en cuatro o cinco años en cualquier sector tecnológico, pierde sentido cuando este campo habrá cambiado radicalmente en el momento en que los estudiantes se gradúen; por esto, algunas iniciativas apuntan a que se trabaje en el modelo de certificaciones, insignias abiertas o nano-gradados, que en conjunto vayan formando a las personas según las necesidades del individuo, de modo que al acumularse la formación y la experiencia sea posible otorgar un título al estudiante (Castro, 2019).

En economías en desarrollo como la nuestra, esta nueva visión de las instituciones educativas es necesaria e indispensable para el progreso económico; pero las políticas no han determinado un cambio sustancial y se continúa trabajando con estructuras desactualizadas en las organizaciones e instituciones educativas.

Finalmente, las organizaciones educativas actuales, en su mayoría ordenadas de manera jerárquica, también deben reflexionar sobre su estructura organizacional rígida y buscar otras formas en las cuales puedan ser más eficientes en la gestión de sus procesos organizacionales mediante modelos redárquicos (en forma de red) (Gallo, 2020), soportados en sistemas digitales, que sean más flexibles a los cambios y que permitan la construcción de conocimientos y aprendizajes nuevos y vigentes, interactuando con otras instituciones educativas y organizaciones que trabajan con los mismos propósitos. Sin duda una de las exigencias es que, tanto los currículos como la estructura organizacional de las instituciones educativas, se basen en lo digital y apunten a la incorporación de tecnologías digitales y emergentes, utilizadas como medios de organización, colaboración e interacción en los procesos de aprendizaje. Lo anterior, sin desconocer los recursos con los que ya cuentan las instituciones que pueden ser objeto de actualización o repotenciación, contando también, con la formación a las personas involucradas en los procesos para evitar su subutilización.

### ***1.1.2 Desde lo Curricular***

En este mismo sentido y de la mano con la parte organizacional, está el aspecto curricular que, de igual manera, se ha venido trabajando con pocos cambios que respondan a los continuos avances tecnológicos. Si bien, las investigaciones en educación han mostrado avances, permitiendo proponer nuevas rutas e innovaciones curriculares, pedagógicas y didácticas obteniendo buenos resultados, las políticas educativas en países con economías en crecimiento, siguen funcionando bajo una estructura de áreas, asignaturas y contenidos, a pesar de que se hable hoy en día de capacidades, habilidades y destrezas; estas no se ven reflejadas sistemáticamente en los currículos, las orientaciones y los estándares que establecen las instituciones gubernamentales propias de cada país, como lo son los ministerios de educación (Waissbluth, 2019).

A pesar de que los ministerios de educación y las tendencias curriculares globales proponen ajustes con cierta frecuencia, estos esfuerzos se hacen insuficientes si no se mejoran o diversifican al implementarse; por esta razón, los currículos educativos también deben adaptarse a las exigencias del mundo actual, por lo que no es recomendable contar con currículos rígidos en las instituciones educativas, ya que en la medida en que los conocimientos y la tecnología avanzan, se crea un desfase entre lo que se enseña y lo que las personas necesitan aprender para hacer parte activa de la sociedad cambiante y de cómo el individuo debe adaptarse de forma rápida y constante.

Se sugiere más bien, que los currículos deben ser flexibles y adaptarse a las necesidades de los estudiantes o incluso que ellos mismos elijan cuál debe ser su ruta de aprendizaje, de acuerdo con sus necesidades, gustos, capacidades y habilidades, de modo que se pueda

acondicionar más fácilmente al entorno y pueda desenvolverse más eficientemente en su desempeño laboral, social y familiar (Ruiz, 2020).

En el contexto nacional, esta situación es más crítica, y cuando se analiza específicamente lo relacionado con la educación en tecnología, se encuentra que, en algunas escuelas e instituciones educativas, se sigue enseñando de la misma forma que se hacía hace 20 o 25 años, cuando se introdujo, por medio de la Ley 115 de educación, la llamada novena área, conocida como tecnología e informática, que buscaba, en ese momento, acercarse a la alfabetización en el reconocimiento y el uso de las computadoras. Es claro que con el desarrollo tecnológico, este propósito inicial no es suficiente y debe irse adaptando a las necesidades del conocimiento y aprendizajes que deben adquirir los estudiantes; sin embargo, esto no siempre sucede de forma regular (Jiménez et al., 2023).

Las orientaciones en tecnología e informática que han surgido como una iniciativa del Ministerio de Educación y otras instituciones, han pasado por dos versiones, la llamada cartilla o guía 30 del año 2008 titulada “Ser competente en Tecnología: Una necesidad para el Desarrollo”; fue el primer insumo para que la enseñanza del área tuviera un referente a la hora de pensar, diseñar e implementar las clases de tecnología e informática en el aula y se lograra, de algún modo, contar con un estándar para que los aprendizajes de los estudiantes estuvieran acordes con los desarrollos físicos e intelectuales, permitiendo un equilibrio a nivel nacional sobre la materia (MEN, 2008).

Durante los años siguientes, los docentes e instituciones, de forma autónoma, fueron innovando en diferentes propuestas curriculares, incorporando estrategias didácticas desde el diseño tecnológico, la electrónica, la programación y la robótica educativa, sin que el Ministerio de Educación haya publicado nuevas orientaciones o estándares (Leguizamón, 2021).

Recientemente, en el año 2022, surge una nueva versión de estas disposiciones en el documento “Orientaciones Curriculares para el Área de Tecnología e Informática en la Educación Básica y Media”, con actualizaciones y redimensionamientos en los conceptos de tecnología, informática, TIC, así como nuevos elementos que contribuyen a la organización curricular, las actividades tecnológicas escolares, las estrategias didácticas, los ambientes de aprendizaje y los procesos de evaluación en el área desde la educación inicial, hasta la educación media (MEN, 2022).

Estas indicaciones son claras y puntuales en el momento de elaborar los planes curriculares de las instituciones; sin embargo, en el desarrollo de las actividades que dan cuenta de estos lineamientos, es difícil, en algunos casos, encontrar estrategias didácticas precisas que permitan fortalecer ciertos conocimientos en los ambientes de aprendizaje. Por esta razón, es importante plantear y desarrollar propuestas que, desde lo pedagógico, permitan fortalecer y mejorar la implementación de estas estrategias en las instituciones educativas, de forma que los docentes puedan incorporarlas en los planes de estudio y permitan la actualización constante de las políticas educativas formuladas por el Ministerio de Educación.

### ***1.1.3 Desde lo Didáctico***

Otro factor no menos importante, es el que tiene que ver con los recursos y herramientas didácticas que van, desde las estrategias, hasta los medios utilizados para el aprendizaje y fortalecimiento de determinados conocimientos en los estudiantes. Normalmente se suelen relacionar los procesos de aprendizaje en el área de tecnología e informática con la integración de las tecnologías de la información y la comunicación, así como la manipulación de dispositivos electrónicos, es decir, computadores, tabletas o celulares (Vázquez, 2021). Aunque el uso y manipulación de los elementos mencionados anteriormente, es pertinente, se hace necesario

ampliar, mucho más, el espectro de estrategias, medios y herramientas, dando un concepto más amplio a lo que pudiéramos entender como tecnología y considerando las tecnologías exponenciales como un medio por el cual, se pueda fortalecer el pensamiento tecnológico, basándose en avances que están a la vanguardia del conocimiento.

Por lo anterior, es necesario que la educación en tecnología no se centre solo en el uso de software o la manipulación de dispositivos electrónicos, sino que vaya más allá, descubriendo desde su origen hasta los últimos adelantos, ampliando el conocimiento sin depender de los medios, sino creando conciencia, análisis, innovación, creatividad y herramientas que fortalezcan, en el estudiante, el uso de los recursos que están a su alcance, dando soluciones eficientes en determinado entorno, con el pensamiento tecnológico como estrategia que permita ampliar la posibilidad de encontrar diversas soluciones.

Retomando el aspecto didáctico, la formación en tecnología e informática, según las nuevas tendencias, puede fundamentarse en la apropiación de las tecnologías exponenciales, puesto que son estas las que, en el mediano y largo plazo, harán parte del contexto, en el cual, los estudiantes se van a desempeñar en la sociedad y, por medio de las cuales, tendrán que solucionar los problemas del contexto en ese momento. Es aquí donde toma importancia el uso de herramientas didácticas, como el modelado digital e impresión 3D, las cuales, no son el fin, pero sí el medio, por el cual, los estudiantes pueden llegar a fortalecer el pensamiento tecnológico, aplicando procedimientos en los que se pueda medir la eficacia y eficiencia de las soluciones a problemas que pongan en práctica el pensar tecnológico (MEN, 2022).

Un aspecto importante desde lo didáctico, tiene que ver con la forma en que muchos conceptos de la matemática, la geometría, la física y la tecnología, en algunos casos, se van complejizando desde la forma en que los estudiantes lo comprenden en un nivel básico (1D),



pasando a un nivel más complejo (2D), hasta llegar a un concepto tridimensional avanzado (3D), en lo cual, el uso de tecnologías, como el modelado digital e impresión 3D, pueden tener un gran potencial y aportar en los procesos didácticos que permitan asimilar mucho más fácil estos conceptos, logrando desarrollar una estructura mental que se adapte más fácilmente, a problemas que involucren el concepto de tridimensionalidad (Saldivia, 2018).

En otras oportunidades, sucede el caso contrario, es decir, se parte de modelos tridimensionales complejos para llegar a relacionar una o dos dimensiones, haciendo más comprensible el concepto; en ambas situaciones, el uso de estas tecnologías puede facilitar el aprendizaje haciéndolo más perceptible desde un modelo digital y real.

#### ***1.1.4 Desde lo Pedagógico***

Sin duda, no solo los medios tecnológicos utilizados para desarrollar los aprendizajes son importantes, también lo son las estrategias y, en este sentido, se ha venido hablando de diversas formas de organizar, implementar y desarrollar las clases en el área de tecnología e informática. El problema entre lo que se debe y lo que se viene enseñando en el área de tecnología e informática, tiene un factor pedagógico preponderante, especialmente, porque las políticas, estándares y orientaciones para la enseñanza de esta área, necesitan proponer de forma detallada y metódica, cómo implementar, en los ambientes de aprendizaje, las rutas pedagógicas y las estrategias didácticas, para que los docentes cuenten con las herramientas necesarias a la hora de implementar y desarrollar los procesos de aprendizaje con los estudiantes (Molina, 2022).

Entre las muchas propuestas pedagógicas para el área, se encuentra el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje por proyectos, el trabajo colaborativo, el aula invertida, la gamificación, el enfoque STEAM, *Design Thinking*, etc. (Gómez, 2023). Estas estrategias didácticas, buscan fortalecer la participación de los estudiantes, desarrollar ciertos aprendizajes y

abarcen diferentes aspectos del pensamiento tecnológico; sin embargo, dejan por fuera algunas de las características y propósitos importantes que se pretenden desarrollar con esta propuesta pedagógica.

Aunque la utilización de dispositivos electrónicos, software y aplicaciones, propicia el uso de la tecnología en diferentes áreas y, desde allí, se pueden desarrollar otros productos, es importante destacar que, en este caso, solo se está ejecutando un nivel de usuario de la tecnología. Lo que se busca con una propuesta pedagógica, es elevar ese nivel al de integrador o creador de tecnología. En este sentido, el pensamiento tecnológico recoge, de alguna manera, muchas de las estrategias mencionadas anteriormente, fusionándolas, tomando lo mejor de cada una de ellas y generando una forma de pensamiento en los estudiantes, de modo que una vez estructurado, le permita al individuo emplear información y conocimiento previo, posibilitando encontrar soluciones eficientes a problemas del entorno, con el uso de los recursos a su disposición.

Otra gran dificultad que se presenta en la formación de estudiantes en el área de tecnología e informática, tiene que ver con la obsolescencia de los aprendizajes, es decir, cuando se usa cierto software, aplicación o artefacto y los conocimientos se centran en su utilización y en los contenidos temáticos, este aprendizaje se desactualiza en corto tiempo, debido al rápido avance tecnológico, por lo cual, se requiere un conocimiento que evolucione constantemente.

Este problema se puede abordar desde una perspectiva diferente si consideramos formar a los estudiantes desde las estructuras de pensamiento que permitan interpretar y analizar la información para generar nuevos conocimientos, dando importancia a los procedimientos; es allí donde el pensamiento tecnológico toma importancia, puesto que pensar tecnológicamente, no

requiere de los artefactos o software, pero estos si requieren de este tipo de pensamiento para ser eficientes y eficaces, sin importar si hay una evolución o avance tecnológico (Meller, 2019).

Aquí, es importante resaltar que las rutas de aprendizaje existentes para fortalecer el pensamiento tecnológico, por lo general, no son lo suficientemente flexibles, lo que dificulta adaptarse fácilmente a los cambios generados por el mismo avance del conocimiento y complican identificar, fácilmente, cuál es el nivel en la formación de esta estructura de pensamiento que, muchas veces, está integrado por características de usuario, integrador o diseñador, lo que se constituye en vacíos conceptuales al momento de confrontar estas estrategias con lo que exige la educación de hoy, en relación con la formación en tecnología, de manera general.

Por todo lo anterior, es necesario encontrar estrategias y rutas pedagógicas que faciliten la adquisición de conocimientos a través de ambientes de aprendizaje digitales, fortaleciendo las estructuras de pensamiento, entre ellos, el tecnológico, con la integración de tecnologías exponenciales, como el modelado digital e impresión 3D.

## **1.2. Formulación del Problema**

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores y desde el propósito de esta investigación, se pretende abordar el problema centrándose en el aspecto pedagógico, es decir en el diseño de una propuesta que ayude a fortalecer el pensamiento tecnológico en los estudiantes de educación media y que aporte a la construcción teórica de esta estructura de pensamiento. Aunque el uso de herramientas didácticas, como el modelado digital e impresión 3D, derivadas de las tecnologías exponenciales, es relevante, estas solo serán el medio por el cual se lleven a la práctica los procedimientos que pueden fortalecer la estrategia de pensar tecnológicamente en los estudiantes.

Como se describe más adelante en este documento, desde la educación, es necesario buscar nuevas formas de favorecer el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes (Furman, 2019), impulsando propuestas pedagógicas que permitan a los docentes fortalecerlo, aportando a la construcción teórica de esta forma de pensar, mediante el uso de tecnologías que se encuentran a la vanguardia (COMPES 3988, 2020). Se pretende pasar de usar tecnología en el aula, a aplicar la tecnología para pensar tecnológicamente, desde los ambientes de aprendizaje digitales, con mayor aprovechamiento e impacto en los resultados del conocimiento que se exige a los estudiantes, tanto en la actualidad, como a mediano y largo plazo (Sancho, 2019).

Centrándonos en el componente pedagógico, se considera que es allí donde este trabajo investigativo puede generar un efecto inmediato, al proponer estrategias que faciliten el aprendizaje y fortalecimiento de la estructura de pensamiento para los estudiantes en los diversos componentes relacionados con lo tecnológico.

Cuando se habla de los componentes del pensar tecnológicamente, se hace referencia a las dimensiones educables del individuo, los objetos de conocimiento y pensamiento, las acciones tecnológicas, los niveles de formación en tecnología, los productos de la tecnología como artefactos procesos y objetos, los componentes éticos que determinan los propósitos y el uso de la tecnología. Y es precisamente en las acciones tecnológicas (problematizar, conceptualizar, diseñar, planear, materializar, evaluar), en las que el modelado digital e impresión 3d, puede tener gran relevancia, puesto que los procedimientos en el uso de estas tecnologías, se adecuan fácilmente a estas acciones y facilitan su desarrollo, posibilitando una mejora en los resultados de aprendizajes de los estudiantes.

### ***1.2.1 Pregunta de Investigación***

¿Cómo fundamentar una propuesta pedagógica que conduzca al desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes de educación media, con la integración de tecnologías de modelado digital e impresión 3D?

## **1.3. Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo General***

Fundamentar una propuesta pedagógica que conduzca al desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes de educación media, con la integración de tecnologías de modelado digital e impresión 3D.

### ***1.3.2 Objetivos Específicos***

- Describir los elementos de la educación 5.0 que contribuyen al desarrollo del pensamiento tecnológico.
- Estructurar una propuesta pedagógica que encamine al estudiante en el desarrollo del pensamiento tecnológico, con la integración de modelado digital e impresión 3D.
- Implementar la propuesta pedagógica elaborada, con el fin de conducir al estudiante de educación media en el desarrollo del pensamiento tecnológico.
- Determinar elementos teórico-prácticos que relacionen la incidencia de la propuesta pedagógica ejecutada con el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes de educación media.

## **1.4. Justificación de la Investigación**

Como se ha dicho anteriormente, los avances tecnológicos impactan la economía, la cultura, la educación y, en general, a la sociedad; dichos avances, actualmente no tienen

precedentes y el ritmo de aceleración e innovaciones tecnológicas no muestran una estabilización, mucho más, cuando las tecnologías exponenciales, que se abordarán dentro del marco conceptual de este documento, tienen la capacidad de combinarse, son de libre distribución y se comparten a través de ecosistemas de información, amplificando su impacto (Campanario, 2017).

Este tipo de tecnologías pasan, por lo general, de un ritmo lento de crecimiento a uno rápido y disruptivo, entrando en un crecimiento exponencial y logrando democratizarse velozmente, por lo cual, muchas veces, no percibimos su impacto hasta que empiezan a verse sus efectos (Oszlak, 2020). Sin duda, la educación no escapa a este crecimiento exponencial y hoy en día, se están empezando a ver los efectos de los adelantos tecnológicos en aspectos como lo que se necesita aprender, la forma en cómo vemos la educación y la sociedad y cómo se debe fortalecer el aprendizaje en el mediano y largo plazo (Samán, 2020).

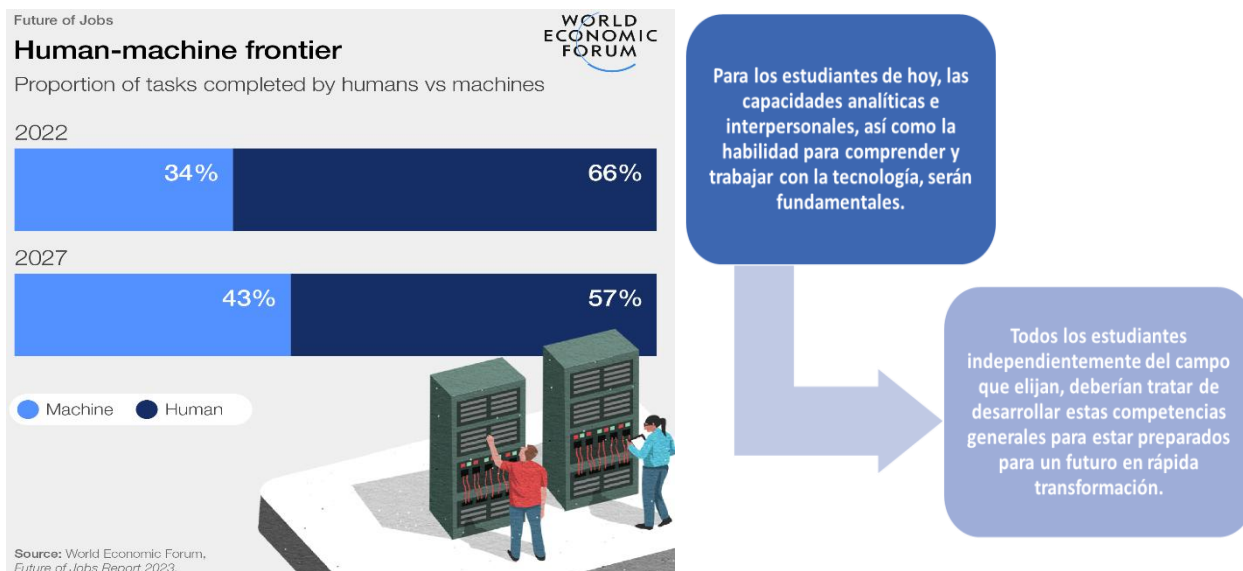
Por esta razón las habilidades y competencias que eran valiosas hace algunos años, en este momento ya no lo son, debido, por ejemplo, a que las computadoras y máquinas automatizadas son hoy en día mucho más eficientes que las personas, para realizar tareas repetitivas basadas en rutinas y reglas de control. Sin embargo, aún existe una serie de tareas en las que los humanos son mucho mejores, al menos por ahora, y tienen que ver con la forma de resolver problemas no estructurados, en los que la información no se conoce con anterioridad, trabajar con nueva información en la que la interacción social y la comunicación son importantes y realizar tareas manuales no rutinarias, en las que los robots aún no son tan capaces como las personas (Hannig, 2020).

La Figura 3, muestra como ha venido cambiando la proporción entre tareas realizadas por máquinas y humanos y su proyección al año 2027, lo que indica que, para los estudiantes

actuales, muchas capacidades analíticas e interpersonales, y otras como comprender y trabajar con la tecnología, serán fundamentales.

### Figura 3

*Proporción entre tareas realizadas por máquinas y humanos*



*Nota.* Adaptado de “Future of Jobs” (p. 187), por WEF, 2023, Insight Report.

Lo anterior define, de alguna manera, cuál es el conjunto de habilidades que, de cierta forma, son a prueba de los continuos cambios cada vez más evidentes, las cuales serán necesarias en el futuro y deben aprender los estudiantes de hoy, buscando que estén preparados para ese entonces. Todo lo anterior, se convierte en una oportunidad para formar a los jóvenes de hoy, de modo que desarrollen las habilidades necesarias para resolver problemas en los que se involucran estas tareas complejas que, según muchos expertos, tienen que ver con las llamadas habilidades del siglo XXI, especialmente las relacionadas con conocimientos fundamentales, así como las cualidades y capacidades que involucran el carácter del individuo (Koul, 2021).

Dentro de los conocimientos fundamentales en relación con dichas habilidades, se hace referencia a cosas básicas como leer, escribir, usar matemáticas básicas y financieras, conceptos

de ciencias, así como comprender la forma en que funciona la sociedad. En relación con las competencias se hace énfasis en el pensamiento crítico, la creatividad, la comunicación y la colaboración, es decir, cosas en las que los humanos aún tienen ventaja sobre las computadoras. Con respecto a las cualidades de carácter del individuo, se habla de capacidades tales como la curiosidad, la adaptabilidad, la persistencia y el liderazgo, lo cual, fortalece a los estudiantes para que sean creadores activos de sus propios saberes, construyendo conocimientos significativos para ellos.

Diversas instituciones encargadas de realizar estudios sobre las habilidades de aprendizaje y los medios digitales, afirman que la educación de hoy no está preparando a los jóvenes para desempeñarse en las profesiones del futuro, ya que por lo menos, un 65% de los estudiantes que se encuentran en nivel de primaria, realizará una labor que hoy en día no se ha inventado (Davidson, 2022). Según estos estudios y otros expertos, el sistema educativo actual sigue funcionando con el propósito de formar trabajadores para las fábricas tradicionales, en donde los individuos realizan tareas, obedecen órdenes, cumplen horarios y pertenecen a un sistema jerarquizado.

La figura 4 resume algunos de los impactos que viene teniendo el avance tecnológico en la educación y la pregunta que surge a partir de esta problemática con el propósito de plantear soluciones efectivas en la actualidad y en prospectiva.



**Figura 4***Impacto de las Tecnologías Exponenciales en la Educación*

Un ejemplo de lo que actualmente sucede en la educación, tiene que ver con los escritos que, muchas veces, los estudiantes presentan en forma de *papers*, los cuales, por lo general, no cumplen ciertos requisitos para ser publicados; sin embargo, muchos de estos mismos estudiantes realizan excelentes escritos en *blogs* o páginas *web*, lo cual, no necesariamente demerita el trabajo del estudiante ni su pensamiento, sino que, tal vez, sea la forma de escribir que se exige en la escuela.

Otro asunto es lo que tiene que ver con la forma en que los títulos universitarios se están transformando, ya que, por ejemplo, en el campo de la tecnología, especialmente, no tiene sentido cursar una carrera de cuatro o cinco años, puesto que cuando el estudiante se gradúe, este campo habrá cambiado sustancialmente (Borrás, 2019).

Por esta razón, hoy en día se está empezando a formar a los estudiantes en carreras relacionadas con tecnología por medio de insignias, nano-gradados, micro formaciones o micro

credenciales, que pueden ser la base para que de forma acumulativa se obtenga un título profesional (Curto, 2022). Sin duda, las tecnologías exponenciales como la robótica, la realidad aumentada y virtual, la impresión 3D, el *big data* y la inteligencia artificial, también tienen un gran impacto en los procesos educativos relacionados con las prácticas pedagógicas y didácticas en el aula (Jara, 2020). Muchas de ellas, son la base para la creación de plataformas adaptativas para la educación, en las que los estudiantes pueden crear rutas personalizadas de aprendizaje, basadas en la recopilación de datos, determinando cómo cada estudiante puede aprender de la mejor manera (Molina, 2022).

Es claro que debemos iniciar el camino hacia una transformación de la educación en la que las tecnologías exponenciales tienen un gran protagonismo, puesto que configuran las habilidades que se deben tener en el futuro para tener éxito en los empleos que surgirán de los mismos avances tecnológicos y que, a su vez definen. las herramientas con las cuales se deben abordar los procesos en los ambientes digitales de aprendizaje, para que las personas puedan desenvolverse en la sociedad a corto y mediano plazo.

Es aquí donde este trabajo de investigación toma importancia, puesto que pretende abordar el uso de una tecnología exponencial (modelado digital e impresión 3D) como herramienta en los ambientes digitales de aprendizaje que fortalezcan la estructura del pensamiento tecnológico en los estudiantes, desarrollando habilidades necesarias para pertenecer a la sociedad del siglo XXI, con las condiciones y restricciones que puedan darse por el avance del conocimiento en general.

Aunque en el contexto en el que se pretende desarrollar esta investigación existen muchas iniciativas y esfuerzos por integrar tecnologías exponenciales en los procesos de aprendizaje, aún existen muchas posibilidades de aportar en este aspecto, desde los estudios de doctorado en

educación, especialmente en el fortalecimiento de estructuras de pensamiento, que no dependen necesariamente del uso de una tecnología en particular, sino que puede adaptarse a otras y al rápido avance del conocimiento tecnológico (López, 2020).

Esta investigación puede hacer aportes importantes desde lo educativo, lo pedagógico, lo social y lo tecnológico. En lo educativo se busca encontrar la forma en que las tecnologías exponenciales pueden ser una valiosa herramienta al ser llevadas a los ambientes de aprendizaje digitales, para facilitar la adquisición de conocimientos en los estudiantes, fortaleciendo las estructuras de pensamiento. Desde lo pedagógico, este trabajo se enfoca en encontrar la forma de fortalecer el pensamiento tecnológico en los estudiantes, mediante el uso de una de las tecnologías exponenciales con mayor potencial, como lo es el modelado digital e impresión 3D.

En lo social, se pretende dar a los estudiantes herramientas que les permitan fortalecer sus habilidades y capacidades para que puedan entender y adaptarse fácilmente a los avances tecnológicos, facilitando su desempeño académico, laboral y social en la sociedad actual y futura. En lo tecnológico, el propósito es que los estudiantes encuentren formas en las que se les facilite dar soluciones a problemas de naturaleza tecnológica, mejorando la eficiencia y siendo más eficaces a la hora de enfrentar situaciones del entorno y de la sociedad. Todo lo anterior busca que se pueda mejorar el bienestar de las personas en particular y un avance científico y tecnológico que redunde en mejorar la sociedad en general.

## Capítulo II

### Marcos de Referencia

#### 2.1. Estado del Arte

Para la construcción del estado del arte se consultaron diversas fuentes, como artículos, informes y libros, tanto físicos como digitales, con vigencia no mayor a cinco años, dando coherencia y validez con el objeto de la investigación, basándose en conceptos y estudios actualizados. En el ejercicio de indagación se utilizaron ecuaciones de búsqueda para filtrar la información y depurar, de forma primaria, algunas fuentes que no son relevantes o pertinentes a la investigación a desarrollar. En la figura 5 se muestran las principales ecuaciones de búsqueda utilizadas para la construcción de este estado del arte.

**Figura 5**

*Ecuaciones de Búsqueda*



Para la consulta, se realizó la indagación en diferentes buscadores y bases de datos como: Google Académico, Dialnet, Naciones Unidas, CEPAL, DANE, MEN, Scielo, Redalyc, Scopus, ERIC entre otras. En este estado del arte se desarrollan los temas relacionados con el pensamiento tecnológico y científico en edades tempranas, fortalecimiento del pensamiento

científico y tecnológico en los estudiantes, evolución del pensamiento tecnológico con el desarrollo biológico de los niños, pensamiento tecnológico en jóvenes y adolescentes y finalmente, algunas experiencias de aprendizaje del pensamiento tecnológico en diversos contextos.

Cabe aclarar que no todas las fuentes consultadas se tuvieron en cuenta para la construcción del estado del arte, ya que muchas fueron excluidas por su antigüedad o poca pertinencia con el objeto de estudio, filtrando así la información más reciente y con mayor aporte a la investigación. En la figura 6 se muestra el resumen de artículos, informes, libros digitales y libros físicos consultados.

### Figura 6

*Resumen de Bases de datos y Fuentes consultadas*

|                                                                                                                                       |  |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------|
| Buscadores y Bases de Datos Consultadas: Google Académico, Dialnet, Naciones Unidas, CEPAL, DANE, MEN, Scielo, Redalyc, Scopus, ERIC. |  |                |
| Artículos consultados: 78 – 23 ING. 55 ESP.                                                                                           |  | 58 Decantados. |
| Informes consultados: 71 – 13 ING. 58 ESP.                                                                                            |  | 53 Decantados. |
| Libros Físicos y Digitales: 46 – 11 ING. 35 ESP.                                                                                      |  | 34 Decantados. |
| TOTAL: 195 Fuentes Consultadas. 145 Decantadas.                                                                                       |  |                |

A partir de la construcción del estado del arte se establecieron las categorías y subcategorías de la investigación, las cuales se convierten en los ejes fundamentales para la comprensión, conformación y análisis del campo del conocimiento que se quiere abordar por

medio del estudio. El siguiente esquema en la figura 7 muestra esas categorías y subcategorías de forma resumida.

**Figura 7**

*Categorías y Subcategorías de la Investigación*



### ***2.1.1 Pensamiento Tecnológico y Científico en Edades Tempranas***

El pensamiento tecnológico es un tipo de pensamiento que junto con el científico, se puede empezar a fortalecer desde los primeros años de vida de las personas, incluso desde la etapa de bebés, y se ha demostrado mediante diversas investigaciones que, posiblemente, en estas etapas existe una mayor disposición y facilidad para formar estas estructuras de pensamiento ya que en este periodo los niños son mucho más curiosos, creativos e interrogadores acerca de las cosas cotidianas de la vida y su entorno. En Argentina, se han venido desarrollando importantes investigaciones en ambientes inspiradores, especialmente relacionados con la exploración, el juego, con estímulos cognitivos y emocionales que permiten procesar la información y satisfacer la curiosidad de niños entre los tres y los ocho años (Furman, 2019).

La llegada de las nuevas tecnologías abre un amplio espectro de posibilidades para el desarrollo de pensamiento tecnológico, ya que como lo decía Seymour Papert (padre del uso de

las computadoras en la enseñanza) desde 1972: “La esencia de las computadoras es su universalidad, su poder de simular” (Lodi y Martini, 2021). Por esta razón, desde años atrás se han planteado diversas estrategias educativas basadas en el uso de las computadoras; pero en la actualidad, no solo se han fundamentado en la utilización de estas, sino también en el manejo de nuevos procesos, aplicaciones, avances y desarrollos como la realidad virtual y aumentada, la inteligencia artificial, la nanotecnología, la biotecnología, el internet de las cosas (IoT) el *Big data*, la robótica, la impresión 3D, entre otras, recurriendo así a las llamadas tecnologías exponenciales.

Estos avances han empezado a tener importancia y se ha visto la necesidad de que sean incorporados en los procesos de aprendizaje desde edades tempranas, teniendo en cuenta que existe la necesidad de formar vocación por la ciencia, la tecnología y la ingeniería, como fundamento en el desarrollo de economías basadas en el conocimiento.

Pero no solamente se trata de un interés económico, la formación en ciencia y tecnología permite al individuo ver el mundo con otros lentes, otra forma de ver la vida, de entender, potenciar y valorar la curiosidad, de desarrollar pensamiento libre, crítico y honesto y de crear y colaborar, colectiva y creativamente (Falcinelli, 2022). De ahí la importancia de fundamentar y fortalecer este tipo de pensamiento desde los primeros años de vida.

Como sabemos, la forma en que los niños construyen algunos conocimientos sobre el mundo, es a través del juego, lo cual, tiene similitud con la experimentación en ciencia y en tecnología, generalmente, a través de la prueba y el error, que los lleva a tomar decisiones sobre acciones y crear ideas acerca de cómo funciona el mundo (Furman, 2019). Sin embargo, si estas capacidades y habilidades no se fortalecen desde un entorno educativo, llegarán a un límite y no seguirán creciendo indefinidamente, por lo que la escuela debe cumplir un papel importante en la

tarea de crear los espacios y condiciones para que dichas habilidades sigan en aumento y puedan beneficiar la capacidad intelectual, científica y tecnológica de los individuos.

En relación con lo anterior, para que este tipo de pensamiento se desarrolle debe existir alguien que lo dirija y vaya creando el andamiaje necesario para aprender a pensar de esta forma; la evidencia de que este no se desarrolla de forma espontánea, está en que gran parte de los adultos no logran desarrollar estas estrategias para pensar, a pesar de haber tenido muchos años de educación (Dorner, 2023). Diversos estudios muestran que es importante avanzar en la formación de estructuras de pensamiento enfocadas en la ciencia y la tecnología desde edades tempranas, ya que en esta etapa se establecen ideas muy básicas sobre la comprensión del mundo y su funcionamiento, las cuales, pueden seguir siendo elaboradas y evolucionar hacia ideas mucho más complejas en estos campos.

Desde el anterior razonamiento, surge una pregunta muy importante ¿cómo fortalecer el pensamiento científico y tecnológico en los estudiantes a edades tempranas? Sin duda no hay una respuesta simple y única, pues como todos los procesos, el aprendizaje es bastante complejo, por lo que solo se pueden dar algunas pistas y aportes de elementos que nos permitan formar este tipo de pensamiento en los niños a estas edades.

Es normal que surjan problemas en el aprendizaje y en la enseñanza; un ejemplo de esto es que habitualmente se presentan los conocimientos al estudiante de forma fragmentada y nunca se les da un sentido completo a dichos saberes, es decir, es como tratar de armar un rompecabezas analizando en detalles sus partes, pero sin nunca tener la oportunidad de juntarlas o ver el resultado completo (Furman, 2019).



Para ilustrar lo anterior, en tecnología por ejemplo, se suele describir el funcionamiento de los artefactos tecnológicos, así como su uso; pero no siempre se tiene la oportunidad de llevar a cabo una experiencia autentica para resolver un reto o una situación problémica por medio del proceso de diseño de un objeto que dé solución a la situación planteada, llevando a cabo las etapas que inician con la creatividad, el análisis y la planificación, hasta la construcción, puesta a punto, prueba, rediseño y optimización de la solución implementada (Niño, 2019). Tampoco se da frecuentemente la oportunidad de experimentar con artefactos, físicos, electrónicos o programables que permitan simular las soluciones a diversas situaciones problémicas relacionadas con lo tecnológico.

Desde los primeros conocimientos en el área, es importante que los estudiantes entiendan el procedimiento y la estructura general de lo que implica el desarrollo de un objeto tecnológico, de modo que a través de experiencias simples que se van complejizando, se vaya estructurando la forma de pensar de los individuos que participan de dichas prácticas (Deehan, 2024). Estas experiencias son conocidas como prácticas auténticas y vienen planteadas desde el constructivismo sociocultural que se fundamentan en las teorías de Vygotsky, Bruner, Ausubel, etc., y enfatizan en la importancia del contexto y la interacción con los demás, a través del lenguaje que es fundamental en todo proceso de aprendizaje.

Con relación a lo tecnológico, se busca que los estudiantes enfrenten situaciones problémicas que deban ser resueltas mediante un artefacto, objeto o proceso tecnológico de forma creativa y colaborativa, siguiendo la planificación y revisión relacionada con todo tipo de creación tecnológica (Furman, 2019). Por su puesto que, en un inicio, estas exploraciones y situaciones problémicas deberán ser simples y guiadas con una alta mediación del docente, de

modo que poco a poco, se vayan complejizando y vayan siendo más autónomas por parte de los estudiantes de manera gradual.

Adicionalmente a lo anterior, es importante que nunca se pierda de vista cuál es el procedimiento, las herramientas, los pasos y las etapas que se llevan a cabo en la búsqueda de soluciones creativas a problemas de índole tecnológico, que es de conocimiento general y que contribuyen a que se estructure y fortalezca este tipo de pensamiento, de manera particular.

También, es importante mencionar que para llevar a cabo en las escuelas estos procesos de aprendizaje de forma contextualizada, se deben adoptar modelos que ayuden a los docentes a implementar didácticas que favorezcan y desarrollen las capacidades asociadas al pensamiento tecnológico y científico (Deehan, 2024).

### ***2.1.2 Evolución del Pensamiento Tecnológico con el Desarrollo Biológico de los Niños***

En el ministerio de educación de Argentina se ha venido investigando, desde la práctica docente, cómo a medida que los estudiantes van creciendo, es necesario ir reforzando y complejizando las estrategias de aprendizaje que involucren a los estudiantes en los problemas del mundo real, en temas que sean importantes para la vida cotidiana y tengan una relevancia social, lo cual, no se logra con tareas descontextualizadas o artificiales (Orta, 2021). Los estudiantes deben aprender por medio de estrategias de enseñanza experienciales, con lo que se conectan fenómenos, ideas o conceptos a través de prácticas, que involucren la experimentación e interacción con herramientas, objetos, procesos o tecnologías que contribuyen con el desarrollo del pensamiento tecnológico (Del Pino, 2020).

Un buen desempeño en el nivel del pensamiento tecnológico no solo nos permite hacer un buen uso de la tecnología, sino también, crear soluciones a problemáticas de índole

tecnológico y, por lo tanto, nuevo conocimiento. Los estudiantes deben ir progresivamente identificando, analizando e implementando posibles soluciones, buscando la combinación más eficaz de pasos y recursos (de forma iterativa), para poder encontrar las acciones socio-técnicas que incluyen a las personas y el entorno, las cuales, se convierten en las acciones que deben realizar los artefactos u objetos tecnológicos desarrollados en el proceso, que darán respuesta a las problemáticas de situaciones reales (Calle, 2019).

Los artefactos no son independientes de la naturaleza, usan materiales y obedecen a las leyes de la materia; por esto, los problemas tecnológicos deben ser pensados desde los medios y recursos, las funciones, los propósitos, sus artificios, la estructura, la composición y, por supuesto, el medio en el cual actúa. En la escuela, el desarrollo del pensamiento tecnológico debe apuntar a la emulación de situaciones problemáticas reales en las que la tecnología puede aportar una solución efectiva con los recursos y medios disponibles.

Para lograr esto, los estudiantes pasan por diferentes procesos mentales, como el análisis y la síntesis, la analogía y el contraste, y el análisis causa-efecto, por lo que es necesario que haga uso de las representaciones que pueden ser enactivas (conocimiento de algo mediante la acción), icónicas (a través de una imagen o dibujo) o simbólicas (mediante símbolos y signos del lenguaje) (Videla, 2021). Estas representaciones complementan el lenguaje discursivo y su secuencia puede ser reconocida como un algoritmo. Una vez adquiridas ciertas estrategias de análisis y resolución de problemas de orden tecnológico, estas pueden ser transferidas a una variedad de circunstancias futuras, siempre y cuando se comprendan y reconozcan los requisitos y condiciones del problema o tarea a realizar.

### ***2.1.3 Pensamiento Tecnológico en Jóvenes y Adolescentes***

En Colombia, se han desarrollado investigaciones durante más de dos décadas para explicar el concepto del pensamiento tecnológico, desde la experiencia y trabajo con estudiantes de licenciatura en diseño tecnológico de la Universidad Pedagógica; la trayectoria de estas investigaciones viene desde la elaboración del programa PET21 del Ministerio de Educación Nacional, en el periodo de 1989 a 1996, la guía #30 del año 2008 y las Orientaciones Curriculares para el Área de Tecnología e Informática en la Educación Básica y Media, del año 2022, documentos mencionados en capítulos anteriores y que son de referencia obligatoria para los docentes del área de tecnología e informática en el país. La gran experiencia en este campo ha contribuido a la construcción de elementos importantes para poder describir y encontrar formas adecuadas de llevar y enseñar el pensamiento tecnológico en los ambientes de aprendizaje (Merchán, 2021).

Es claro que los avances tecnológicos han llegado para quedarse y han provocado profundos cambios en la sociedad y en las personas. Los niños y adolescentes de hoy son considerados nativos digitales (Romero et al., 2022), ya que nacieron en una época en la que los desarrollos de los objetos tecnológicos y las comunicaciones han tenido un progreso e influencia significativos en la vida diaria y en las demás actividades de las personas; sin embargo, eso no quiere decir que estos jóvenes hagan un buen uso de estas tecnologías, puesto que la mayoría se limita a emplear herramientas básicas, contenidos digitales y participación en redes sociales.

Es responsabilidad de padres, educadores y cuidadores favorecer en ellos el desarrollo del pensamiento tecnológico que permita, en primera instancia, hacer un uso adecuado y responsable, ser más eficientes y productivos en la incorporación y desarrollo de nuevas soluciones desde lo tecnológico, con una incorporación positiva de estos avances, aprovechando

al máximo sus potencialidades y reduciendo los riesgos que se puedan presentar (Merchán, 2021).

Este sería en un principio el propósito de fortalecer el pensamiento tecnológico en niños y adolescentes, de modo que aprovechen sus beneficios para su bienestar y mejora, reduciendo el utilitarismo de la tecnología que solo nos deja en el nivel de consumidores, pues de este modo podremos tener un impacto positivo que nos lleve a un nivel de integración o creación de tecnología para las personas que en un futuro, no muy distante, van a ser los padres y educadores de las siguientes generaciones (Apella, 2022).

Es importante analizar que, en esta etapa de desarrollo biológico y mental, los jóvenes están en un periodo en el cual están adquiriendo o perfilando las características psicológicas esenciales para configurar la estructura de su personalidad, tales como la identidad, el sentido de pertenencia, la autoestima, la intimidad, etc. (Krauskopof, 2019). En este periodo, son fundamentales los cambios, físicos, biológicos y comportamentales que los llevan a replantear puntos de vista, buscar modelos, abandonar conductas, elegir prioridades y reafirmar actitudes. Estos cambios no solamente favorecen su desarrollo y bienestar, sino que se ven expuestos a riesgos y vulnerabilidades.

No solo el internet o las redes sociales pueden influenciar el comportamiento de los adolescentes, también otras innovaciones y avances tecnológicos son de gran interés para ellos y pueden afectar el desarrollo del pensamiento tecnológico, así como potenciar habilidades y capacidades que les favorecen en este sentido (Larson, 2022). Desde este punto de vista, esta estructura del pensamiento en los niños, jóvenes y adolescentes, difiere, en gran medida, de la que tiene un adulto, un profesional en ingeniería o un desarrollador de tecnología.

Lo anterior se da, en principio, porque la estructura de este tipo de pensamiento depende, en gran parte, del conocimiento tecnológico acumulado y, en segundo lugar, de las experiencias y vivencias del individuo en su relación con la tecnología, así como con los artefactos y objetos; es decir, aunque no es una regla general, los jóvenes y adolescentes han tenido menos oportunidad de acumular experiencia y de tener contacto con muchos de los avances y artefactos, no obstante, se puntualiza que eso no depende exclusivamente de la edad, sino también del tiempo, calidad y condiciones en las cuales ellos hayan tenido el contacto, y la apropiación de conocimientos y vivencias en relación con dichos aspectos (Perissé, 2022).

De lo anterior, podemos deducir que es posible ofrecer a los estudiantes un mayor contacto y oportunidad de conocer, experimentar, probar, manipular, configurar, idear, diseñar y crear nuevo conocimiento tecnológico, artefactos, objetos y demás productos en este campo. De esta forma se podría llegar a fortalecer esta estructura de pensamiento y lograr que los jóvenes y adolescentes tengan herramientas que les permitan tomar mejores decisiones frente al uso, apropiación y creación de los artefactos, procesos y objetos en el área tecnológica.

Se afirma que los jóvenes tienen una estructura neurobiológica especial (Casey, 2019), sedientos de estímulos y en la que buscan experimentar a través del ensayo y error; esto, convierte al conocimiento tecnológico en un sistema de recompensa que, debido a su flexibilidad y posibilidad de definir sus propios métodos y dinámicas, se complementan de forma óptima y nutren el desarrollo de dicha estructura de pensamiento en ellos.

Un ejemplo de esto es cómo las juventudes manejan, manipulan y configuran una computadora o un teléfono móvil con gran destreza y sin casi preguntar a nadie como hacerlo, de manera que su habilidad y los resultados obtenidos, estimulan su experiencia y afirman sus conocimientos en la manipulación de un artefacto. Podría afirmarse, desde este punto de vista,

que los cerebros e intelecto de jóvenes y adolescentes son una tierra fértil en la que se puede sembrar y cultivar el pensamiento tecnológico, obteniendo como cosecha unos excelentes resultados representados en nuevo conocimiento y creación de artefactos y objetos innovadores. Sin embargo, esto no es suficiente ya que, si no hay una intencionalidad en el desarrollo de habilidades tecnológicas desde la educación, es posible que esta predisposición que tienen ellos, se quede únicamente en un nivel de usuario básico, si no se cuenta con los suficientes estímulos y orientación en la conformación de una estructura de pensamiento que permita encontrar soluciones a problemas desde la tecnología.

#### ***2.1.4 Experiencias de Aprendizaje del Pensamiento Tecnológico en Diversos Contextos***

Desde las experiencias de la escuela en los procesos de enseñanza y aprendizaje del pensamiento científico y tecnológico, se han venido dando diversos procesos que van desde las políticas públicas, los diseños curriculares, las propuestas pedagógicas y didácticas, así como su implementación en entornos educativos de diversos contextos. A continuación, se describen estas experiencias en algunos países en los que se encuentran avances significativos y de referencia para el objeto de esta investigación. En la figura 8, se observan, de manera general, las investigaciones sobre el pensamiento tecnológico y el uso de tecnologías exponenciales en ambientes de aprendizaje digitales alrededor del mundo.

Se puede observar, desde lo indagado, que las investigaciones hacia la parte de Suramérica se encuentran en la construcción y fundamentación teórica del pensamiento tecnológico, mientras que, hacia Centroamérica, Norteamérica, Europa, Asia y Australia, las investigaciones van más adelante y se centran en la implementación de las tecnologías exponenciales, como herramientas didácticas y pedagógicas para facilitar el aprendizaje.

## Figura 8

*Investigaciones sobre pensamiento tecnológico y tecnologías exponenciales en la educación*



**Argentina.** En este país suramericano, muchas escuelas están comenzando a incorporar el pensamiento tecnológico en sus programas educativos para ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades críticas y creativas en relación con la tecnología. Aunque estas iniciativas hacen parte de los lineamientos del Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en la Escuela, publicados en agosto de 2021, es importante resaltar que para el año 2023, se busca que sean obligatorios (Saborío, 2021). El propósito general, es el de priorizar el sistema científico y tecnológico de la nación para que se den los cambios que se requieren en cuanto a la construcción de igualdad, la justicia social y el desarrollo económico. Muchas iniciativas en este país han comenzado desde el llamado movimiento *Maker*, el fortalecimiento del pensamiento computacional y el uso de modelado e impresión 3D que, desde 2015, ha venido trabajándose en las escuelas públicas, con la incorporación de equipos y herramientas para el trabajo educativo. Lo importante en este caso, es que el uso de este tipo de herramientas tecnológicas en los ambientes de aprendizaje ya se ha empezado a ver como una necesidad en la educación y se



viene dando una importante articulación con la industria y las políticas de avance económico, planteadas por el gobierno de esta nación en vías del progreso.

**México.** La mayoría de los países latinoamericanos se encuentran en un nivel de desarrollo tecnológico similar; sin embargo, algunos logran tener avances significativos y eso se ve reflejado desde las políticas estatales en educación y la implementación de programas en las escuelas que propenden por mejorar la capacidad y las habilidades tecnológicas de los estudiantes, desde los primeros años de formación. Uno de los países que se destaca en estas políticas e implementación en las escuelas públicas, es México, en donde, desde la ley general de educación, se establece y se fomentan actitudes que estimulen las investigaciones científicas y tecnológicas.

Asimismo, en su plan de desarrollo de 2019 a 2024, se estableció que se deben fortalecer y articular los diferentes niveles educativos, de forma que se vincule el quehacer científico, el desarrollo tecnológico y el sector productivo para producir capital humano de calidad que favorezca el desarrollo económico. El programa sectorial de educación en este mismo periodo, estableció que las escuelas debían fortalecer la capacidad de análisis de niños y jóvenes a través de la ciencia y la tecnología, con una visión moderna, que lleve a la nación a una transformación en una sociedad del conocimiento, impulsando la educación tecnológica y científica como un elemento fundamental.

Un ejemplo de esto, es el proyecto Tinker impresión 3D, que pretende cambiar las practicas educativas en tecnología en las escuelas secundarias técnicas, en la ciudad de México (Giménez, 2024). Este proyecto surge entre la alianza de la Dirección General de Educación Secundaria Técnica, en la Ciudad de México, la embajada de los Estados Unidos y otras entidades que se unieron con el fin de desarrollar habilidades en investigación, diseño, robótica,

computación y otras áreas, en las que los participantes puedan aportar sus ideas en la solución de problemas y la construcción de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos.

En el proyecto se tomaron como antecedentes los avances hechos en el movimiento *Maker* (hacedores) y el enfoque STEM, que se venían trabajando en las escuelas desde años atrás, incorporando el uso del modelado e impresión en 3D, ya que esta tecnología abarca varios elementos de los dos movimientos mencionados, permitiendo ubicar más fácilmente a los estudiantes con el uso de ella y con la ventaja de que las impresoras 3D, son auto replicables, es decir, a partir de una, se puede fabricar una nueva, utilizando la misma tecnología, lo que permite que el proyecto pueda ser implementado en nuevos contextos, sin depender exclusivamente de la dotación de estos equipos.

La primera etapa del proyecto, consistió en diseñar, construir y poner a punto una impresora 3D, utilizando herramientas electrónicas, el diseño, el modelado en 3D y técnicas de construcción, así como del funcionamiento y mantenimiento de la impresora. En la segunda etapa, cada escuela se dio a la tarea de formar un club de innovación tecnológica, ampliando la perspectiva vocacional y el proyecto de vida de los niños y jóvenes participantes.

Los resultados de este proyecto impactaron a diez escuelas secundarias técnicas de la ciudad de México, junto con sus docentes y estudiantes; pero se espera que esta experiencia pueda ser replicable en los niveles básico, medio y superior, dependiendo de las necesidades de cada contexto. Por lo pronto, se espera que las Escuelas adopten estas tecnologías y las implementen, mediante la creación de clubes de innovación, movimientos *Maker* y desarrollo de proyectos STEM (Schmelkes y Águila, 2019).

**Estados Unidos.** Desde siempre, la educación ha sido la clave para competir en la economía global y generar crecimiento y prosperidad en los países industrializados, como es el caso de los Estados Unidos. Por eso, desde los años 90 se viene dando una transformación importante y una revolución educativa basada en las tecnologías digitales, la cual, no solo se trata del uso de las computadoras en los ambientes escolares, sino de un cambio de pensamiento, en la forma de vivir y desenvolverse en el ámbito social, tal como lo han determinado diversas investigaciones, al afirmar que todo cambio tecnológico trae consigo un cambio de mentalidad (Mumford, 2021).

Los primeros usos de las tecnologías en la educación en este país, se dieron con la incorporación de computadoras en las aulas y la enseñanza a través de softwares de ofimática, hojas de cálculo, procesadores de texto y presentaciones, lo cual, en un inicio se hizo de forma instruccional y como herramientas de visualización de algunos contenidos e información, no solo del área de tecnología sino de otras áreas del currículo (Franco, 2023).

Luego, mediante el uso del Internet y las redes, se dio el surgimiento de cursos, online, y materiales educativos en la red, mediante plataformas de estudio, tanto sincrónicas como asincrónicas, lo cual, en algunos casos, redujo costos y mejoró la cobertura en diversos cursos de enseñanza, básica, de secundaria y profesional (Corbalán, 2019).

Sin embargo, desde esta misma época se ha hablado del término STEM, que fue creado por *The National Science Foundation*, para referirse a las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, para hacer alusión cuando se referían en proyectos, programas o políticas relacionadas (Bybee, 2019). En años anteriores surge el proyecto Plan Nacional Estadounidense de Educación en TIC (NEPT), con un nuevo enfoque de investigación y desarrollo en la

educación que buscaba innovar en las prácticas de enseñanza y aprendizaje con tecnologías existentes y emergentes (ECESI, 2019).

Sin embargo, solo fue hasta años más tarde que algunos políticos y empresarios retomaran el STEM y el STEAM como un enfoque educativo que impulsara las vocaciones profesionales en estas carreras, y de esta forma, se diera un cambio en los sistemas educativos formales, con metodologías que promovieran la participación activa de los estudiantes y el desarrollo de competencias y habilidades para el nuevo siglo.

A partir de allí, surgen otros movimientos, enfoques y metodologías, como el movimiento Maker, el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), el *Design Tinking*, el Aula Invertida (*Flipped Classroom*) y Gamificación entre otras, las cuales se han implementado, no solo en el país norteamericano, sino en otros contextos como el latinoamericano, mostrando buenos resultados y gran acogida por parte de estudiantes, docentes, escuelas y, en general, del entorno educativo.

No obstante, aunque en nuestros ambientes escolares estas metodologías sean vistas como una novedad, en los países industrializados y desarrollados, ya empieza a verse la necesidad de crear nuevos ambientes de aprendizaje, soportados en tecnologías de vanguardia, que, en los últimos años, vienen teniendo un avance vertiginoso y han desencadenado en las llamadas tecnologías exponenciales por su rápido crecimiento y evolución (López, 2020).

Estas tecnologías exponenciales se potencian, aún más, si se combinan en plataformas de uso libre y se comparten a través de los llamados ecosistemas y ecologías del aprendizaje (Monsalve y Aguasanta, 2020). Por esta razón, en el campo de la educación hoy en día, se habla de aprendizaje para toda la vida (CEPAL, 2022), habilidades del siglo XXI (McGaw, 2020), y

otra serie de habilidades y capacidades que preparen a los estudiantes para enfrentar las profesiones, los cargos, los roles y, en general, les permiten desenvolverse eficientemente en la sociedad del conocimiento (Charris, 2022), que está permeada por el avance tecnológico.

Según lo anterior y a partir de diversos estudios e investigaciones, se afirma que aproximadamente el 65 por ciento de los niños que hoy estudian en la primaria van a terminar en profesiones y trabajos que hoy en día no se han inventado. Por esta razón, es importante que las escuelas e instituciones educativas evolucionen, dejando de lado las tareas, la obediencia, los horarios y las jerarquizaciones (Davidson, 2019). Se propone que, por ejemplo, los escritos o *papers*, deben ser reemplazados por otras formas de escritura como los *blogs* digitales, facilitando a los estudiantes escribir de forma más natural.

Pero no solamente los escritos empiezan a ser arcaicos, también lo son los títulos y certificaciones profesionales que duren varios años, especialmente en carreras relacionadas con la tecnología, en la que al cabo de tres o cuatro años que puede durar el estudio de una profesión, las tecnologías habrán cambiado sustancialmente. En respuesta a lo anterior, han empezado a aparecer conceptos como las insignias o los nano-grados que, en conjunto y de forma sumatoria, pueden llegar a certificar a alguien en una profesión.

También las nuevas tecnologías exponenciales, como el *big data*, la inteligencia artificial, la realidad aumentada y la impresión 3D, han empezado a tener gran influencia en la forma de aprender dentro y fuera de las instituciones educativas, por lo que se vienen diseñando e implementando plataformas educativas adaptativas, en las que el estudiante puede elegir su propia ruta de aprendizaje de acuerdo con sus necesidades.

Como se puede observar, en este país norteamericano que siempre está a la vanguardia en los campos científico y tecnológico, también existen preocupaciones en cuanto a cómo abordar y dirigir el sistema educativo acorde con las necesidades que van surgiendo del mismo avance de las tecnologías, los cambios sociales que esto conlleva y el impacto económico que esto pueda generar.

Por todo lo anterior y teniendo en cuenta el contexto de países desarrollados como los Estados Unidos, las investigaciones plantean una pregunta muy importante para reflexionar y buscar soluciones en cuanto a la educación en tecnología y el pensamiento tecnológico y es *¿Cómo podemos guiar estas tecnologías de una manera que genere la educación pública que deseamos y necesitamos tener en los próximos años?* (Davidson, 2019), para la cual, no existe una respuesta única ni sencilla, por la complejidad que se enfrenta al abordar el problema educativo en diferentes contextos; sin embargo, estas posibles soluciones y estrategias que empiezan a vislumbrarse, pueden ser acogidas y adaptadas a los diferentes entornos, teniendo en cuenta diversos factores, ya que las condiciones de los países emergentes no son las mismas de los que están a la vanguardia, en cuanto a las fronteras del conocimiento y el desarrollo.

**Reino Unido.** El sistema educativo en Reino Unido se centra en la necesidad de desarrollar habilidades y potenciar el aprendizaje de herramientas que le permitan a cada estudiante ser creativo y la posibilidad de dar lo mejor de sí mismo, lo que ha llevado a ocupar puestos destacados en las pruebas externas en lo relacionado a la enseñanza de las ciencias, la lectura y las matemáticas. En ese sentido, el Reino Unido ha sido pionero en la incorporación de herramientas TIC en los ambientes de aprendizaje e introducción de la programación desde la primaria en las escuelas, lo que acerca a los estudiantes a estudiar las nuevas tecnologías desde los cinco años (Reimers, 2022).

De este modo, no es casual que el Departamento de Educación de esta nación haya creado, desde el año 2013, un currículo específico para la enseñanza de computación con logros determinados para los estudiantes hasta los 16 años.

Estas habilidades buscan desarrollar en el estudiante el pensamiento computacional, algorítmico y de programación, con el uso de nuevas tecnologías (Pérez y Zapata, 2018). Sin embargo, los aprendizajes no se centran únicamente en estos logros, ya que los docentes en sus estrategias didácticas, promueven las habilidades blandas, como la colaboración, la comunicación y la organización, las cuales están ligadas a la cultura digital y desarrollan la capacidad de los estudiantes en cuanto al pensamiento crítico, creativo, la generación de ideas y el manejo estratégico del razonamiento. Las políticas del gobierno de este país buscan que el desarrollo del pensamiento computacional y los beneficios en el uso de las herramientas digitales llegue a todos.

Un objetivo importante es el que busca desarrollar la creatividad de los estudiantes en todas las áreas, incluyendo el diseño y la ciencia, por lo cual, prácticamente en todas las escuelas, existen computadoras dotadas con software CAD y herramientas de modelado digital (Rúa, 2021). Dentro de las mismas políticas de educación, se ha fomentado el uso de prototipado rápido en las escuelas, mediante el uso de la impresión 3D, para impulsar la educación con enfoque STEM (Gove, 2019).

Por eso, a partir de 2015, el Departamento de Educación decidió incluir la impresión 3D en su plan de estudios (Benavente, 2019), ya que, en pruebas piloto, se pudo demostrar el gran potencial de esta tecnología en el aprendizaje de áreas como la física, la química, y las matemáticas, permitiendo materializar rápidamente, una idea o concepto y evidenciando la relación entre estas áreas y el diseño.

**España, Islas Canarias.** Este archipiélago conforma una comunidad autónoma que tiene el estatus de nacionalidad histórica, por lo que cuenta con un gobierno autónomo y un sistema educativo propio. Allí, el ministerio de educación y formación profesional, ha impulsado, desde ya hace varios años, el uso e implementación de las TIC y las tecnologías educativas en el aprendizaje. Desde inicios de este siglo, se han promovido políticas públicas y asignación de recursos que permiten implementar la formación flexible y a distancia, mediante el uso de internet y otros recursos digitales, que debido a su naturaleza insular se hacen necesarias (Moreira, 2019).

Esto ha generado que el gobierno haya hecho inversiones importantes en recursos, proyectos y formación docente en la búsqueda de transformar la educación con soporte en las Tecnologías Educativas, las redes de comunicación y las TIC, en general. En los últimos años, el Ministerio de Educación ha impulsado el *Plan para la Educación Digital de Canarias en el siglo XXI*, el cual viene liderando diferentes proyectos de incorporación de las tecnologías educativas y recursos digitales y tecnológicos en iniciativas como el *Fomento de las Vocaciones Científicas y la Creatividad*, con enfoque STEAM, y la *Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial*, que busca ayudar a los docentes a incorporar las habilidades computacionales por medio del aprendizaje de la programación y la robótica educativa (Carrillo, 2022).

Asimismo, la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias, ha venido trabajando en fortalecer el uso de tecnologías exponenciales en la educación, promoviendo el uso responsable de las TIC, el pensamiento computacional y el uso del modelado digital y la impresión 3D en los procesos de aprendizaje (Quiroga, 2019). Es así como se han trabajado proyectos piloto en los que se busca determinar cómo la irrupción de tecnologías como el



modelado digital e impresión 3D, pueden dar soporte a las actividades de aprendizaje mediante el reto de conocer e implementar estos recursos tecnológicos en los ambientes de aprendizaje, además de cómo pueden contribuir al fortalecimiento y desarrollo del pensamiento computacional, tecnológico y científico (Saorín et al., 2019).

**Corea del Sur.** En los últimos 50 años, el desarrollo económico de Corea ha sido significativo, en cuyo avance han influido diversos factores, como el cambio tecnológico, las políticas nacionales y la inversión de aliados extranjeros. En lo tecnológico, Corea pasó de ser un consumidor, a un intercambiador y finalmente un proveedor de diversas tecnologías, dentro de las cuales se cuentan la industria naviera, la electrónica, la automotriz y la petroquímica (Hong, 2022). Pero este gran desarrollo, ha tenido un factor influyente y es su sistema educativo, que le ha suministrado un importante capital humano calificado, permitiendo emprender proyectos de innovación que derivan en un gran desarrollo tecnológico (OECD, 2019 a).

Aparte de esto, existe una gran tendencia motivada por las políticas tributarias que incentivan a los grupos empresariales a crear centros de investigación y desarrollo, lo cual se ve reflejado en la disminución de artículos académicos de investigación y el aumento de patentes a nivel mundial, llegando a superar, incluso, a países desarrollados, como los Estados Unidos (KISTEP, 2019). Cabe aclarar que el 70% de la inversión en investigación y desarrollo es financiado por el sector privado durante los últimos 25 años.

Lo anterior, ha llevado a que Corea se sitúe en la punta del desarrollo tecnológico, alcanzado, incluso, a países más avanzados, centrándose en objetivos tales como la creación de redes inteligentes, *Big Data*, medicamentos personalizados, intercambio de ciencia y tecnología con otras naciones, apoyo a pymes, generación y comercialización de propiedad intelectual, y creación de empleos basados en ciencia y tecnología.

Sin duda, uno de los cimientos importantes para este desarrollo, ha sido el sistema educativo que, desde sus inicios, ha procurado centrarse en la producción de investigación, desarrollo y capital humano, lo que es impulsado, también, en las familias que, desde temprana edad, impulsan a los niños a formarse en instituciones de alta calidad, creando conciencia de la necesidad en la educación a nivel profesional (OECD, 2019 b). Este es un claro ejemplo de cómo se puede generar capital humano que desarrolle tecnología propia, para dejar de depender de otros productores, manteniendo un fuerte vínculo entre la industria, la sociedad y el sector educativo.

Por supuesto que Corea también se encuentra a la vanguardia en lo relacionado con el uso de las TIC y el acceso a internet, ocupando el tercer puesto en exportaciones a nivel mundial en esta materia. Pero su inversión en investigación y desarrollo, lo ha llevado a contar con otras industrias de las de mayor crecimiento, tales como los semiconductores, la óptica, los materiales avanzados, el internet de las cosas y las tecnologías de la salud. Esto se refleja en el mayor número de patentes en diseños de computadoras, equipos audiovisuales, de informática y comunicaciones. Actualmente, el sistema educativo coreano ocupa uno de los primeros lugares, destacándose considerablemente en las pruebas de conocimiento PISA, en las cuales, su desempeño es muy superior, especialmente en las áreas de matemáticas y las ciencias (Song, 2020).

Este sistema educativo se soporta, en gran parte, en el uso masivo de herramientas TIC y se actualiza constantemente para incorporar y adaptar tecnologías exponenciales en la educación. Un ejemplo de esto es cómo el Ministerio de la Ciencia, TIC y Planificación (MSIP) de Corea del Sur, ha venido incorporando el uso del modelado digital e impresión 3D en diversos campos de la educación, las artes e investigaciones en el uso de nuevos materiales (MSIP, 2018), ya que

se considera que estas tecnologías cambiarán el paradigma de la industria y serán la clave para una producción mucho más innovadora.

**Australia.** El sistema educativo australiano se basa en el concepto de *Comunidad de Aprendizaje*, que busca la colaboración entre la escuela y la sociedad, a través de acciones que involucran a los estudiantes, los docentes y los padres. En este proceso es fundamental el incentivo a los docentes para que desarrollen proyectos, investigaciones y estudios que mejoren sus prácticas educativas. También es fundamental el uso de tecnologías educativas que apuntan al desarrollo del pensamiento computacional, tecnológico y científico en los estudiantes. Igualmente, existe una gran iniciativa por fomentar las áreas STEM, especialmente en las niñas y mujeres para buscar una mayor equidad de género y equilibrio en los avances tecnológicos que en el futuro representan el desarrollo económico y las oportunidades laborales del país (Dávila, 2022).

Desde 2017, Australia ha adelantado un plan de estudios basado en las tecnologías digitales con un énfasis en el pensamiento computacional, apoyado en el uso de software de programación, robótica y sistemas digitales que buscan desarrollar la capacidad de solucionar problemas e innovar en los avances de la tecnología con un enfoque en las áreas de STEM. En este proceso es fundamental la capacitación a los docentes de educación en informática y tecnología, brindando herramientas que les permiten desarrollar cursos en los que utilizan kits de robótica, electrónica y software de programación a través de plataformas digitales en línea dispuestas por el gobierno para este fin (ISTE, 2019).

Este plan de estudios llamado *Digital Education Revolution*, también pretende incorporar herramientas de modelado digital e impresión 3D en la enseñanza, en diversas áreas de la educación, buscando la apropiación de tecnologías exponenciales (Rúa, 2019). La estrategia del

gobierno de este país pretende preparar a los trabajadores de futuras profesiones, buscando impulsar el crecimiento económico; sin embargo, el proyecto señala que las habilidades en las áreas STEM son necesarias para cualquier ciudadano que se desenvuelva en la sociedad actual, en la que los cambios tecnológicos son constantes.

Alrededor de esta misma estrategia se han venido trabajando diversos estudios e investigaciones que buscan determinar cuáles son las habilidades necesarias para los ciudadanos y trabajadores del nuevo siglo; es así como la Universidad de Melbourne realizó un estudio llamado ATC21S (*Assessment and Teaching of 21st Century Skills*), impulsado por empresas como Cisco, Intel y Microsoft y auspiciado por el Banco Mundial, la UNESCO y la OCDE, en el cual, se destaca que la formación en las habilidades del siglo XXI debe integrar el uso de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje, tanto en los estudiantes, como en los docentes (McGaw, 2020).

Este estudio destaca habilidades relacionadas con las maneras de trabajar (trabajo colaborativo), las maneras de vivir el mundo (ciudadanía local y global), las herramientas para trabajar (uso de la tecnología) y las maneras de pensar (pensamiento computacional, pensamiento visual, pensamiento crítico).

### ***2.1.5 Aportes a Partir del Estado el Arte a la Investigación***

Entre otros aportes, el estado del arte permitió establecer las categorías de la investigación, como se indicó al principio de este capítulo, teniendo en cuenta las tendencias y tensiones en los estudios y avances presentados en las anteriores secciones, en las que se ve un creciente interés por el desarrollo de las estructuras de pensamiento que buscan desarrollar habilidades y conocimientos, en relación con la tecnología y el uso de aplicaciones emergentes

que muestran un crecimiento exponencial. A continuación, se definen estas categorías y el criterio por el cual se tomaron como ejes fundamentales para este trabajo.

**Estructuras de Pensamiento.** Dichas estructuras corresponden a formas organizadas en las que la mente interpreta la información, los estímulos y las sensaciones. Es así como a partir del análisis, la identificación de relaciones y la transformación de conceptos se pueden generar nuevos conocimientos, los cuales son importantes para la toma de decisiones, realizar nuevas acciones o cumplir con el desarrollo de nuevas funciones en un campo determinado. Dentro de estas estructuras encontramos el pensamiento crítico, de diseño, el computacional, el sistémico y el tecnológico.

Esta categoría es de gran importancia porque fundamenta y precisa los elementos del pensamiento y su organización, considerando, también, que las propuestas pedagógicas con enfoque cognitivo se desarrollan con base en dichas estructuras, que para el caso de esta investigación, es el pensamiento tecnológico, en el contexto de los estudiantes de educación media, con la integración de tecnologías de última generación.

**Pensamiento Tecnológico.** Esta estructura de pensamiento es una actividad mental de orden epistemológico y funcional que permite abordar, intervenir y operar la realidad en el contexto de los seres humanos, permitiendo adquirir, modificar y representar objetos y conocimientos tecnológicos para la solución creativa de problemas, con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas y la sociedad en general. Aunque en otros contextos las tendencias se dan hacia otras estructuras de pensamiento, es importante considerar que, en el nuestro, un adecuado desarrollo y manejo de la tecnología está ligado a esta forma de pensar.

Lo anterior, se analiza desde las necesidades relacionadas con el insuficiente desarrollo tecnológico de nuestra nación, que se refleja en la necesidad de la incorporación de tecnologías adaptadas de otros contextos y que, en muchos casos, no permite apalancar eficientemente el crecimiento económico de sociedades como la nuestra. De allí, la importancia de desarrollar y fortalecer el pensamiento tecnológico desde la escuela, formando a los estudiantes para un mayor aporte en el desarrollo de nuestra sociedad, por lo que esta categoría de la investigación se convierte en el eje fundamental de la misma.

**Tecnologías Exponenciales.** Como se explicó anteriormente, las tecnologías exponenciales son las que tienen un rápido avance, llegando a un punto de inflexión en el que su crecimiento se vuelve exponencial, generando gran impacto en muchos aspectos de la sociedad, como la economía, la educación, el comercio, entre otros. De allí, que una propuesta pedagógica para desarrollar el pensamiento tecnológico, deba considerar estas tecnologías como un factor importante para tener en cuenta por sus efectos y los elementos que pueden ser aprovechados para generar nuevos conocimientos, en busca de los beneficios que se pueden lograr desde el avance de la tecnología.

En ese orden de ideas, se considera a este tipo de tecnologías, en primer lugar, como un catalizador, que permite acercarse eficientemente al desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes y, en segundo lugar, aprovechar sus bondades, para generar nuevos conocimientos que faciliten un mayor crecimiento del desarrollo tecnológico en las naciones que avanzan hacia un mejor bienestar general de sus habitantes. Por esta razón, esta categoría fundamenta el uso de dichas tecnologías como herramienta pedagógica y didáctica que puede favorecer el pensamiento, con énfasis en lo tecnológico que es el propósito de esta investigación, buscando, además, nuevas perspectivas desde la educación en tecnología.

**Modelado Digital e Impresión 3D.** Esta tecnología hace parte de las llamadas exponenciales y su impacto y beneficios se ha empezado a ver en la aplicación a diversos campos, como la manufactura, la construcción, la medicina, entre muchos otros, de gran importancia por su flexibilidad, adaptabilidad y fácil implementación. También por supuesto, ha causado curiosidad e interés en el campo de la educación, por lo cual, muchas escuelas e instituciones han empezado a implementar su uso en el contexto académico, mostrando valiosos beneficios y aportes en lo didáctico, así como en la facilidad y provecho por parte de los estudiantes.

En nuestro contexto, muchas entidades, organizaciones y gobiernos locales han empezado a dotar a los establecimientos educativos con equipos, tanto para el modelado digital como para la impresión 3D, pero como es bien sabido, estas dotaciones, por sí solas, tienen menor impacto si no se tienen en cuenta las estrategias pedagógicas y didácticas para su implementación en los ambientes de aprendizaje y un manejo eficiente en la construcción de nuevos conocimientos por parte de los estudiantes. Por ello, esta categoría busca que, a través de la investigación, se pueda dar un uso adecuado a estos recursos, potenciando sus beneficios, respaldando la labor del docente y generando un mayor aprovechamiento por parte de los estudiantes.

## **2.2. Marco Teórico**

Este apartado hace referencia las diferentes teorías y conceptos relacionados con la investigación, los cuales fueron tenidos en cuenta a partir de la revisión bibliográfica con referentes que vienen desde la filosofía de la tecnología en los años 30, pasando por los paradigmas que afectan el desarrollo social y económico, hasta llegar a las habilidades necesarias

de hoy en día, para contribuir al avance en los objetivos de desarrollo sostenible, lo cual en conjunto conforma el marco teórico del estudio.

Posteriormente, se hace una explicación de los conceptos más importantes para este trabajo como son los procesos cognitivos, las estructuras de pensamiento, el pensamiento tecnológico y las tecnologías exponenciales, que constituyen el marco conceptual. Finalmente, un apartado especial para explicar como el modelado digital e impresión 3D pueden ser utilizados como herramienta pedagógica y didáctica, mostrando los posibles beneficios que se pueden llegar a obtener en su implementación con el propósito de desarrollar el pensamiento tecnológico en los estudiantes.

En este apartado del documento se hace una introducción sobre los propósitos de la tecnología en la sociedad, desde una perspectiva de los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). Luego, se aborda el paradigma de la Sociedad del Conocimiento, haciendo una descripción acerca de sus efectos e influencia en el desarrollo social y económico.

Posteriormente, se hace un recorrido por el desarrollo de las diferentes revoluciones industriales para llegar al concepto de Revolución Industrial 5.0, que recoge, de cierta forma, los conocimientos de las anteriores, centrándose en la comprensión científica y con especial énfasis en la colaboración entre la tecnología y el ser humano.

Dando continuidad al capítulo, se describen las llamadas habilidades para el siglo XXI que se relacionan, especialmente, con las formas de pensar, herramientas para trabajar, maneras de trabajar y de vivir en el mundo. Finalmente, se explica la importancia de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), así como la agenda en educación para el año 2030 y su impacto, especialmente, en las investigaciones de proyectos educativos.



### **2.2.1 Propósitos de la Tecnología en la Sociedad**

El hombre en esencia, es un ser técnico; desde sus antecesores siempre ha buscado la forma de usar herramientas y mejorarlas, las cuales, en su época, fueron usadas para cazar y realizar otras actividades diarias (*homo habilis*), logrando no solamente la supervivencia, sino cambios físicos importantes, como un cerebro más grande y redondeado, así como manos con mayor motricidad (Pérez, 2021). Posteriormente, la capacidad técnica se amplía y se desarrolla la habilidad de fabricar instrumentos y utensilios, así como de mejorarlos para realizar sus tareas de forma más eficiente, por lo que se afirma que la facultad de fabricar instrumentos es una capacidad humana, concepto formulado por Bergson como el *homo faber* y que según esta idea precedería al *homo sapiens*, al permitirle un desarrollo cerebral más evolucionado (González, 2021).

Por otra parte, el ser humano es una especie insatisfecha e incompleta que busca siempre el bienestar y mejorar sus condiciones de vida; esta insatisfacción surge de la relación técnica del hombre con la naturaleza, lo artificial y la psiquis (Castleton, 2021). Esto, deriva en la actividad técnica del hombre que es un tipo de conocimiento particular, que está mediado por el diseño y fabricación que produce objetos tecnológicos, los cuales, tienen un uso y utilidad definidos por su misma intención al ser creados (Arbeláez, 2019). Este conocimiento tecnológico no da cuenta ni explica los fenómenos naturales, sino que es fáctico, pragmático y funcional y revela el actuar del hombre en el mundo. En ese sentido, la tecnología es considerada una ciencia artificial, desde la actividad o creación humana y construcción de conocimiento que da cuenta de ella en el mundo (Alonso, 2019).

Lo anterior, también genera la necesidad de reflexionar sobre los propósitos, estudios, intervenciones y explicaciones de la tecnología y sus efectos en la humanidad, de manera

general; de ahí que haya surgido toda una línea filosófica sobre los efectos de la tecnología en la sociedad y el ser humano y se haya originado el planteamiento de una ética propia y especializada en las actividades y productos tecnológicos, para medir la intencionalidad y efectos de sus desarrollos a través de estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

Desde los años 30, José Ortega y Gasset, formuló la idea del “humanismo tecnológico” que plantea cómo la técnica es la transformación que el hombre hace del mundo para adaptar el medio a sus necesidades; desde este punto de vista, la tecnología debe considerarse al servicio del hombre y permitirle el bienestar y progreso en la nueva naturaleza transformada y humanizada (Castleton, 2021). Años después, en la década de los 50, Ellul, sugiere que la técnica ya no es solo un medio o una herramienta, sino que hace parte de nuestra realidad e influye directamente en la decisiones y actividades humanas (Arbeláez, 2019). Posteriormente en 1969, Mumford, enuncia que frente a los grandes cambios tecnológicos no solamente se vienen dando avances y desarrollo de la técnica, sino que junto con estos, se dan grandes cambios en la mentalidad de las personas (Casado, 2019).

En épocas más recientes del nuevo siglo (año 2003), Cutcliffe, en sus estudios de ciencia tecnología y sociedad (CTS), sostiene que la ciencia y la tecnología no son actividades aisladas del hombre y la sociedad, sino que son proyectos complejos en los que se deben tener en cuenta los valores políticos, económicos y culturales en la conformación de proyectos tecnocientíficos que, finalmente, afectan a los mismos valores y a la sociedad en la cual se desarrollan (Crouch, 2022).

En la actualidad, con el desarrollo de la 5a Revolución Industrial (Rodríguez, 2019), se plantea un nuevo paradigma que va más allá de la productividad y se centra en la sociedad y el ser humano, se busca tomar lo mejor de la ciencia y la tecnología y complementarlo con las

mejores capacidades del hombre para avanzar y obtener bienestar social, es decir, las máquinas o las computadoras no son un reemplazo del individuo, sino que amplían sus capacidades (Quintanilla, 2017). Todo lo anterior, invita a pensar y reflexionar sobre los propósitos que la tecnología debe plantearse, de modo que su progreso se lleve a cabo de manera crítica y ética, originando los avances necesarios para lograr un desarrollo sostenible, que garantice la supervivencia de la especie humana en el Planeta.

### **2.2.2 Sociedad del Conocimiento**

En la década de los 60, el surgimiento del sector de los servicios como sector productivo, dio origen al concepto de *Sociedad de la Información*, como señala el sociólogo catalán Manuel Castells, en la que sectores como el transporte, las telecomunicaciones, el comercio electrónico, el almacenamiento y distribución de productos, las bancas y los créditos, las asesorías especializadas, el mercadeo y la publicidad, el diseño de programas de computador, la computación, la telemática, medios de comunicación, entretenimiento y la diversión, el turismo, las ventas informales etc., han tenido un gran auge y se han convertido en un tercer renglón de la economía, incluso por encima de la producción agrícola e industrial (Charris, 2022)

Sin embargo, a partir de la sistematización y organización de la información, se genera la productividad del intelecto, convirtiéndose así en una fuente de producción de riqueza con capacidad de incremento progresivo, lo cual, fue acuñado con el concepto de *Sociedad del Conocimiento*, por el filósofo de la administración Peter Drucker en la década de los 90, que, desde esta perspectiva, afirma que el conocimiento ha tomado gran relevancia como uno de los factores de la productividad, junto con el capital, la tierra y el trabajo de la era industrial (Ambriz, 2023).

Una *Sociedad del Conocimiento* es, por lo tanto, una en la que su desarrollo y progreso se basan en la producción intelectual y del saber; de allí que sea fundamental el acceso a la educación, el desarrollo tecnológico y el flujo de la información a través de las redes de comunicación (Morales, 2020). Es importante resaltar que, en este tipo de sociedad, no se busca que la economía este por encima de la humanidad de las personas, ya que el beneficio económico no necesariamente genera desarrollo o bienestar en los individuos, puesto que este, involucra factores sociales, políticos, demográficos, ambientales y culturales (Salazar, 2019).

Es por esto, por lo que se busca que las personas incrementen sus conocimientos, aprendan, razonen, intercambien ideas y encuentren soluciones creativas e innovadoras a las problemáticas de la sociedad a la cual pertenecen. En este sentido, se pretende que la generación de nuevas ideas esté enmarcada en el aprovechamiento eficiente de los recursos, procurando un desarrollo sostenible, en el que se proteja la naturaleza y la biodiversidad, buscando nuevas formas de producción, desarrollando y usando nuevos materiales, creando nuevas fuentes de energía verde, de modo que se haga un uso más racional y consciente de la tecnología (Álvarez, 2019).

Uno de los pilares en este tipo de sociedad, es la educación, la cual, busca que los profesionales sean competentes en la gestión del conocimiento y el manejo de la infraestructura tecnológica, por lo que toma gran importancia el uso de redes de comunicación e información, como medios para crear y aplicar los conocimientos necesarios para el desarrollo humano (Sánchez, 2021).

Sin embargo, la UNESCO también advierte que uno de los grandes obstáculos para transitar a una Sociedad del Conocimiento, especialmente en países en desarrollo, es la gran inversión que hay que hacer en el sector de la educación, además de la importancia que tiene el

hecho de dominar la tecnología y las redes de comunicación, lo cual, repercute a nivel cultural, educativo, empresarial y organizacional, pues dicha dificultad no permite que haya un adecuado flujo de información, que facilite aprender y generar nuevos conocimientos, lo que hace necesario buscar estrategias y acciones que permitan minimizar este obstáculo y posibiliten que naciones como la nuestra, puedan transitar hacia este tipo de sociedad, basada en el conocimiento (Ramírez, 2021).

Algunas de las características más importantes de las sociedades del conocimiento están relacionadas directamente con habilidades y capacidades que involucren lo tecnológico (Charris, 2022), como lo son, el acceso a la información (internet y redes sociales), creación y uso de tecnologías (inteligencia artificial, robótica, nanotecnología), trabajo en equipo (para resolver problemas y producir conocimientos), rasgos y atributos muy relacionados con el concepto del pensamiento tecnológico, el cual, hace parte de esta investigación, en el que se profundiza más adelante en este documento y que puede convertirse en un potenciador de estas habilidades, especialmente, en sociedades y economías emergentes como la nuestra.

### ***2.2.3 Sociedad del Conocimiento y Pensamiento Tecnológico***

El pensamiento tecnológico y la sociedad del conocimiento están estrechamente relacionados, ya que ambos conceptos, comparten una interdependencia fundamental en el uso y aplicación del conocimiento, especialmente, el conocimiento técnico y científico, para impulsar el desarrollo social, económico y cultural (Min Ciencias, 2021). El pensamiento tecnológico se constituye en una forma de pensamiento crítico y creativo que se centra en la comprensión, aplicación y desarrollo de tecnologías para resolver problemas y mejorar procesos. Implica habilidades como el análisis, la adaptación, la innovación y el uso ético y efectivo de herramientas tecnológicas. Por esta razón, el pensamiento tecnológico puede contribuir

considerablemente, en el fortalecimiento de aspectos fundamentales de la sociedad del conocimiento, tales como:

**Producción y Gestión del Conocimiento.** El pensamiento tecnológico es esencial para la sociedad del conocimiento porque facilita la creación, gestión y distribución de conocimiento. Por ejemplo, las tecnologías digitales permiten la recopilación, almacenamiento y análisis masivo de datos, transformándolos en información útil que puede ser utilizada para innovar en diversos campos. A mediano y largo plazo, esta forma de pensamiento puede fomentar y generar nuevos saberes, más investigación, así como caracterizar, fortalecer y consolidar muchas de las habilidades tecnológicas y científicas que promuevan la innovación y toma de decisiones en la gestión y producción del conocimiento.

Lo anterior, combinado con un capital humano capaz de desarrollar procesos de producción y comercio, es un motor que también impulsa el crecimiento económico para generar un mayor bienestar en las sociedades que se encuentran en desarrollo, de forma constante y con sustento a largo plazo, sin que se afecte demasiado, por los continuos cambios en las dinámicas macroeconómicas.

**Innovación y Desarrollo Tecnológico.** En una sociedad del conocimiento, el pensamiento tecnológico es clave para fomentar la innovación. Las personas que poseen habilidades de pensamiento tecnológico pueden identificar oportunidades para desarrollar nuevas tecnologías, optimizar procesos existentes y crear soluciones innovadoras para desafíos complejos. Esto, permite fomentar el desarrollo científico y tecnológico, a través de la gestión de la propiedad intelectual, fortaleciendo las capacidades para la innovación, mediante la transferencia de conocimientos y avances tecnológicos.

Pero no solamente se trata de innovar por un beneficio económico, lo anterior, también permite consolidar las organizaciones gubernamentales, de modo que sean estructuradas en la formulación de estrategias y políticas que permitan una adecuada toma de decisiones en la planeación, implementación y ejecución de planes de desarrollo, acordes con las necesidades de las poblaciones, de acuerdo con sus condiciones y contexto particular, es decir, planes más eficaces y con un impacto real, para ofrecer soluciones a las problemáticas sociales.

**Acceso y Democratización del Conocimiento.** El pensamiento tecnológico ayuda a expandir el acceso al conocimiento. A través de plataformas digitales, educación en línea y redes sociales, el conocimiento se distribuye más ampliamente, permitiendo que más personas participen en su creación y uso. Esto reduce barreras y fomenta una mayor inclusión social y educativa. La consolidación de redes digitales para el conocimiento se facilita si, por ejemplo, se implementan ecosistemas de información abierta, en la que las personas pueden acceder a información, pero además, aportan nuevos conocimientos que van nutriendo la red, generando nuevos avances que son aprovechados de forma democrática en busca del bien común.

**Adaptabilidad y Resiliencia.** En un mundo en constante cambio, característico de la sociedad del conocimiento, el pensamiento tecnológico permite a individuos, organizaciones y sociedades, adaptarse rápidamente a nuevos contextos tecnológicos, económicos y sociales. Esta adaptabilidad es fundamental para mantenerse relevante y competitivo.

También permite que las personas adquieran mayor resiliencia, es decir, adaptación a situaciones difíciles y adversas, generadas por los avances y cambios, puesto que el pensamiento tecnológico es adaptativo y se amolda a las circunstancias que se transforman constantemente en una sociedad, basada en el conocimiento, los avances científicos y la tecnología.

**Desarrollo Sostenible y Ético.** La sociedad del conocimiento también demanda un uso responsable y ético de las tecnologías. Aquí, el pensamiento tecnológico se alinea con principios éticos y sostenibles para asegurar que el desarrollo tecnológico no solo sea eficiente, sino también, justo y respetuoso con los derechos humanos y el medio ambiente.

Desde los primeros estudios sobre tecnología y sociedad, siempre se han formulado acciones que busquen el beneficio del ser humano, por lo que la tecnología y sus propósitos siempre debe ser considerados como una herramienta o un medio que facilite la vida, mejore el bienestar y beneficie al hombre en todos los sentidos posibles.

**Colaboración y Redes de Conocimiento.** El pensamiento tecnológico facilita la creación de redes y comunidades de conocimiento, en las que individuos y organizaciones colaboran para compartir ideas, resolver problemas y generar nuevas formas de conocimiento. La conectividad digital, el uso de plataformas colaborativas y la inteligencia artificial, son ejemplos de cómo se puede potenciar esta colaboración.

La consolidación de estas redes de conocimiento puede fortalecer, no solamente a las instituciones educativas, también al sector productivo y a la estructura de los Estados, que en conjunto, deben contribuir al avance en la comprensión y búsqueda de soluciones a los diversos problemas que aquejan a nuestras sociedades.

A manera de conclusión, se puede afirmar que el pensamiento tecnológico se constituye en una competencia central en la sociedad del conocimiento, ya que permite a las personas y organizaciones generar, gestionar y aplicar conocimiento de manera eficiente y creativa. Ambos conceptos se complementan y potencian mutuamente, contribuyendo a un desarrollo más inclusivo, innovador y sostenible.

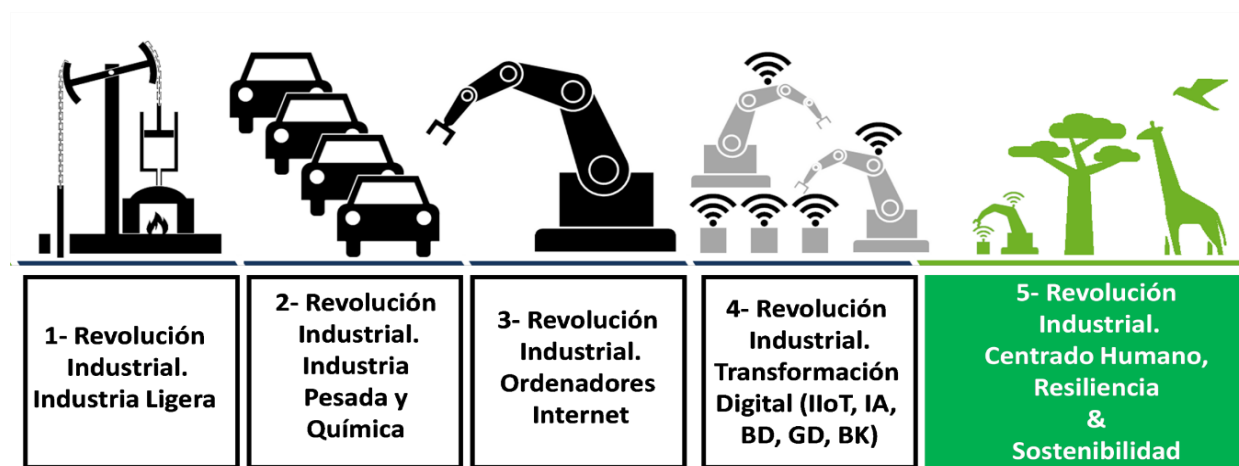


### 2.2.4 Revolución Industrial 5.0

Los historiadores denominan una Revolución Industrial a un conjunto de hechos y procesos que han venido sustituyendo la fuerza humana por herramientas y máquinas, así como el uso de diferentes tipos de energías que transforman la producción industrial, el transporte y las comunicaciones (Granillo, 2021). Estos cambios, por supuesto, afectan el empleo, las relaciones laborales, la educación, las relaciones sociales y la producción de capital. Por lo general, cada revolución industrial genera una nueva y, cada vez, este ciclo se hace más corto, es decir su cambio es exponencial. En la figura 9 se muestran algunas características importantes de cada una de las revoluciones industriales que se han desarrollado a través de la historia humana.

**Figura 9**

*Principales características de las revoluciones Industriales*



*Nota.* Adaptado de la industria 4.0 a la 5.0, por Oscar de la Cuesta, 2021, (<https://www.palentino.es/blog/actualizacion-industrial-de-versiones-del-4-0-ala-5-0/>).

La máquina de vapor desarrollada por Thomas Newcomen en 1712 y perfeccionada por James Watt en 1765, inició la *primera revolución industrial*; esta, permitió la mecanización y el desarrollo de las fábricas, también la extracción de carbón, usado como combustible, lo que dio paso a la creación de locomotoras y ferrocarriles que, en el siglo XIX, llevaron a Inglaterra a ser potencia mundial.

Esta industrialización facilitó la exploración y el uso del petróleo y la electricidad, considerada la *segunda revolución industrial* a finales del siglo XIX, en la que se dieron inventos tan importantes como la bombilla por Joseph Wilson Swan en 1879 que más adelante perfeccionaría y comercializaría Thomas Edison, así como la invención del motor eléctrico de Michael Faraday, perfeccionado por Nikola Tesla, que posibilitaría la producción masiva bajo el concepto de línea de montaje (Poquet, 2020). Todo esto, influyó en el desarrollo de las ciudades, el transporte, las comunicaciones y otras aplicaciones presentes hasta hoy.

Una vez dados estos desarrollos, empieza a darse la necesidad de producción de electricidad para suplir la demanda de la industria y el hogar, por lo que surgen las primeras termoeléctricas e hidroeléctricas, permitiendo masificar el uso de este recurso, extendiendo su capacidad y número de aplicaciones en diversos sectores. En la década de los años 50, con la creación de los semiconductores, la electricidad evolucionó y dio origen a la electrónica, la informática y la computación, (*tercera revolución*), que facilitó la digitalización y posibilitó el desarrollo de dispositivos electrónicos que revolucionaron la sociedad, mediante la telefonía celular, los satélites, las comunicaciones con fibra óptica y el surgimiento del internet, que han transformado la industria, el comercio, los servicios y el entretenimiento (Toural y López, 2019).

La *cuarta revolución industrial* inicia en el año 2010, según Klaus Martin Schwab, ingeniero y economista alemán, presidente ejecutivo del Foro Económico Mundial, la cual, a diferencia de las anteriores, no está definida por un conjunto de invenciones tecnológicas nuevas, sino en la evolución y transición de nuevos procesos basados en los sistemas digitales, pero con la particularidad de que su velocidad, alcance global e impacto en la sociedad son muy superiores en comparación con las revoluciones precedentes. Dentro de estas nuevas tendencias tecnológicas, podemos mencionar la robótica avanzada, la automatización, vehículos autónomos,

nuevos materiales, la nanotecnología, la biotecnología, el *big data*, el *IoT*, *blockchain*, impresión 3D e inteligencia artificial, entre otras de las llamadas tecnologías exponenciales (González, 2021).

Cada una de estas revoluciones ha sido más corta en el tiempo y se hace cada vez más compleja, combinando una mayor cantidad de elementos de las anteriores. Aunque la cuarta revolución industrial aún no se haya consolidado, desde el año 2015, el ministro Junishiro Koizumi de Japón, dio los primeros lineamientos para llevar a esta nación a ser líder en la sociedad 5.0, evolucionando de una economía industrializada, a una del conocimiento, fundamentada en la educación, la comprensión científica y la innovación (Ernesché, 2019). Esta *revolución industrial 5.0*, pone especial énfasis en la colaboración entre la tecnología y el ser humano, mejorando la eficiencia y la productividad, pero sobre todo, buscando el cuidado y bienestar de las personas, más allá del progreso, teniendo en cuenta la sostenibilidad, el cuidado del medio ambiente y los derechos humanos (Tipan, 2023).

Se busca poner al servicio del ser humano todos los adelantos tecnológicos de la cuarta revolución, por lo que es de gran importancia que la humanidad se adapte y se forme para poder trabajar con máquinas inteligentes, por ejemplo, las que funcionan basadas en la inteligencia artificial, teniendo en cuenta el acceso y las posibles dificultades y restricciones que se puedan dar en los diferentes contextos, pero buscando siempre sus beneficios y ventajas. La *quinta revolución industrial*, no busca reemplazar al ser humano por la máquina, sino que busca las ventajas y fortalezas de los sistemas digitales y tecnológicos para que pueda complementarse con las capacidades humanas, potenciándolas, mejorando y haciendo más eficiente la productividad, además de liberarlo de tareas repetitivas y peligrosas y poniendo la tecnología al servicio del bienestar y la felicidad de las personas (Carro, 2022).

Es inevitable que este tipo de revoluciones provoquen que unas profesiones desaparezcan, se transformen o se redefinan; pero al mismo tiempo, den origen a unas nuevas, por lo que es importante que la educación y formación profesional se actualice constantemente y se proyecte a las necesidades a mediano y largo plazo, en lo relacionado con las ocupaciones y el sector laboral. Por lo anterior, es significativo tener en cuenta cuáles serán las características que tendrá esta nueva revolución industrial para reestructurar los empleos y facilitar el trabajo humano (Mantilla, 2019).

Algunas de estas características tienen que ver, por ejemplo, con el cambio de la manufactura industrializada a la fabricación personalizada, adaptando los productos a las necesidades de cada individuo, es decir, se deja atrás la producción masiva en serie con productos estandarizados, para dar paso a productos que atienden a las necesidades de cada individuo, sus gustos o preferencias.

Otra característica importante, tiene que ver con la creación y evolución de los *cobots* (robots colaborativos), fundamentales en la industria 5.0, que no son más que mecanismos automatizados que trabajan en colaboración con los humanos, de modo que no son autónomos, sino que dependen de las ordenes o acciones que el ser humano decide realizar en determinado momento. Un ejemplo de esto, son los exoesqueletos robóticos que pueden servir para realizar grandes fuerzas o movimientos, sin que el cuerpo humano soporte el esfuerzo o sufra lesiones.

Otro ejemplo son los robots médicos, que pueden realizar intervenciones quirúrgicas a distancia, pero que dependen de los movimientos que un doctor humano ejecuta a través de una interfaz hombre-máquina que se encuentra comunicada con el robot desde un lugar remoto.

Por otro lado, la *revolución industrial 5.0* busca que sistemas basados en la inteligencia artificial, se hagan cargo de las tareas repetitivas y peligrosas para el ser humano, dejando al hombre tareas más relacionadas con la creatividad, el razonamiento, la innovación y otras actividades que solo el cerebro, mediante su inteligencia y raciocinio, puede realizar; un objetivo importante es la búsqueda de la rapidez y la calidad en la cadena de producción, conservando el toque humano (Castillo, 2022), basándose en la colaboración entre robots y personas.

Finalmente, esta quinta revolución industrial, pretende que se tenga en cuenta el medio ambiente, la sostenibilidad y el respeto por los derechos humanos (Porcelli, 2020), mediante el uso de energías limpias, procesos de producción basados en economías circulares, desarrollo de materiales biodegradables, entre otros.

Los siguientes años, sin duda, estarán marcados por los avances tecnológicos, por lo que es necesario que el ser humano se adapte rápidamente a ellos, por ejemplo, empezando a utilizar asistentes basados en inteligencia artificial, para poder evaluarlos, estar a la delantera y aprender sobre ellos (Corral, 2020). Es importante abrir nuestro conocimiento a estas nuevas tecnologías, desarrollando un enfoque de exploración y de aprendizaje sobre ellas, adoptándolas y usándolas como apoyo en esta nueva era de desarrollo tecnológico, sin dejar de lado las capacidades humanas como la creatividad, la empatía y el pensamiento crítico (Pardo, 2021).

### ***2.2.5 Relación entre Pensamiento Tecnológico y Revolución Industrial 5.0***

El pensamiento tecnológico se constituye en una clara y valiosa estrategia que favorece y permite adaptarse consecuentemente con la *revolución industrial 5.0*, ya que como se mencionó anteriormente, esta nueva fase de la industrialización se caracteriza por una integración avanzada de la tecnología, con un enfoque en la humanización del trabajo y la sostenibilidad. Su objetivo

es combinar la eficiencia y precisión de la tecnología con la creatividad, la ética y las capacidades humanas.

El pensamiento tecnológico, por otro lado, implica la capacidad de comprender, utilizar y aplicar tecnologías avanzadas para resolver problemas complejos, mejorar procesos y generar innovación. En el contexto de la *revolución 5.0*, este pensamiento se orienta a cómo la tecnología puede ser utilizada para mejorar la calidad de vida, aumentar la sostenibilidad y humanizar el trabajo. Algunos aspectos importantes en los que el pensamiento tecnológico puede contribuir al desarrollo y adaptación en la revolución industrial 5.0 son los siguientes:

**Colaboración Humano-Máquina.** En la *revolución 5.0*, el pensamiento tecnológico se aplica para crear sistemas que permitan una colaboración más armónica entre humanos y máquinas. La tecnología no solo busca sustituir al trabajador, sino complementarlo, liberándolo de tareas repetitivas o peligrosas, y permitiéndole enfocarse en actividades más creativas o estratégicas.

De modo que un buen desarrollo del pensamiento tecnológico puede favorecer esta colaboración, puesto que las personas consiguen desarrollar capacidades y habilidades para una mejor interacción con los sistemas automatizados y herramientas tecnológicas disponibles, potenciando así el desarrollo tecnológico y productivo de una sociedad.

Esta colaboración es uno de los ejes centrales de la revolución 5.0 y es necesario que las personas se preparen para incorporarse en estos avances que, como se ha dicho, con insistencia ponen al hombre y su humanidad como principal receptor de los beneficios que se busca obtener con los desarrollos tecnológicos más recientes. La unión de las capacidades humanas con las ventajas y potencialidades tecnológicas, son un factor que promete tener un gran impacto en el

desarrollo científico, social y económico de las naciones que adopten este modelo para fundamentar el avance en la búsqueda de desarrollo sostenible.

**Ética y Sostenibilidad.** El pensamiento tecnológico en la *revolución 5.0*, también considera los impactos éticos y ambientales de las tecnologías emergentes. Las innovaciones se diseñan teniendo en cuenta la sostenibilidad y la responsabilidad social, priorizando un desarrollo que beneficie a las personas y al Planeta. La ética, como desarrollo humano, es un factor preponderante en esta revolución industrial, y bajo estos principios, se busca que los beneficios del avance tecnológico tengan un verdadero impacto en la vida de las personas, con objetivos de mejora en la calidad de vida y el bienestar común.

Por otra parte, es importante garantizar la supervivencia del ser humano y las demás especies que habitan el Planeta; por lo tanto, los impactos que provoca el desarrollo tecnológico, deben buscar ocasionar el menor daño posible al ecosistema y, por el contrario, intentar reducir el deterioro de nuestro medio ambiente, garantizando que los efectos que en tiempos anteriores han caudado daños irreversibles, ahora procuren subsanar estos perjuicios, satisfaciendo las necesidades actuales, sin comprometer el futuro de las nuevas generaciones.

**Personalización y Adaptación.** A diferencia de la *revolución 4.0*, que se centraba en la estandarización y automatización a gran escala, la 5.0 utiliza el pensamiento tecnológico para personalizar productos y servicios, adaptándolos a las necesidades y preferencias individuales de los usuarios. Esto es de gran importancia, ya que estas estrategias permiten dar soluciones particulares, teniendo en cuenta el contexto y las necesidades puntuales de las personas, optimizando así los recursos, mejorando la eficacia y la eficiencia, generando resultados con menores costos y adaptados a los contextos reales de las problemáticas.

En otras palabras, aquí se busca reducir la necesidad de importar y adaptar soluciones a los problemas, desde otros escenarios que, muchas veces, cuesta trabajo acondicionar a las diferentes realidades, para empezar a producir soluciones a la medida y con los recursos propios que están disponibles en el mismo contexto en donde se va a implementar dicha solución.

Por eso, el pensamiento tecnológico puede cumplir una función importante si las personas que trabajan en la búsqueda de estas soluciones han desarrollado una adecuada capacidad de adaptarse y crear artefactos o sistemas personalizables, para satisfacer las diferentes necesidades que pueden surgir, incluso por el mismo avance de la tecnología, así como por las derivadas de otras situaciones sociales, económicas, educativas, etc.

**Innovación Abierta y Participativa.** El pensamiento tecnológico fomenta una mayor participación de diferentes actores (trabajadores, consumidores, comunidades) en el desarrollo de soluciones tecnológicas, promoviendo una innovación abierta y colaborativa. Pensar tecnológicamente, abre las posibilidades de interactuar con todos estos actores, generando conocimientos desde el trabajo colaborativo, optimizando recurso y creando soluciones innovadoras que pueden tener un gran impacto, si se mejoran y se optimizan mediante la iteración que se pueda dar dentro de una red de conocimientos.

Es decir, el proceso de optimizar soluciones se hace mucho más rápido y eficientemente, con la colaboración de quienes participan en su desarrollo que, a su vez, pueden ser los beneficiarios de estos procedimientos, artefactos o sistemas que van a satisfacer una necesidad en particular. En conclusión, la Revolución Industrial 5.0 se puede soportar en el pensamiento tecnológico para integrar la eficiencia de las máquinas, con la creatividad, empatía y habilidades humanas, creando una sinergia que apunta a una sociedad más justa, inclusiva y sostenible.



### ***2.2.6 Habilidades Generales para el Siglo XXI***

Considerando que nos encontramos inmersos en la “Sociedad del Conocimiento”, es inevitable que estemos observando cambios en la forma de comunicarnos, trabajar, interactuar y producir conocimientos. Estos cambios se notan más en los jóvenes nacidos en este nuevo siglo, dentro de entornos digitales, pues, sus interacciones están mediadas por dispositivos tecnológicos, manejando diversas formas textuales, así como formatos multimedia de variados contenidos (Cuestas, 2020). Todo lo anterior, afecta, por supuesto, a la educación y la forma en que se deben abordar las nuevas formas de aprender, de modo que se busca el desarrollo de las habilidades necesarias para que los estudiantes se desenvuelvan social y laboralmente en el corto y mediano plazo.

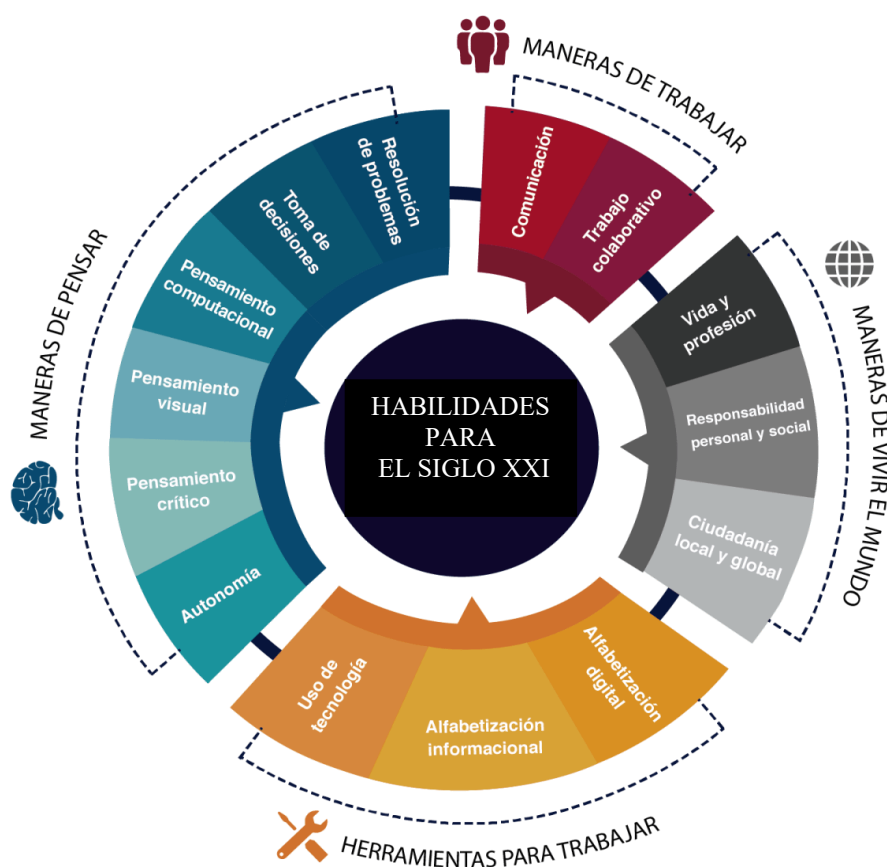
Ante este panorama, diversas investigaciones y estudios muestran que los estudiantes del nuevo siglo requieren desarrollar habilidades analíticas y comunicativas, destreza para la resolución de problemas, creatividad e iniciativa para emprender una tarea, así como habilidades laborales relacionadas con el trabajo en equipo y habilidad para trabajar de forma constructiva y afectiva con las demás personas, es decir, las habilidades que le permitan desempeñarse exitosamente en la sociedad actual y futura (Cevallos, 2019).

Estas habilidades se conocen como habilidades para el siglo XXI (McGaw, 2020), según el proyecto de investigación ATC21S, el cual es impulsado por las empresas Microsoft, Intel y Cisco y desarrollado en la universidad de Melbourne, donde se propone la forma de enseñarlas y evaluarlas, las cuales, se agrupan en cuatro categorías importantes. Cabe destacar que dentro de estas categorías se encuentran habilidades directamente relacionadas con conocimientos, aprendizajes y aspectos de la tecnología, tales como: la alfabetización digital, el uso de la

tecnología, la alfabetización informacional y el pensamiento computacional. Dichas categorías y habilidades se mencionan en la figura 10 y se explican a continuación:

**Figura 10**

*Habilidades del siglo XXI según el proyecto de investigación ATC21S*



*Nota.* Adaptado de ATC21s 21st Century Skills, ATC21S.UE, 2020, (<https://resources.ats2020.eu/resource-details/LITR/ATC21s>).

**Maneras de Pensar.** En esta categoría, se encuentran capacidades tales como la generación de ideas originales, la interpretación de situaciones desde diversos enfoques, analizar, plantear y solucionar problemas y reconocer la manera en que se aprende de forma propia (McGaw, 2020). Estas formas de pensar se relacionan, directamente, con las estructuras de pensamiento, dentro de las que se encuentra el pensamiento tecnológico, pues son formas

estructuradas en las que se organiza la información, para que, mediante un posterior análisis, se pueda llegar a nuevos conocimientos que permitan dar solución a problemas en diferentes campos del saber.

Estas formas de pensar, han tomado gran importancia dentro del enfoque cognitivo de la educación y se han empezado a plantear diversas estrategias pedagógicas que buscan desarrollarlas o fortalecerlas, pues, se considera que el hecho de contar con ellas da mayor competitividad a las personas, haciéndolas más funcionales y permitiéndoles adaptarse más fácilmente a diferentes situaciones, académicas, laborales y sociales, entre otras.

**Herramientas para Trabajar.** Allí podemos encontrar capacidades, como explorar, crear y comunicarse a través del uso de herramientas tecnológicas, así como la habilidad para obtener información de forma crítica y eficiente para darle un uso creativo. Es lo que toda persona debería saber, como mínimo, para desenvolverse en la sociedad actual de manera eficiente, tanto para sus funciones personales, como para desempeñarse laboralmente en trabajos que, incluso, no tienen un marcado desarrollo en lo tecnológico, pero que se soportan en algunas herramientas o sistemas para mejorar su productividad.

En este aspecto, hay bastante trabajo por desarrollar, ya que por ejemplo, la alfabetización informacional o tecnológica, es decir, conocer la tecnología y su uso de forma elemental, hoy en día se constituye en una necesidad básica para cualquier persona, así como lo fuera hace años atrás la formación para aprender a leer y escribir.

En un nivel más avanzado, las necesidades van creciendo y, a medida que la formación profesional de una persona se incrementa, los conocimientos y uso de determinadas herramientas

o sistemas tecnológicos, se hace indispensable para el desempeño académico, laboral e incluso, social, afectado, adicionalmente, por los diversos contextos y condiciones del individuo.

**Maneras de Trabajar.** En esta categoría, se reúnen las habilidades comunicativas y de colaboración para que las personas puedan compartir sus pensamientos e ideas, comprender y transmitir información, así como sostener diálogos eficaces con otras personas para lograr alcanzar objetivos comunes. Hoy en día, las corporaciones no buscan a sus miembros por sus conocimientos en primer lugar, sino por la capacidad que tienen las personas para comunicarse y desempeñarse colaborativamente en un trabajo, convirtiéndose estas en habilidades esenciales, para desenvolverse laboralmente.

Se dice que los conocimientos en el campo específico del trabajo se pueden adquirir, pero estas habilidades, descritas anteriormente, son mucho más difíciles de desarrollar. Por esta razón, si dotamos a las personas con estas habilidades, desde mucho más jóvenes, será mucho más fácil que las adquieran para cuando las tengan que poner en práctica en el contexto académico o laboral. El pensamiento tecnológico se vale de estas habilidades también para fortalecer las soluciones que se plantean a una problemática dada, por lo cual, trabajar estas estrategias con estudiantes de la educación media, puede acortar el camino en la adquisición de las maneras de trabajar, que son tan importantes hoy en día en los diferentes aspectos de la sociedad.

**Maneras de Vivir el Mundo.** En este apartado, es muy importante tener la capacidad de plantear y fijar metas, tener tolerancia a la frustración, trabajar la resiliencia, tener la capacidad de tomar decisiones y realizar acciones que busquen el bienestar propio y común, así como el del entorno.

Todo lo anterior, con el fin de preparar a los estudiantes para ejercer la ciudadanía y la vida, así como el desempeño laboral en el siglo XXI, reto para el cual, es indispensable una transformación en la educación para que los ciudadanos del mañana puedan desarrollar estas habilidades y capacidades, permitiendo su prosperidad y triunfo en una sociedad competitiva y de continuos cambios, cada vez más vertiginosos (Gastelú, 2019).

En este sentido, la educación debe buscar que los maestros aprovechen las diversas formas de pensar de los estudiantes, de modo que unidos, puedan dar soluciones a diferentes problemáticas, compartir conocimientos y realizar investigaciones en equipo, partiendo del planteamiento que el trabajo en grupo, siempre será más complejo, productivo y elaborado que el individual, dando importancia a las competencias para el nuevo siglo (Juárez, 2019).

Para lograr desarrollar las competencias del siglo XXI en los estudiantes, también los ambientes de aprendizaje deben adaptarse a las necesidades educativas, habilidades y talentos de cada individuo, ya que cada uno posee diferentes fortalezas y debilidades; en consecuencia, las pruebas estandarizadas tampoco serían pertinentes, pues, no pueden medir las capacidades individuales de forma eficaz (Waissbluth, 2019).

### ***2.2.7 La Educación Desde los ODS***

Cuando se habla de desarrollo sostenible se hace referencia al tipo de desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales del planeta; pero además, se asegura que las nuevas generaciones también puedan hacerlo (Álamo, 2019). Teniendo en cuenta esto, en el año 2015 se reunieron líderes de 193 países en el marco de la Asamblea General de las Naciones Unidas para establecer 17 objetivos y 169 metas que hacen parte de la agenda 2030 y que buscan desarrollar un plan de acción en beneficio del Planeta y la prosperidad de las personas, comprometiéndose

con tres grandes retos: luchar contra la desigualdad y la injusticia, poner fin a la pobreza extrema y disminuir el cambio climático (Córdoba, 2019).

Las acciones por tomar para lograr estos objetivos, no solo involucran a los países en desarrollo, sino que apuntan a un compromiso global, partiendo del principio de que, en el futuro, todos los territorios estarán interconectados a través de la globalización y las comunicaciones digitales (Ahmed, 2020). Para el establecimiento de estos 17 objetivos, se llevó a cabo una encuesta global en la que se recogían e identificaban las principales necesidades de la sociedad, estableciendo un orden que va desde la eliminación de la pobreza (primer objetivo) hasta instaurar las alianzas que se requieren para lograr la unidad y el progreso a nivel global (objetivo número 17).

Los demás objetivos giran en torno a los tres grandes retos mencionados anteriormente y todos son interdependientes e importantes en sus 169 metas en total. Sin duda, la educación no es ajena a estos objetivos y su valor intrínseco en el desarrollo humano la convierten en una herramienta poderosa para el logro de los ODS (Alonso, 2021). Por ello, el objetivo número 4 hace especial referencia a “Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” estableciendo la educación de calidad como la base para el logro de la sostenibilidad y el mejoramiento de la vida de las personas, sin olvidar el cuidado del medio ambiente.

Este objetivo contempla 7 metas y 3 compromisos de los gobiernos, dentro de los que se puede destacar dos que tienen que ver con el desarrollo de habilidades y la formación técnica y profesional: la meta 4.4, relacionada con aumentar el número de jóvenes y adultos con capacidades técnicas y profesionales que les permitan acceder a un empleo decente e iniciar emprendimientos; y el compromiso 4.c, que habla de cómo los países en desarrollo debe

aumentar considerablemente la oferta de docentes calificados mediante la cooperación internacional (Ushakova, 2022).

Esta meta y compromiso, destaca la importancia de que las instituciones educativas y los docentes trabajen en el desarrollo y fortalecimiento de las habilidades del siglo XXI mencionadas en el apartado anterior y que los estudiantes adquieran los conocimientos y capacidades necesarias para tener una educación acorde con las necesidades del Planeta, teniendo en cuenta la sostenibilidad, el progreso y el cuidado del medio ambiente (Portillo, 2021).

Por esta razón, cualquier proyecto o investigación en educación que esté alineada con la búsqueda de estos objetivos y desarrollo de dichas habilidades, tiene relevancia y pertinencia como una contribución en el cumplimiento de los retos que se presentan ante la agenda económica mundial y, especialmente, la educativa para los años venideros (Vilches, 2021). Teniendo en cuenta todo lo anterior, se plantea el objetivo principal de esta investigación, el cual se enfoca en buscar nuevas estrategias pedagógicas que, con la integración de herramientas basadas en las tecnologías exponenciales, permitan desarrollar las estructuras de las que hace parte el pensamiento tecnológico, aportando así al fortalecimiento de esta forma de pensar en los estudiantes y a la construcción teórica de la misma.

### **2.3. Marco Conceptual**

En los siguientes subcapítulos se hace un recorrido importante por los conceptos y categorías que hacen parte de la investigación, en especial, se describen los procesos cognitivos básicos y superiores que permiten acceder a los conocimientos, para llegar al concepto de pensamiento y sus estructuras. Posteriormente se hace una descripción completa del pensamiento tecnológico, teniendo en cuenta sus características, componentes y niveles. En seguida, se

explica el concepto de las tecnologías exponenciales, haciendo una descripción con la definición, uso y aplicaciones de cada una de ellas y su impacto en los diferentes campos del conocimiento. Finalmente se muestra el uso del modelado digital e impresión 3D, como parte de estas tecnologías llevadas a la educación, indicando sus aplicaciones en los ambientes de aprendizaje digitales y sus ventajas como herramienta que puede favorecer la forma de pensar tecnológicamente.

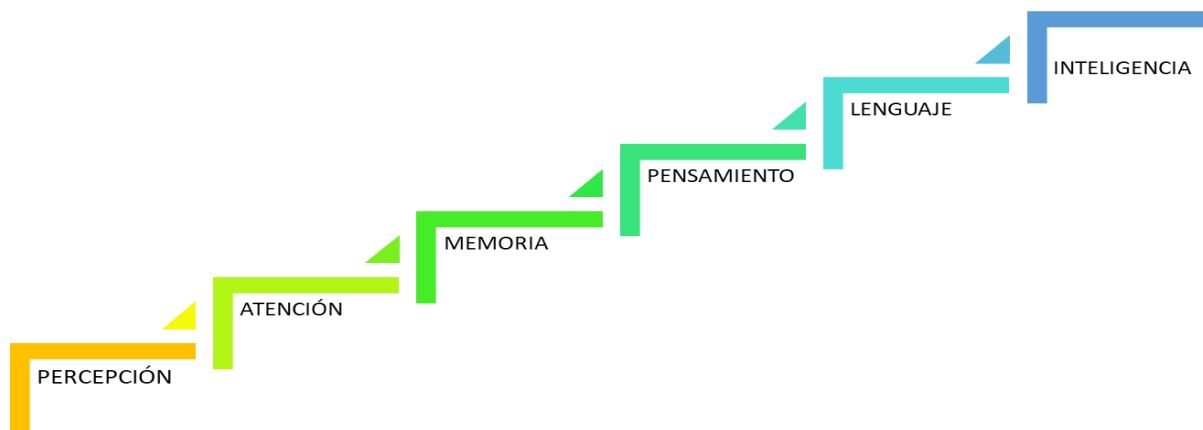
### ***2.3.1 Los procesos Cognitivos y las Estructuras de Pensamiento***

Los procesos cognitivos son los que nos permiten adquirir conocimientos e interactuar con el mundo que nos rodea; dependiendo de la complejidad, estos procesos pueden ser básicos o superiores (Blomberg, 2019). Los procesos cognitivos básicos son necesarios para que se desarrollen procesos superiores, dentro de estos encontramos, la sensación, la percepción, la atención y la memoria.

La sensación tiene que ver con la información que captamos a través de los sentidos y constituye el proceso cognitivo más básico. La percepción da forma a las sensaciones que ingresan a través de los sentidos; a veces suelen tratarse como una sola con la sensación, pero no siempre coinciden, ya que en ocasiones están afectadas por el contexto. La atención tiene que ver con la concentración en uno de los sentidos, dejando de lado los demás. La figura 11 muestra los procesos cognitivos básicos y superiores en orden de complejidad.



**Figura 11**  
*Procesos cognitivos básicos y superiores*



Por ejemplo, cuando leemos, estamos dando prioridad al sentido de la vista sobre los demás; esta capacidad de concentrarnos en uno de los sentidos es vital, incluso, para la supervivencia. La memoria es el proceso cognitivo que nos permite almacenar información mediante la transmisión sináptica de las neuronas en algunas áreas del cerebro, como el hipocampo, para luego utilizarla, dependiendo de nuestras necesidades; por lo general, se divide en memoria a corto y a largo plazo; es común que, con el paso de los años, esta sea menos precisa, e incluso, se pierda debido a la degeneración celular causada por el envejecimiento (Vargas, 2019).

Los procesos cognitivos superiores se construyen a partir de los básicos y son de mayor complejidad, los cuales, nos distinguen de las demás especies; estos procesos son, el pensamiento, el lenguaje y la inteligencia, entre otros. El pensamiento es un proceso cognitivo superior y complejo, porque nos permite relacionar varios conceptos e información almacenados en nuestra memoria, tiene que ver con las ideas que se forman en nuestra mente. Este proceso nos permite relacionar, analizar y deducir nuevos conceptos, con base en dicha información (Bruner, 2019). El lenguaje es la forma con la que podemos expresar nuestros pensamientos; una

de las formas más elaboradas del lenguaje son los idiomas y la escritura, pero existen otros, como los gestos, las imágenes, la música o la programación.

La inteligencia es el proceso cognitivo con un grado de desarrollo y complejidad superior. Esta, nos permite aprovechar, de manera eficiente, las demás cualidades, mejorando su rendimiento. Normalmente, se le da relevancia a la inteligencia lógico-matemática, pero hoy en día se habla de las inteligencias múltiples que permiten el desarrollo de nuevas habilidades (Gardner, 2019).

### ***2.3.2 El Pensamiento***

Centrando nuestro interés en el pensamiento, se podría decir que es el resultado del proceso cognitivo; la inteligencia crea, a partir de las experiencias, la codificación de sistemas genéricos que no solo permiten almacenar los datos en nuestra memoria, sino que pueden ser usados para hacer nuevas predicciones y generar conocimientos nuevos (Bruner, 2019). En este sentido, el pensamiento es el que se encarga de manipular y transformar toda la información que almacenamos en nuestro cerebro, representada en las imágenes, los sonidos, los símbolos, las experiencias y las ideas. En la figura 12 se muestran algunas de las características más importantes del pensamiento como proceso cognitivo superior.

**Figura 12***Características del pensamiento como proceso cognitivo superior*

El pensamiento nos permite aprovechar toda esta información y, por medio del análisis, la evaluación, la clasificación, la comparación y el juicio de los conocimientos almacenados en nuestra memoria, poder resolver problemas y crear nuevas ideas, conceptos y cosas. Las partes del cerebro encargada de las funciones que se realizan a través del pensamiento son: el tálamo, el sistema límbico y la formación reticular; las características de estas zonas determinan el tipo de pensamiento en las personas (Llanga et al., 2019).

En resumen, el pensamiento es el resultado de la acción de pensar, basado en el conocimiento, las sensaciones y las percepciones. El pensamiento es una necesidad del ser humano, no solo en la parte intelectual y académica, sino en aspectos tan importantes como las acciones diarias, y toma de decisiones en lo político y lo económico, más aún en el actual mundo globalizado en el que vivimos.

La calidad y complejidad de los pensamientos, influyen directamente en la producción de conocimientos que hoy en día hacen parte fundamental en el desarrollo de las naciones. Si se busca que un país se desarrolle, produzca conocimientos, tenga personas críticas, reflexivas y con mejores oportunidades, es necesario que la educación enseñe a pensar. Pensar bien nos lleva a vivir mejor.

### ***2.3.3 Estructuras de Pensamiento***

Las estructuras de pensamiento corresponden a formas organizadas en las que la mente interpreta la información, los estímulos y las sensaciones para que, mediante el análisis, la relación y la transformación se generen nuevos conocimientos que permitan, después de este proceso, tomar decisiones, realizar acciones o cumplir diferentes funciones. Este proceso de interpretar la información y otros estímulos en la mente, se puede simplificar en subprocesos menos complejos como: el ingreso de la información, la codificación de los datos, la extracción de la información importante, el análisis o procesamiento, la recopilación de la información, la decodificación, la evaluación y la salida de la información (Suárez, 2018).

Estos subprocesos se pueden desarrollar de manera lineal, pero también, podrían llevarse a cabo de forma paralela, aleatoria o incluso, prescindiendo de algunos de ellos, dependiendo del tipo de información y conocimiento que se esté analizando por parte de nuestro intelecto. Un subproceso muy importante y que, a veces, no se tiene en cuenta, es la retroalimentación que en determinados escenarios, puede hacerse de manera recurrente e iterativa, originando, por lo general, una solución o resultado cada vez más eficiente y de mayor calidad.

La mayoría de estas estructuras están formadas en función de algunas áreas del conocimiento en especial, como por ejemplo, el pensamiento lógico matemático, el crítico, el computacional, el sistémico, el de diseño, etc. (Armenta, 2022). De la misma manera, el

pensamiento tecnológico sugiere un tipo de estructura organizada que está directamente relacionado con el uso, la adaptación o la producción de objetos tecnológicos, pero que en muchas ocasiones, se asemeja o recoge algunos de los tipos de pensamiento mencionados anteriormente. La figura 13 muestra las principales características que tienen las mencionadas estructuras y su importancia.

**Figura 13**

*Características de las Estructuras de Pensamiento*



### **2.3.4 Pensamiento Tecnológico**

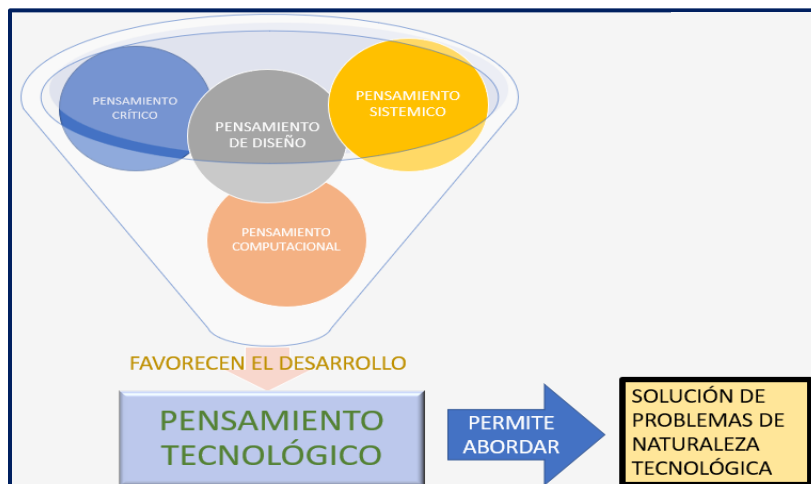
Dentro de las numerosas formas de realizar el ejercicio de pensar o poner en práctica el pensamiento, existe uno que llama la atención y es parte fundamental de esta investigación, hablamos del pensamiento tecnológico, especialmente, en el actual mundo interconectado, en el cual, el avance tecnológico es vertiginoso y las llamadas tecnologías exponenciales, crecen a velocidad, en las que casi se hacen inalcanzables (López, 2019). Es por eso por lo que este tipo de pensamiento toma gran importancia en el mundo de hoy y mañana.

Esta estructura de pensamiento hace parte de nuestra vida, ya que es el tipo de razonamiento que nos permite tener una adecuada relación con la tecnología en su diferentes niveles, dimensiones y modalidades, en el entorno en el que cada uno de nosotros nos desempeñamos, ya sea como simples usuarios y consumidores, como integradores e incorporadores de nuevas tecnologías o desarrolladores y creadores de nuevos avances tecnológicos. Esta forma de pensar, en su más alto nivel, permite generar conocimiento tecnológico y es bien sabido que el conocimiento y el capital intelectual son unos de los factores más importantes y determinantes, que se constituyen en el motor para el desarrollo y progreso de las sociedades, que se identifica con la llamada sociedad del conocimiento (Morales, 2020).

Esta estructura para pensar, se vale de otros tipos de pensamiento para abordar la solución de problemas de naturaleza tecnológica. Dentro de las formas de pensar que favorecen el pensamiento tecnológico, están el pensamiento crítico, el sistémico, el de diseño y el computacional, como se puede observar en la Figura 14. En algunos contextos se hace mayor énfasis en fortalecer alguna de las formas de pensar mencionadas anteriormente, dependiendo de la necesidad y los aprendizajes que se quieran favorecer en los estudiantes.

**Figura 14**

*Formas de pensar que favorecen el Pensamiento Tecnológico*



### ***2.3.5 Características del Pensamiento Tecnológico***

Podemos entender esta estructura de pensamiento como el puente o transformación que ocurre entre el conocimiento tecnológico y la obtención de un artefacto, un objeto tecnológico o un nuevo conocimiento, es decir, son todos esos procesos mentales que ocurren entre una idea y un producto de la tecnología. Esta forma de pensar es una actividad mental de orden epistemológico y funcional que permite, por un lado, abordar, intervenir y operar la realidad en el contexto de los seres humanos y, por otro, es una forma de adquirir, modificar y representar objetos y conocimientos tecnológicos para la solución creativa de problemas, necesidades o deseos que mejoran la calidad de vida y la sociedad en general (Merchán, 2021). En general, este proceso de pensar tecnológicamente, se distingue porque posee las siguientes características (Caballero, 2020):

- Es una actividad neuronal que por su complejidad no se puede visibilizar o medir directamente, pero que se puede evidenciar por sus producciones semánticas como la conducta, el lenguaje y sus actividades fácticas.
- Abarca varias dimensiones del ser humano tales como la social, la cognitiva, la pragmática, la biológica, la comunicativa y la deontológica.
- Es una forma de pensamiento individual y esta influenciado por la interacción sociocultural, el contexto y el desarrollo biológico de la persona.
- Las acciones de pensamiento tecnológico que normalmente se llevan a cabo entre el conocimiento y la materialización de un artefacto u objeto tecnológico, pasan por la problematización, conceptualización, diseño, planeación, implementación y evaluación.

- Este puede ser modificado mediante acciones educativas y de aprendizaje, así como de la propia reflexión e introspección de la persona, por tal razón, es un pensamiento estructurado.
- La información relacionada con el pensamiento tecnológico está compuesta, normalmente, por datos y la manipulación constante de artefactos que una vez guardados en la memoria a largo plazo, pueden ser reutilizados y rescatados para ser implementados en la solución de nuevos problemas y necesidades, con características similares.
- Él mismo, nos permite evaluar y establecer el nivel de conocimiento tecnológico que ha alcanzado una persona o un grupo social desde el punto de vista del uso, la adaptación o la creación de los artefactos y objetos tecnológicos.
- Tiene como propósito y está dirigido a la producción de conocimiento tecnológico y de artefactos u objetos de esta naturaleza, para generar capital intelectual y mejorar las condiciones de vida y el desarrollo económico de las sociedades.

Aunque el pensamiento tecnológico no hace parte de los propósitos de la educación en algunos contextos, es importante que este se trabaje en las instituciones educativas, ya que permite abordar la solución de diversas problemáticas y posibilita la participación y la gestión del uso de la tecnología y la ciencia de forma sustentable, especialmente en los contextos de países emergentes. Esto, a futuro puede proporcionar ventajas a las nuevas generaciones en las sociedades que lo implementen como:

- Comprender las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad de modo que exista conciencia crítica de su uso, utilidad e instrumentación.



- Lograr un enfoque ético de la tecnología de modo que nos permita discernir sobre el modo en que la usamos, la implementamos o la desarrollamos de manera que se pueda alcanzar la equidad, la supervivencia y el cuidado de la naturaleza (Büch, 2019).

Lograr identificar cuáles deben ser los productos de la tecnología en un contexto, es determinante, ya que, en primer lugar, permite establecer las actividades educativas eficientes para el desarrollo de una sociedad y, en segundo lugar, poder emplear la tecnología para solucionar las problemáticas y necesidades particulares de un grupo social específico.

### ***2.3.6 Componentes del Pensamiento Tecnológico***

Esta estructura de pensamiento cuenta con elementos que interaccionan en un contexto social, histórico y cultural y determinan las acciones educativas a realizar por parte de la escuela, de modo que se beneficie el desarrollo de esta forma de pensar (Leguizamón, 2021).

Estos componentes se resumen en:

- Las dimensiones educables del individuo, como la pragmática, la social, la comunicativa, la deontológica y la cognitiva.
- Los objetos de conocimiento y pensamiento, como las problemáticas y necesidades de orden tecnológico de una sociedad en un contexto.
- Las acciones tecnológicas llevadas a cabo en el proceso de pensamiento tecnológico, como la problematización, la conceptualización, el diseño, la planeación, la materialización y la evaluación.
- Los niveles de formación en tecnología, como el uso, la adaptación, la creación, la evaluación y administración de diversas tecnologías.

- Los productos de la tecnología, como los artefactos, los procesos, los objetos y el nuevo conocimiento tecnológico.
- Los componentes éticos que determinan los propósitos y el uso de los productos tecnológicos.

En la figura 15 se resumen los componentes del pensamiento tecnológico y sus principales características.

**Figura 15**

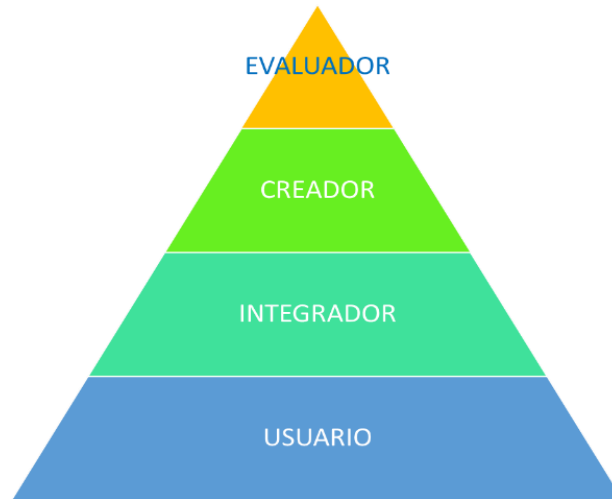
*Componentes del Pensamiento Tecnológico*



### ***2.3.7 Niveles del Pensamiento Tecnológico***

Como se ha mencionado anteriormente, el pensamiento tecnológico va de la mano con el nivel de conocimientos que tiene un individuo en su relación con la tecnología y las bondades que esta ofrece (Montoya, 2019). A continuación, se describen de forma más detallada estos niveles, como lo son: el de usuario, el integrador, el creador o el que evalúa o administra la tecnología en sus diferentes aspectos y escenarios, como se muestra en la Figura 16:

**Figura 16**  
*Niveles del pensamiento tecnológico*



- En el nivel de usuario, los individuos solo se preocupan porque el producto tecnológico cumpla con la función para la que fue concebido, sin entender su funcionamiento, lo que en muchas ocasiones, también lleva a hacer un uso inadecuado de este producto. Por ejemplo, el uso de un celular, en el que muchas veces, se desconoce su estructura y capacidad y se termina sobredimensionando o minimizando la función para la cual fue diseñado.
- Para el nivel de adaptación o integración de la tecnología, las personas son capaces de diferenciar los productos tecnológicos por su uso, utilidad y funcionamiento, de modo que pueden seleccionar una determinada opción tecnológica de forma que sea eficiente para la tarea que se quiere desempeñar. Un ejemplo, es el de las características y especificaciones técnicas de una computadora, de acuerdo con el uso que se le va a dar como una oficina, un laboratorio o el departamento de diseño de una empresa de ingeniería. En este nivel, también se puede dar la combinación de dos o más tecnologías para poder cumplir con las necesidades o solucionar una problemática particular.

- Cuando nos referimos a un nivel de pensamiento tecnológico de creación o generación, se habla de la capacidad para diseñar e implementar soluciones particulares a una problemática o necesidad especial, para la cual, no existe una solución específica o adaptable dentro de la oferta de productos tecnológicos existentes. Aquí, una persona es capaz de inventar y crear productos o procesos nuevos, por ejemplo, una línea de producción para el procesamiento de frutas o productos agrícolas.
- Por último, está el nivel de evaluación y administración de artefactos, sistemas, procesos o servicios tecnológicos, en el que se gestiona, a través de políticas, leyes y modelos de producción, la generación de intangibles de orden ético y legislativo, como normas, control e infraestructura económica en contextos nacionales e internacionales. Por ejemplo, el uso del espectro electromagnético para las telecomunicaciones.

### ***2.3.8 Tecnologías Exponenciales***

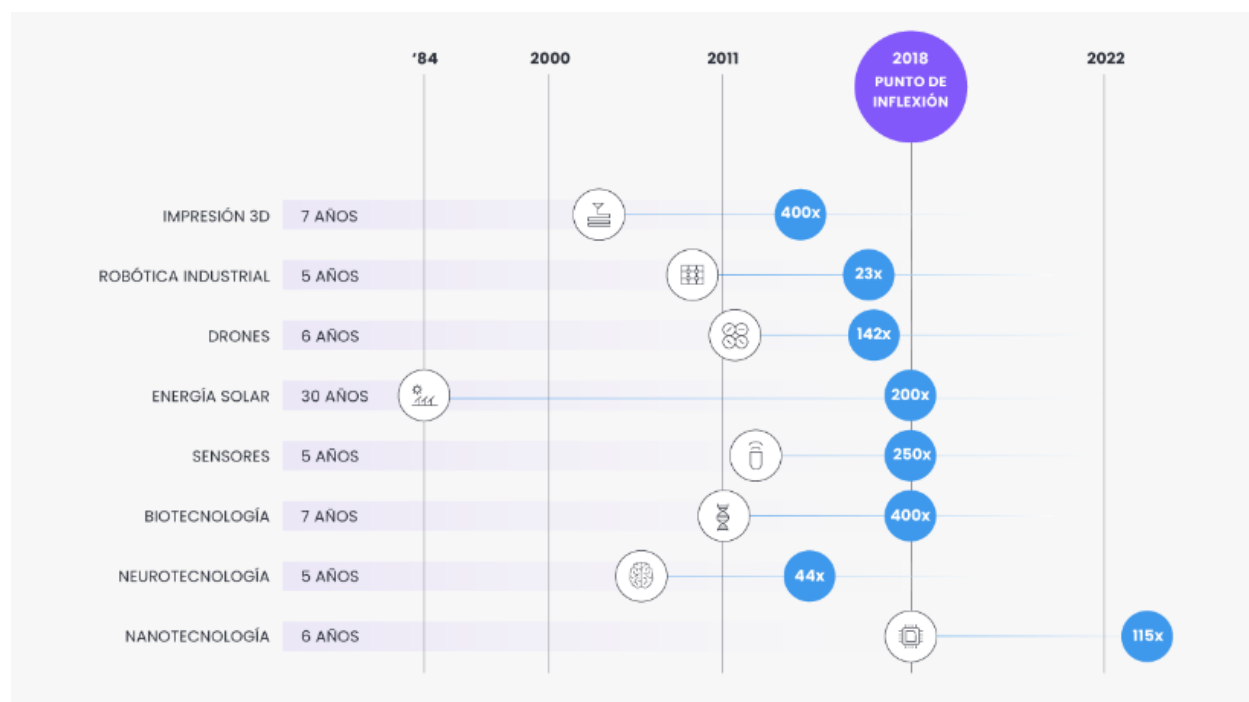
La tecnología ha evolucionado con el hombre desde sus inicios, y esta evolución, ha sido continua; sin embargo, en los últimos años se ha notado cómo el avance tecnológico es, cada vez más, rápido y evoluciona de manera exponencial (Mota, 2021). En la década de los años 70, Gordon Moore, cofundador de la empresa Intel, estableció la llamada *Ley de Moore*, en la que predijo que la capacidad de los procesadores en las computadoras se duplica cada dos años y en el mismo sentido, se reduce su costo a la mitad (Bernardi, 2021). Esto, aplicado a otras tecnologías, no solamente tiene que ver con su capacidad y costo, también su complejidad va disminuyendo de forma importante y su número de aplicaciones va aumentando de manera exponencial, mucho más, cuando se combinan o interactúan con otras tecnologías.

En este sentido, las tecnologías exponenciales son aquellas que, a través del tiempo, reducen sus costos y su complejidad a medida que aumentan su rendimiento, escalabilidad,

impacto y adopción en diversos campos (López, 2019). Muchos expertos afirman que para que un país avance y pueda resolver muchas de sus problemáticas, es necesario adoptar este tipo de tecnologías en diversos sectores, como el social, el académico, el empresarial, el educativo y el gubernamental (González & Páramo, 2018). La importancia de estas tecnologías está dada por el gran impacto que producen, de forma rápida, en los trabajos y en la formación profesional, por lo que se piensa, de igual forma, que dichos avances van a demandar la mayor cantidad de perfiles profesionales a mediano y largo plazo (Llanga, 2021). La gráfica 17 muestra como ha sido el desarrollo, el punto de inflexión y rendimiento para algunas de las tecnologías exponenciales más sobresalientes:

**Figura 17**

*Desarrollo, punto de inflexión y rendimiento para algunas de las Tecnologías Exponenciales*



*Nota.* Adaptado de Tecnologías exponenciales: el mundo cambia más rápido que nunca, por 10xu.com, 2021, (<https://www.10xu.com/blog/Tecnolog%C3%ADas-exponenciales>).

Dada la importancia de las Tecnologías Exponenciales en la industria, las investigaciones y los avances científicos y tecnológicos, es inevitable que se generen nuevos perfiles profesionales, por lo que es necesario que las personas se formen en los conocimientos relacionados con dichas tecnologías, dando respuesta a las necesidades del mercado laboral y profesional (López, 2019).

Las nuevas propuestas pedagógicas y didácticas en la enseñanza de la tecnología en las escuelas, deben contemplar este crecimiento exponencial en los avances tecnológicos, para no quedarse desactualizadas y responder a las necesidades de formación de los estudiantes, encadenando las tecnologías exponenciales que se vienen trabajando en la cuarta revolución industrial y conectándolas con el pensamiento crítico, la creatividad y la innovación que contribuyen al fortalecimiento del pensamiento científico y tecnológico, propio de la quinta revolución industrial (López, 2020).

Estas tecnologías, también dan lugar a que se hable de “organizaciones exponenciales” que son aquellas cuyo impacto o producción, crece mucho más rápido que las de la competencia, aprovechando el uso de ellas (Salim, 2019); de la misma manera, aparece el término “economía exponencial” para describir aquellas economías basadas en estos mismos avances tecnológicos y que buscan un crecimiento acelerado, reduciendo los costos de producción, el consumo de energía y aumentando la riqueza y el bienestar para todas las personas (Ray, 2022).

Dentro de las más importantes y nuevas Tecnologías Exponenciales podemos encontrar las siguientes:

**Cloud.** Es un medio digital que permite guardar información y ofrecer otros servicios a través de la nube, sin la necesidad de descargar o almacenar archivos en el computador, es decir los documentos, datos, música, videos y demás archivos se encuentran en un servidor y se

sincronizan con todos los dispositivos, como computadores, celulares, *tablets*, etc. Por ejemplo, hoy en día, si se tiene una cuenta de correo, todas tus aplicaciones pueden tener acceso a los archivos y estos, pueden abrirse desde diversas aplicaciones sin necesidad de llevarlas en un disco duro o memoria digital (Sunyaev, 2020).

**Big Data.** Permite analizar grandes volúmenes de datos para extraer información, ya sea a través de redes sociales u otros medios, generalmente, con fines estadísticos, de mercadeo o comportamiento social. Las redes sociales actuales utilizan mucho esta tecnología para medir las tendencias; de igual forma, las tiendas de compras digitales, para promocionar sus productos o las plataformas de *streaming* para recomendar contenidos multimedia. Pero además, esta puede ser usada para la recolección de datos médicos que sirvan como información, para la fabricación de medicamentos o el análisis de datos, para hacer predicciones o mejoras en el desempeño de un deporte determinado (Balusamy, 2021).

**Impresión 3D.** A través de ella, se pueden fabricar objetos tridimensionales físicos, mediante la adición sucesiva de capas de material. Hoy en día, los desarrollos han llevado a fabricar casas, prótesis de extremidades y dentales, refacciones de autos, partes de cohetes y transbordadores, y se investiga para producir órganos para trasplantes en humanos, mediante dicha tecnología, lo cual, podría llevar a la fabricación de órganos con material de células madre del mismo individuo, sin producir ningún rechazo en el paciente intervenido. Otras aplicaciones tienen que ver con la fabricación de fármacos, telas amigables con el medio ambiente y baterías de grafeno para autos eléctricos (Costa, 2019). Mas adelante en este documento, se explicarán en detalle, otras aplicaciones, especialmente su uso llevado a los ambientes de aprendizaje digitales y sus potenciales beneficios en las diferentes áreas del conocimiento, así como la forma en que estas, pueden facilitar algunos procesos en el campo de la educación y la didáctica.

**Internet of Things (IoT).** Con ella podemos comunicar diversos artefactos y dispositivos para ser controlados a través de internet, especialmente, electrodomésticos, juguetes, casas y sus sistemas de calefacción e iluminación, así como dispositivos de medición en deportes, a través de sensores y hasta fábricas completas. De esta forma, es como hoy en día, vemos que algunos electrodomésticos, como lavadoras, neveras, aires acondicionados, televisores inteligentes, luces, cortinas, entre otras, se pueden controlar, programar, monitorear o interconectar con el uso de aplicaciones en el teléfono móvil, computador u otro dispositivo digital, a través de la red de internet, *wifi* o *bluetooth*, dependiendo de la disponibilidad de intercomunicación entre ellos. La mayoría de nosotros ha hecho uso del *Internet of Things*, cuando transmitimos un video o audio de forma inalámbrica, desde nuestro teléfono móvil a un televisor o un dispositivo de sonido, lo cual, ya se constituye en un uso básico de esta tecnología (Kopetz, 2022).

**Energías Renovables.** Por medio de ellas, se busca obtener energía de fuentes naturales, como el sol, el viento o el movimiento del agua, entre otras. Se pretende que sean sostenibles y no afecten el medio ambiente de forma irreversible. Este tipo de energías, prometen ser un gran aliado con la sostenibilidad y disminución del impacto ambiental que han generado los combustibles fósiles y otras que han producido la destrucción de los recursos y el calentamiento global. Las aplicaciones pueden ir, desde las construcciones inteligentes y autónomas, pasando por vehículos, generación eléctrica y captación de energía solar en el espacio (Meraz, 2020).

**Inteligencia Artificial.** Es un campo de la computación y la programación que crea algoritmos capaces de pensar, aprender y tomar decisiones autónomas. Existen diferentes tipos de inteligencia artificial, dentro de las que podemos mencionar los sistemas expertos, las redes neuronales artificiales, el *deep learning*, la robótica inteligente, los agentes inteligentes. Sin embargo, no todas las inteligencias artificiales son buenas para dar una solución determinada,



sino que, previamente, se debe evaluar el presupuesto con el que se cuenta, la potencia de análisis computacional que se requiere y la tarea o solución que se quiere asignar. Todos los artefactos y procesos, como vehículos, ciudades inteligentes, automatización, seguridad, producción, logística, marketing, son susceptibles de ser mejorados basándose en el uso de esta tecnología (Pisano, 2022).

**Ingeniería de Tejidos.** Es una rama de la bioingeniería que permite crear, reparar y reemplazar tejidos con funciones biológicas, mediante la combinación de células, la bioquímica, la biofísica y la ingeniería de materiales. Esta tecnología podría servir para producir ciertos alimentos, como la carne, reemplazar tejidos dañados en personas o animales, producir órganos, como hígados o páncreas artificiales, para sustituir los órganos de personas, así como huesos, cartílagos u otras fibras vivas que sea necesario reponer. Aquí, la impresión 3D, puede llegar a ser un gran aliado en el momento de materializar estos tejidos, ya que puede facilitar su producción y masificación, de acuerdo con las necesidades con la que estos se requieran (Muñoz, 2020).

**Robótica.** La robótica se vale de la mecánica, la electrónica y la programación para producir robots de diversas aplicaciones en campos como, la agricultura, la manufactura, la medicina, la industria militar y la exploración espacial, entre otros. Los robots están diseñados para realizar tareas repetitivas, en las que los humanos pueden correr algún riesgo o fatiga; sin embargo, al combinar la robótica con la inteligencia artificial, es posible producir robots que se adapten a las necesidades o requerimientos de una tarea específica o incluso, resolver problemas basados en información recibida a través de sensores, por lo cual, la unión de estas dos tecnologías, presenta un gran potencial para acelerar el desarrollo científico y tecnológico en un contexto determinado (Mercader, 2017).

**Nanotecnología.** Esta consiste en el uso de partículas de escala nanométrica, es decir, comparable a la escala atómica. Mediante ella, se pueden crear materiales con propiedades únicas que solo poseen dichas partículas, lo cual, permite, por ejemplo, obtener una superficie que pasa de permeable a impermeable, según la necesidad, baterías con mayor durabilidad o nano robots que se introducen en el cuerpo humano para curar enfermedades. La nanotecnología combinada con tecnologías, como la ingeniería de tejidos y la ciencia de materiales, pueden tener una importancia relevante frente al desarrollo de aplicaciones basadas en la mecánica cuántica y el uso de partículas subatómicas descubiertas recientemente (Cuzme, 2022).

**Genómica.** A través de esta, se busca conocer la predisposición genética a los alimentos, las medicinas, las enfermedades y retrasar el envejecimiento, mediante el estudio de la información de un genoma o conjunto completo de ADN, dentro de una célula. Recientemente, mediante, una colaboración mundial científica ha descifrado el total de la secuencia del genoma humano, lo que puede ser de gran utilidad en el estudio de la variabilidad de la especie humana, así como en las mutaciones genéticas que pueden causar enfermedades. Por sus recientes descubrimientos, esta es una tecnología poco explorada aún, pero con un inmenso potencial que, incluso, puede revelar misterios sobre la evolución humana y encontrar métodos para prolongar nuestra vida en el Planeta (Ridley, 2021).

**Realidad Aumentada.** Con el uso de ella se pueden anteponer objetos digitales sobre un entorno real a través de un dispositivo de visualización como un teléfono móvil. Tiene aplicaciones en la educación, la comunicación, la publicidad, los videojuegos, la medicina, entre otras. En el campo educativo, su potencial es inmenso, ya que permite llevar al aula objetos, animales, ambientes o modelos digitales que en la práctica sería muy difícil tener, pero al visualizarlos, nos pueden permitir identificar características particulares, formas, tamaños, etc.,

que logran ayudar a entender conceptos complejos. De la misma manera, esta tecnología ya es utilizada en aplicaciones para la simulación de operaciones quirúrgicas, reparación de electrodomésticos, comunicaciones mediante hologramas, entre otras (Bello, 2019).

**Realidad Virtual.** Consiste en la creación de entornos virtuales que se pueden visualizar a través de gafas especiales que dan la sensación de inmersión dentro de dicho entorno. Tiene diferentes aplicaciones en lo recreativo, los videojuegos, las visitas virtuales a museos o sitios culturales, la medicina, los campus educativos y las compras virtuales. La diferencia con la realidad aumentada es que no se combina el entorno real con los objetos virtuales, sino que, en este caso, los dos se generan de forma digital. La industria de los videojuegos y el entretenimiento, es una de las que más se vale de esta tecnología para desarrollar nuevas aplicaciones y contenidos para sus usuarios, llegando incluso, a crear entornos, mundos y universos completamente digitalizados que tienen potencial uso con otros propósitos, como ambientes virtuales educativos, comerciales o sociales, incorporados en un solo espacio digital, lo que se conoce hoy en día, como el metaverso (Lara, 2019).

**Drones.** Son vehículos aéreos no tripulados, manipulados a control remoto por una persona o un programa de computador. Sus usos van desde el transporte de mercancías, la vigilancia y transmisiones audiovisuales, mediciones ambientales y topográficas, hasta la fumigación de cultivos agrícolas. Estos vehículos pueden tener diferentes formas, tamaños y capacidad de carga, incluso, se han llegado a desarrollar modelos para el transporte de personas o la entrega de paquetes o mercancías a domicilio. Para su funcionamiento, desarrollo y evolución, también entran en juego y se combinan con otras tecnologías, como la inteligencia artificial, la robótica, las ciencias de los materiales y las energías renovables. Hoy en día, encontramos

modelos caseros, de manipulación a control remoto, a bajo costo con fines de entretenimiento, transmisiones audiovisuales o vigilancia (Ayamga, 2021).

**Ciencia de Materiales.** Son tecnologías que, combinadas, producen estructuras de materiales para cambiar sus propiedades. Entre estas, podemos encontrar los nanotubos de carbono, el grafeno, el siliceno, la super madera, materiales autorreparables etc., que pueden tener aplicaciones en la electrónica, la industria automotriz y militar, edificios inteligentes, entre otras. Esta tecnología viene dando pasos gigantes y combinada con otras. como la inteligencia artificial, la robótica y la computación cuántica, promete revolucionar muchos de los artefactos tecnológicos que hoy conocemos, como los teléfonos móviles, los computadores, los televisores inteligentes, así como la industria automotriz, la electrónica, la aeroespacial, la medicina e infinidad de aplicaciones que aún están por descubrirse (Fernández & González, 2022).

**Computación Cuántica.** La computación cuántica trabaja con velocidades 100 millones de veces superiores a la convencional, lo que permite hacer simulaciones y cálculos que tradicionalmente, durarían varios años. Esta tecnología usa bits cuánticos, en cambio de bits, y se utiliza para solucionar problemas complejos de química, medicina y la criptografía. Esta tecnología tiene gran importancia porque acorta los tiempos en análisis de bases de datos, cálculos y simulaciones, de modo que influye directamente en la eficiencia y periodo para el desarrollo de cualquier investigación y desarrollo científico o tecnológico, además, de volver mucho más rápidos y eficientes los artefactos o sistemas en los que esta se utilice (Ruiz, 2019).

**Blockchain.** Sirve para compartir información a través de una red en forma de bloques. La información en este caso está descentralizada, ya que cada miembro de la red posee solo una parte de la información. Se utiliza para hacer seguimiento en recorridos de productos o transferencias bancarias, así como para verificar identidades y soportar el uso de criptomonedas.

Esta tecnología permite ser eficiente y segura en el flujo y uso de la información, así como en los sistemas de encriptación. A diferencia de una base de datos tradicional, aquí, la información no se encuentra en un solo servidor, sino en varios ordenadores alrededor del mundo, lo que la hace descentralizada, aumentando su seguridad y privacidad. La tecnología *Blockchain* empieza a tener gran auge en los últimos años y ha originado una gran revolución en los procesos administrativos, el sector financiero y las operaciones bursátiles (Tapscott, 2019).

**Biología Sintética.** Consiste en crear sistemas biológicos con funciones que no existen en la naturaleza, por ejemplo, para producir organismos programables que permitan guardar información en plantas o animales, crear medicamentos inteligentes o crear materiales biodegradables. Aunque es un campo relativamente nuevo, ya existen algunas aplicaciones como levaduras que producen insulina para las personas o fármacos para el tratamiento del paludismo, así como la adaptación de cultivos en tierras infértiles. Constantemente siguen apareciendo aplicaciones de esta tecnología en la industria farmacéutica y química, en el sector agrícola y en la producción energética (Salguero, 2019). *Ingeniería Genética.* Por medio de ella, se pueden manipular los genes de una persona, animal o planta, de modo que se lleve a crear individuos más resistentes y adaptables; también, se logran producir medicinas más efectivas, órganos, materiales biológicos o incluso energía. Esta tecnología se complementa con la biotecnología, la genómica y otras tantas áreas con el objeto de crear cultivos resistentes a las condiciones climáticas, diagnosticar enfermedades de origen genético mediante la identificación de genes mutantes, así como diseño de medicamentos efectivos contra enfermedades específicas. Día a día, surgen nuevas expectativas para esta tecnología, de modo que sus investigaciones y aplicaciones siguen teniendo gran vigencia a futuro (Capel, 2020).

**Bioelectrónica.** Con ella, se pueden diagnosticar animales, mejorar cultivos, desarrollar medicamentos inteligentes, detectar dopajes o medir la glucosa en la sangre mediante señales eléctricas que son controladas por un chip o circuito integrado, que se implanta bajo la piel o corteza de las plantas. Esta tecnología combina la electrónica y la biología llevadas al campo de la medicina y en la última década, se han tenido grandes avances en el conocimiento sobre señales bioeléctricas, mecanismos de acción y vías de transmisión neuronal, por lo que promete ofrecer opciones terapéuticas para el tratamiento del dolor crónico o neuro estimuladores para controlar enfermedades sin el uso de fármacos. Hoy en día, encontramos algunas aplicaciones más comerciales basadas en esta tecnología, como las pulseras o relojes inteligentes que miden diferentes variables relacionadas con la salud como la oxigenación, la presión arterial, ritmo cardiaco, nivel de glucosa, entre otras (Feron, 2018).

**Fotónica.** A través de ella, se pueden hacer diagnósticos en medicina, medir distancias, realizar comunicaciones satelitales, cortar materiales con láser o controlar vehículos autónomos. Consiste en controlar las partículas de luz o fotones mediante dispositivos que las generan o las detectan. Aunque el estudio del manejo de la luz no es tan reciente, si lo son muchas de sus aplicaciones, ya que se requiere del desarrollo de otras tecnologías como la electrónica, la computación y los materiales, para poder implementar su uso. Gracias a la evolución de esta tecnología, hoy en día contamos con diversos usos comerciales, como medidores laser digitales, corte laser de materiales, internet por fibra óptica, entre muchas otras (Presti, 2020).

**Visible Light Communication.** Su uso permite la comunicación entre dos o más dispositivos mediante señales de luz, transmitiendo la información en lugares remotos o con la utilización de la misma iluminación, en lugares, como restaurantes, oficinas u hoteles. A diferencia de la comunicación por fibra óptica, aquí no se requiere de un conductor de luz, sino

que esta se transmite a través del medio ambiente. Esta tecnología tiene la ventaja de que no utiliza el espectro de las señales electromagnéticas utilizadas en las comunicaciones inalámbricas, como el Wi-Fi; sin embargo, es muy susceptible cuando se interponen objetos entre el emisor y el receptor. Tiene muchas aplicaciones, especialmente en los hogares, para intercomunicar los artefactos y dispositivos electrónicos, conectarse a internet o controlar aplicaciones de domótica (Arnon, 2019).

**Impresión 4D.** Su principio se basa en la impresión 3D, pero añade una propiedad adicional al objeto impreso, como por ejemplo la capacidad de modificar su estructura, su flexibilidad, su forma o su tamaño. Se puede utilizar para fabricar artículos deportivos, joyas, alimentos, dispositivos autorreparables o *soft robots* (robots con estructuras blandas o flexibles). Esta tecnología va muy de la mano con el desarrollo de nuevos materiales, la inteligencia artificial, la robótica y la automatización.

Se trata, no solo de imprimir estructuras físicas, sino también, funciones, es decir, se incorpora un determinado código al material de modo que, al recibir un estímulo específico, el objeto realice la función para la cual fue diseñado y programado. Esta tecnología es bastante nueva, por lo que sus aplicaciones aún se encuentran en etapa de desarrollo, pero podría utilizarse para fabricar tubos que se reparan cuando se rompen, muebles que se arman por sí solos, puentes o refugios que se construyen cuando el clima cause algún daño o ropa y calzado que se modifique de acuerdo con el clima o la actividad que una persona realiza (Somolinos, 2022).

**Brain Computer Interface.** Su funcionamiento se basa en la recepción, análisis e interpretación de ondas cerebrales para controlar objetos mediante el cerebro. Se puede utilizar para controlar vehículos, abrir puertas, autenticar usuarios, etc., mediante nuestros pensamientos.

Esta tecnología se vale mucho de la bioelectrónica para poder captar las señales del cerebro, codificarlas, analizarlas y generar las órdenes al dispositivo que se quiere controlar. Su aplicación más frecuente va dirigida a la rehabilitación y sustitución de la función motora de órganos o prótesis robotizadas para los seres humanos, pero también, hay diversidad de usos en el entretenimiento, la industria militar y la conducción de vehículos autónomos, entre muchas otras (He, 2020).

**Hyperloop.** A través de esta tecnología, es posible transportar personas y mercancías a velocidades cercanas a los mil km/h, por medio de una cápsula que se mueve dentro de un tubo al vacío, con resistencia del aire casi nula. Por ejemplo, una distancia de 200 km, podría recorrerse en tan solo 12 minutos, reduciendo costos y tiempos considerablemente. Aunque esta idea fue propuesta inicialmente por una empresa privada, su diseño ha sido desarrollado en código abierto; esto quiere decir, que cualquier empresa o equipo interdisciplinario puede colaborar y mejorar la propuesta inicial, centrándose en la consecución de los objetivos. A pesar de que aún se encuentra en etapa de desarrollo, se proyecta que, en pocos años, tendremos sistemas de transporte reales basados en ella, con la ventaja de ser amigables con el medio ambiente y que su funcionamiento se basa en el uso de energías renovables (Noland, 2021).

**Simulación Cerebral.** El objetivo de esta, es comprender cómo se genera un pensamiento, una sensación o un recuerdo, mediante la simulación de las funciones del cerebro en un computador. Se podría, por ejemplo, utilizar en un futuro para introducir la comprensión de un idioma en el cerebro de una persona. También podría considerarse su uso para el análisis de los efectos que tienen los fármacos en el cerebro o las consecuencias sufridas por las lesiones cerebrales. Esta tecnología se complementa con la computación cuántica y las interfaces cerebro computador, mencionadas anteriormente. Sus aplicaciones van dirigidas a entender el complejo



funcionamiento del cerebro, así como a identificar enfermedades en el mismo y su posible tratamiento (Einevoll, 2019).

**Neuroimaging.** Es un conjunto de técnicas para tomar imágenes sobre el funcionamiento del cerebro y sistema nervioso, permitiendo conocer su funcionamiento y diagnosticar posibles lesiones cerebrales. En este caso, no se trabaja sobre simulaciones de computadora, sino sobre imágenes reales del cerebro, que pueden ser de orden estructural o funcional, de modo que permite, por un lado, identificar problemas, como tumores o lesiones y, por otro, enfermedades como, el Alzheimer. Esta tecnología va muy de la mano con la construcción de interfaces cerebro-computadora y es la que ha permitido la mayor comprensión sobre la estructura y funcionamiento del cerebro hasta el momento (Poldrack, 2017).

**Criónica.** Con ella se busca preservar tejidos, órganos, plantas, animales y hasta seres humanos a bajas temperaturas, para ser reanimados en el futuro, con el objetivo de prolongar la vida o curar enfermedades sin tratamiento, en la actualidad. Aunque esta tecnología no es aceptada por algunos sectores de la comunidad científica, involucra el uso de diversas disciplinas, como la biología, la física, la nanotecnología, la computación y la neurociencia. Su principio de preservación se basa en la proyección de diversas tecnologías a futuro, con las que se espera que la reparación y regeneración de órganos y tejidos a nivel molecular, sea posible dentro de algunas décadas (Song et al., 2019).

## **2.4. Modelado Digital e Impresión 3D.**

Como se explicó en el apartado de tecnologías exponenciales, el modelado digital e Impresión 3D, hacen parte de ellas y han empezado a tener un desarrollo e impacto importante en muchos campos de la tecnología. Según la Sociedad Americana de Prueba de Materiales (ASTM, 2020), la impresión 3D consiste en un conjunto de tecnologías de fabricación por

adición, en las cuales los objetos tridimensionales son creados a partir de la superposición de capas sucesivas con aporte del material seleccionado. Sus aplicaciones van desde fabricar casas, prótesis de extremidades y dentales, refacciones de autos, partes de cohetes y transbordadores, hasta la producción de órganos para trasplantes en humanos, que permite la fabricación de órganos con material de células madre del mismo individuo, sin que se produzca ningún rechazo en el paciente intervenido (en etapa de investigación y desarrollo). Otros usos se relacionan con la fabricación de fármacos, telas biodegradables y baterías de grafeno y otros materiales para la producción de autos eléctricos (Costa, 2019). La figura 18 muestra algunas de las aplicaciones de esta tecnología emergente.

**Figura 18**  
*Algunas aplicaciones de la Impresión 3D*



*Nota:* Adaptado de [amputee-coalition.org](https://www.amputee-coalition.org/spanish-3d-printed-prosthetics/), por *Amputee Coalition*, 2019, (<https://www.amputee-coalition.org/spanish-3d-printed-prosthetics/>).

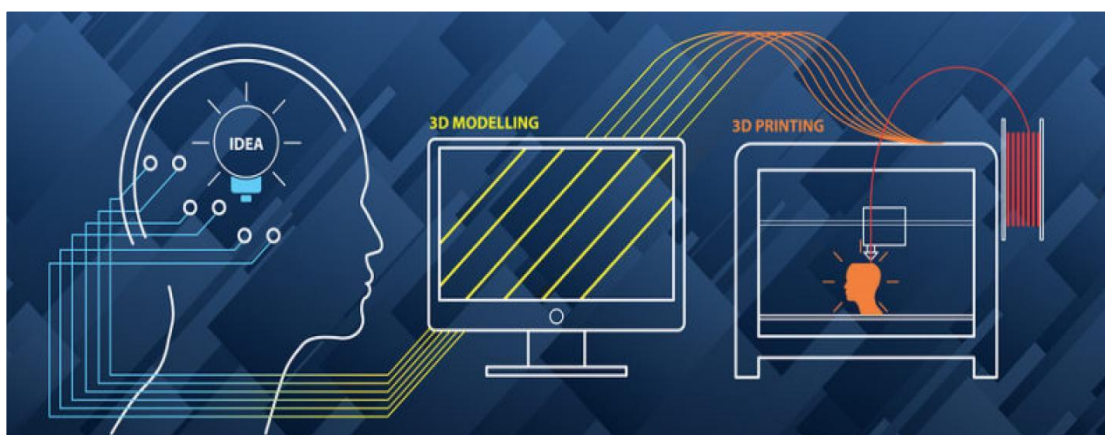
El modelado digital es el paso previo a la impresión 3D, para obtener un modelo digital de un objeto real. Según los estándares nacionales para el diseño asistido por computador de los Estados Unidos (NCS, 2018), el modelado digital consiste en el proceso de desarrollo de una

representación matemática de cualquier objeto tridimensional (ya sea inanimado o con movimiento), a través de un software especializado, a cuyo producto se le llama modelo 3D.

La unión de estos dos procesos son los que tienen importancia en el desarrollo de pensamientos, ideas y conocimientos, cuando se combinan en la solución de problemas relacionados con lo tecnológico. El proceso completo implica varias fases: se inicia con un boceto o croquis del diseño de una idea, se modela y diseña el objeto o idea 3D, mediante software especializado, a continuación se realiza la laminación del archivo con programas de preimpresión y se concluye con la impresión del objeto tridimensional (Herrera, 2020). La figura 19 esquematiza el proceso completo de Modelado Digital e Impresión 3D.

**Figura 19**

*Proceso completo de modelado digital e impresión 3D*



*Nota.* Adaptado de LIV 3D Up, 2021, (<https://liv3dup.com/technologies/>).

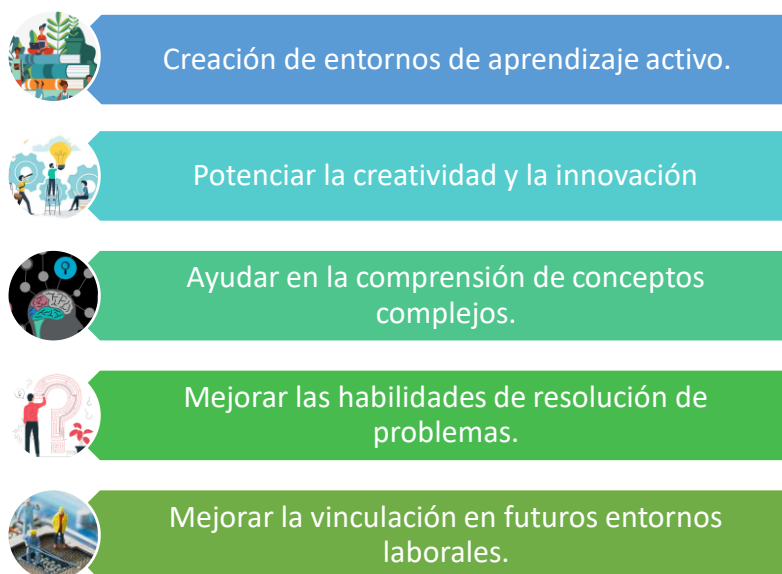
#### ***2.4.1 Modelado Digital e Impresión 3D como Recurso Pedagógico***

En el campo educativo el uso de tecnologías exponenciales, como el modelado digital e impresión 3D, han empezado a tener importancia, ya que producen más participación de los estudiantes en el aula, puesto que modifican los aprendizajes en experiencias diferentes e

interesantes, además de divertidas y, sobre todo, tangibles. Las impresoras 3D, se convierten en recursos que generan conexión con los estudiantes de hoy (nativos digitales), captando su interés (Benavente, 2019).

El hecho de que su uso en una clase sea práctico, con resultados reales y rápidos, consigue que los estudiantes se apropien y se mantengan atentos a las explicaciones del docente para lograr realizar sus propios diseños. Es común que los centros educativos las usen como medio de trabajo en equipo, con grupos que experimenten con los equipos de impresión, para realizar una clase experiencial en la que los estudiantes puedan construir y aportar sus ideas propias. Las materias en las que se suelen usar son las del área de matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería, en las que se trabaja con conceptos abstractos y términos complejos, pero que se hacen más comprensibles si se logra una aplicación real que facilite asimilar estos conocimientos (Saorín et al., 2019).

El uso de estas tecnologías en los ambientes de aprendizaje digitales, puede facilitar el aprendizaje y favorecer aspectos, como la creatividad, la resolución de problemas y la vinculación con futuros entornos laborales (Gove, 2019). La figura 20 muestra las aplicaciones más comunes de estas tecnologías en la educación:

**Figura 20***Aplicaciones del Modelado Digital e Impresión 3D en la Educación*

La inclusión del modelado digital y la impresión 3D, ha sido beneficiosa en el sector de la educación, ya que, además de que puede incentivar la habilidad de innovar y ser creativo, permite crear medios interactivos de enseñanza. De esta forma, vemos cómo estas tecnologías aplicadas en la educación, puede convertirse en una herramienta a la hora de fortalecer y desarrollar las capacidades, habilidades y competencias mencionadas anteriormente, y que hacen parte de lo que en el presente se les exige a los individuos para poder adaptarse más rápidamente a las necesidades y condiciones del mundo actual a corto y mediano plazo.

La implementación del modelado digital e impresión 3D, como tecnología exponencial en la educación, es uno de los retos que surgen y ha tenido auge, pero no se han podido definir claramente, cuáles son los propósitos del uso de esta, en los ambientes escolares y cómo podría aportar en la construcción de ciertos aprendizajes y el fortalecimiento de capacidades, habilidades y destrezas que les permitan a los estudiantes estar mejor preparados para las condiciones y necesidades de la sociedad y la humanidad en el futuro (Costa, 2019).

Los beneficios del modelado digital y la impresión 3D, al ser llevados a los ambientes de aprendizaje digitales, muestran una estrecha relación con las acciones que se llevan a cabo al poner en práctica la ejecución del pensamiento tecnológico para la solución de problemas de esta naturaleza, lo cual, puede favorecer el avance de esta estructura de pensamiento en los estudiantes que las utilizan en el desarrollo de sus actividades académicas (Fernández, 2020).

Las diversas experiencias en los entornos de aprendizaje, han demostrado que el uso de esta tecnología puede tener algunos beneficios que se pueden aprovechar para fortalecer las estructuras de pensamiento, como el tecnológico en los estudiantes. A continuación en la Figura 21, se muestran algunos de los principales beneficios que se han podido identificar, llevando el modelado digital y la impresión 3D al contexto educativo que, además, se relacionan directamente con el pensamiento tecnológico:

### Figura 21

*Beneficios del modelado digital e impresión 3D llevado al trabajo en ambientes de aprendizaje*



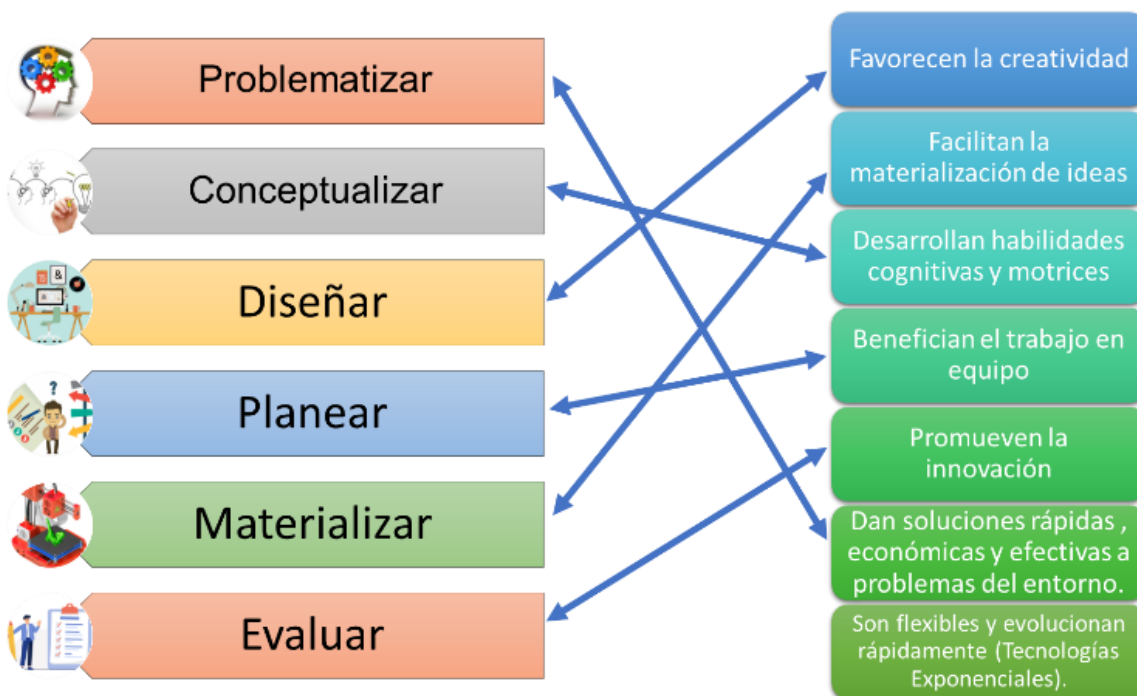
- ✓ Favorecen la creatividad
- ✓ Facilitan la materialización de ideas
- ✓ Desarrollan habilidades cognitivas y motrices
- ✓ Benefician el trabajo en equipo
- ✓ Promueven la innovación
- ✓ Dan soluciones rápidas, económicas y efectivas a problemas del entorno.
- ✓ Permiten flexibilidad y evolucionan rápidamente

### 2.4.2 Relación del Modelado Digital e Impresión 3D con el Pensamiento Tecnológico

Al realizar una comparación entre las etapas de las acciones del pensamiento tecnológico que se describen en ese apartado y que se refieren a problematizar, conceptualizar, diseñar, planear, materializar y evaluar, con los beneficios que se han encontrado en el uso de tecnologías como el modelado digital e impresión 3D, en los ambientes de aprendizaje, hallamos varias coincidencias y similitudes que pueden llegar a fortalecer esta forma de pensar en los estudiantes, facilitando su desarrollo y conocimientos. Aquí, es importante ver que el modelado digital favorece las etapas de problematización, conceptualización y diseño, mientras que la impresión 3D, es clave en la materialización y evaluación del proceso. En la figura 22, podemos ver cómo se logran correlacionar dichas etapas de pensamiento tecnológico con los beneficios que ofrecen estas tecnologías exponenciales.

**Figura 22**

*Relación entre Pensamiento Tecnológico y Modelado Digital e Impresión 3D*



## Capítulo III

### Diseño Metodológico

#### 3.1. Metodología

Este estudio se desarrolló desde la perspectiva metodológica del paradigma mixto (Creswell, 2021), pues se consideró al pensamiento tecnológico como forma de pensar y al modelado digital e impresión 3D, como tecnología exponencial, los dos aspectos más importantes a abordar desde un planteamiento abierto, el primero, con características que permiten entenderlo más desde lo cualitativo y el segundo, más desde lo cuantitativo, permitiendo entender el fenómeno de cómo la propuesta pedagógica del estudio puede hacer un trabajo en el desarrollo de esta forma de pensar, logrando explorar, describir y comprender las relaciones de estas dos grandes categorías, con el aprendizaje de los estudiantes.

La complejidad del pensamiento tecnológico necesita de las interpretaciones hermenéuticas para comprender su estructura teórica y, a la vez, son necesarias parametrizaciones cuantitativas a la hora de realizar la implementación con los estudiantes, con pruebas de entrada y salida medibles a través de instrumentos que permitan hacer comparaciones y determinar mediciones estadísticas.

Desde esta perspectiva, fue posible investigar a profundidad los datos e información recopilada y analizada, porque esto permitió darle al trabajo de tesis doctoral una riqueza interpretativa, contextualizada desde los ambientes de aprendizaje digitales, en los que se realiza la investigación y a partir de allí, contribuir significativamente con la propuesta pedagógica, aportando al conocimiento del pensamiento tecnológico, trabajado desde los estudios relacionados con la integración de tecnologías exponenciales para la educación.



El diseño metodológico que se utilizó en la investigación es mixto, con preponderancia cualitativa dominante (Hong & Pluye, 2019), en el que es posible mostrar que el pensamiento tecnológico puede verse desde la complejidad de las estructuras de pensamiento, incluyendo aspectos pedagógicos propios de las investigaciones en educación, así como elementos desde la tecnología y la didáctica enfocados en la utilización de las tecnologías exponenciales, por un lado, de forma objetiva, con la integración del modelado digital e impresión 3D y desde otro punto de vista, subjetiva, con los procesos de aprendizaje.

Esta ruta lleva a mencionar que el desarrollo del diseño metodológico se produjo de forma secuencial explicativa (Froehlich, 2020), con la que se profundizó inicialmente en los datos concernientes a las posturas epistemológicas del pensamiento tecnológico, desde lo técnico y pedagógico; adicionalmente, se obtuvieron datos de las tendencias que tiene el uso de las tecnologías exponenciales en los procesos de aprendizaje. La propuesta incluyó los contextos de trabajo en ambientes digitales de aprendizaje, personas versadas en el tema de las estructuras de pensamiento, expertos académicos e investigadores del uso de las tecnologías exponenciales en la educación.

Para verificar la credibilidad del proceso de investigación, se tomaron como base los planteamientos de Bryman; allí, se trabajaron los criterios de calidad en los métodos mixtos, lo que se justifica debido a que estos permitieron mejorar o aprovechar los hallazgos cualitativos, con resultados cuantitativos y viceversa, buscando una comprensión completa del fenómeno o para desarrollar y probar instrumentos (Clark, 2021).

Fue importante conocer los aspectos cuantitativos desde el pensamiento tecnológico, así como los cuantitativos de las tecnologías exponenciales en el aprendizaje. Esto, hizo posible

enfocar la investigación en dos puntos de vista, por un lado, lo objetivo, orientado a lo tecnológico y por otro, lo subjetivo, observado desde lo didáctico, curricular y pedagógico.

Criterios como la diversidad de la información, la confianza en los datos cualitativos y cuantitativos, la validación de expertos y la implementación con la población determinada previamente, permitieron hacer estudios de triangulación y análisis comparativos que dan confiabilidad a la investigación.

Otro criterio de calidad importante, tiene que ver con la divulgación científica en seminarios, congresos, coloquios y publicaciones que someten la investigación al juicio de expertos y personas reconocidas en el campo investigado. La figura 23 resume la metodología de este estudio, desde el paradigma en el que se ubica la investigación, pasando por el diseño metodológico, la ruta de ejecución y los criterios de validez para evaluar la calidad de las variables e información dentro de la investigación.

**Figura 23**  
*Metodología*



### 3.2. Población y Muestra

En esta investigación se contó con la participación de personas que desempeñaron diferentes roles y se tomó una muestra representativa de cada uno de ellos, con el fin de dar

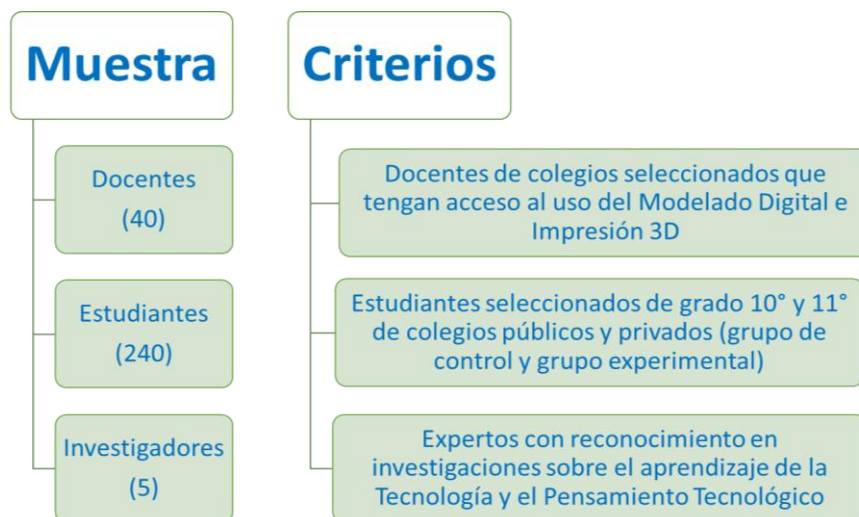
confiabilidad a esta (Creswell, 2021). Entre los partícipes, se destacaron principalmente, los estudiantes de educación media en el área de tecnología e informática y algunos maestros de instituciones educativas distritales públicas y privadas, así como de otras regiones del país, investigadores y académicos que trabajan sobre el pensamiento tecnológico y el uso de tecnologías exponenciales en la educación a nivel nacional e internacional.

Los expertos y docentes, aportaron su experiencia y conocimientos en la construcción de la propuesta pedagógica, desde diferentes perspectivas, dada la diversidad de sus contribuciones, unos, en la construcción conceptual de la propuesta y otros, en la implementación de esta.

Por otra parte, los estudiantes fueron el principal recurso humano, pues, permitieron poner en ejecución la propuesta y dieron cuenta de los aprendizajes a través del desarrollo de las actividades que contemplaron en el diseño inicial de esta, y contribuyeron, desde su puesta en práctica, con elementos que enriquecieron el estudio desde lo didáctico y procedimental.

Aunque la investigación se centró en el aprendizaje de los estudiantes, es importante tener en cuenta el rol desempeñado por el docente como guía o facilitador, especialmente en la etapa de implementación de la propuesta desarrollada, en la que, desde su experiencia, dio aportes significativos al diseño de la misma y sus apreciaciones respecto a cómo los estudiantes pueden fortalecer el pensamiento tecnológico y de qué forma se puede mejorar dicha propuesta, de modo que se faciliten los aprendizajes en ese sentido. A continuación, se visualiza una tabla donde se relaciona el rol, la población y la muestra a utilizada en la investigación.

**Figura 24**  
*Población, Muestra y criterios de Selección*



Los criterios de selección para escoger la muestra de la investigación se centralizaron, como se manifiesta en los objetivos, en los estudiantes de educación media de colegios públicos y privados de la ciudad de Bogotá y otras regiones del país, donde en cada uno de ellos, se cuenta con el área obligatoria de tecnología e informática, dentro del currículo formal.

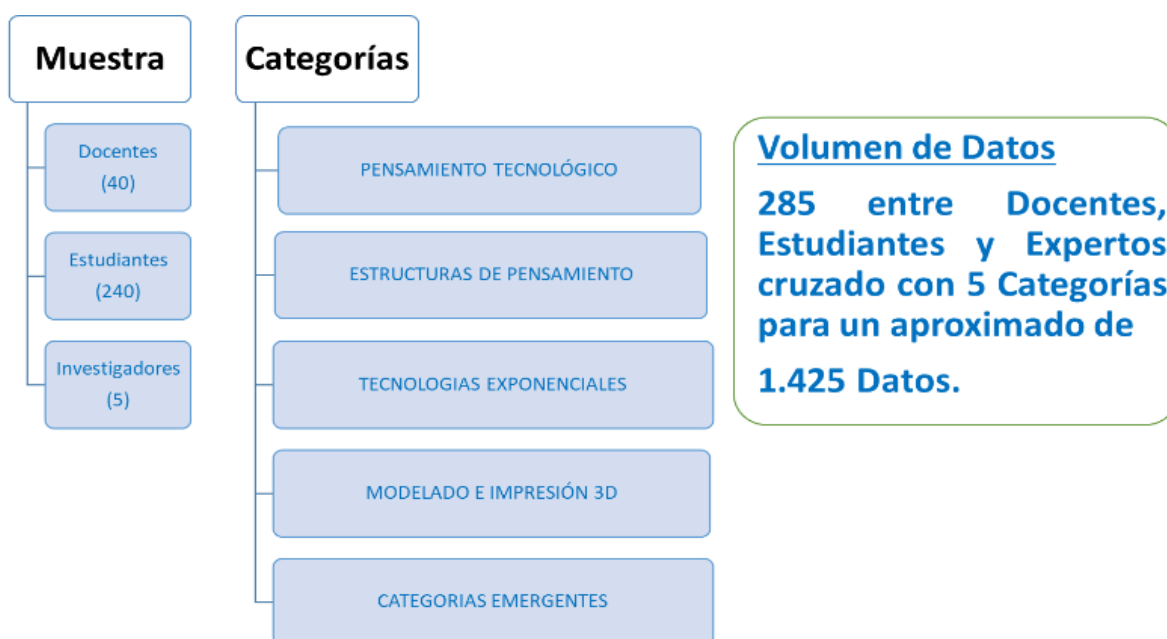
En el caso de la ciudad de Bogotá, son más de 400 instituciones educativas distritales públicas; para esto, se usó un cálculo del tamaño de la muestra, conociendo el tamaño de la población (Ramirez, 2020), de la que se abordaron a 40 maestros de esta área. Se tomaron como referentes cinco investigadores destacados frente a Colciencias, en los temas de pensamiento tecnológico y tecnologías exponenciales para el aprendizaje. Finalmente, con 60 estudiantes de cada una de las instituciones educativa distritales de la ciudad de Bogotá y otras regiones del país, para un total de 240 estudiantes.

### 3.3. Volumen de Datos

Dentro de la investigación, se pretende recolectar una cantidad de datos que permitan dar confiabilidad y diversidad en la información (Clark, 2021); de esta manera, al realizar el cruce

entre las categorías de análisis del estudio y la cantidad de individuos, se obtiene un volumen de datos aproximado de 1425 registros que, al ser analizados, darán solidez y confianza en los resultados, obteniendo, de esta forma, conclusiones que dan validez a las observaciones. A continuación, se resume el cruce de variables y la cantidad de registros que se espera recolectar.

**Figura 25**  
*Volumen de Datos*



### 3.4. Matriz de Desarrollo Metodológico

Esta matriz, es una herramienta valiosa a la hora de seguir la ruta de ejecución de la investigación y permite tener un panorama claro y preciso que encadena la pregunta de investigación, el objetivo general y los objetivos específicos, las categorías de análisis, las técnicas, los instrumentos y la población a quienes se aplican. A continuación, en la tabla 1 se muestra, de manera general, la ruta metodológica que se siguió en la investigación, mediante esta matriz de desarrollo:

**Tabla 1**  
*Matriz de desarrollo metodológico*

| Pregunta Rectora                                                                                                                                                                                               | Objetivo General                                                                                                                                                                                         | Objetivos específicos                                                                                                                                                                            | Categorías de Análisis                                                                                                  | Técnicas                                              | Instrumentos                         | A quien aplica                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| ¿Cómo fundamentar una propuesta pedagógica que conduzca al desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes de educación media, con la integración de tecnologías de modelado digital e impresión 3D? | Fundamentar una propuesta pedagógica que conduzca al desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes de educación media, con la integración de tecnologías de modelado digital e impresión 3D. | 1. Describir los elementos de la educación 5.0 que contribuyen al desarrollo del pensamiento tecnológico.                                                                                        | 1. Estructuras de Pensamiento<br>2. Pensamiento Tecnológico<br>3. Tecnologías Exponenciales<br>4. Categorías Emergentes | Análisis Documental mediante Matriz de Información    |                                      | Documentos                    |
|                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                          | 2. Estructurar una propuesta pedagógica que encamine al estudiante en el desarrollo del pensamiento tecnológico, con la integración de modelado digital e impresión 3D.                          | 1. Estructuras de pensamiento<br>2. Pensamiento Tecnológico<br>3. Tecnologías Exponenciales<br>4. Categorías Emergentes | Análisis Categorical mediante Estadística Descriptiva | Entrevista Semi-Estructurada         | Docentes Expertos Estudiantes |
|                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                          | 3. Implementar la propuesta pedagógica elaborada con el fin de conducir al estudiante de educación media en el desarrollo del pensamiento tecnológico.                                           | 1. Pensamiento Tecnológico<br>2. Modelado e Impresión 3D<br>3. Tecnologías Exponenciales<br>4. Categorías Emergentes    | Análisis Cuantitativo Estadístico                     | Bitácora de Observación Cuantitativa | Docentes Expertos Estudiantes |
|                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                          | 4. Determinar elementos teórico-prácticos que relacionen la incidencia de la propuesta pedagógica ejecutada con el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes de educación media. | 1. Pensamiento Tecnológico<br>2. Modelado e Impresión 3D<br>3. Categorías Emergentes                                    | Análisis Cuantitativo Estadístico y triangulación     | Cuestionario Cerrado                 | Docentes Expertos Estudiantes |

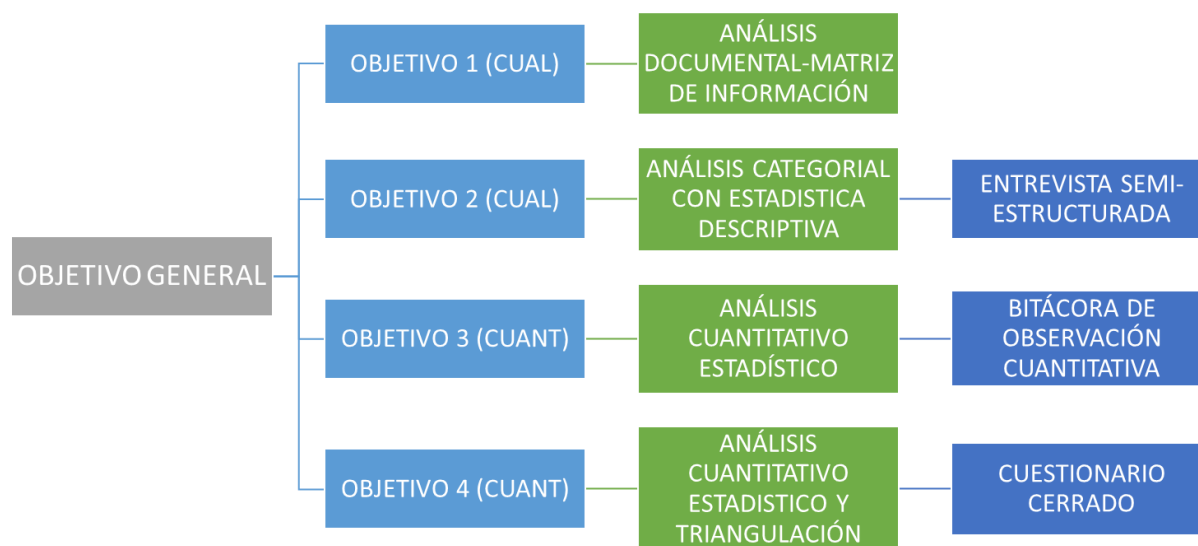
Es clave tener integrados los diversos componentes del estudio que se está realizando, en los que se busque información sobre cómo se integraron las fases cualitativas y cuantitativas, los resultados y los datos (Pluye, 2019), al interpretar información relevante y multidimensional, que incluya la diversidad de observaciones relacionadas con las bondades didácticas del uso del modelado digital y la impresión 3D, para fortalecer el pensamiento tecnológico, así como sus aportes para la formación en el área de tecnología e informática en la educación media. Esta investigación, al ser trabajada desde un paradigma mixto, logró tener diversidad de información para poder identificar un panorama completo e integral de las implicaciones del aprendizaje, desde las estructuras de pensamiento vs las tecnologías exponenciales.

### 3.5. Abordaje de Objetivos, Técnicas e Instrumentos

Como se mostró en la anterior matriz de desarrollo metodológico, cada uno de los objetivos del estudio se abordaron desde las categorías de análisis, con diferentes técnicas e instrumentos que permitieron recolectar, organizar y analizar la información que daría cuenta de lo planteado en las diferentes fases metodológicas de la investigación. A continuación, se muestra en la figura 26, el esquema en que se abordó, de manera general, cada uno de ellos, teniendo en cuenta que los dos primeros son de carácter cualitativo y los dos últimos, de orden cuantitativo.

**Figura 26**

*Esquema General del Abordaje de los Objetivos*



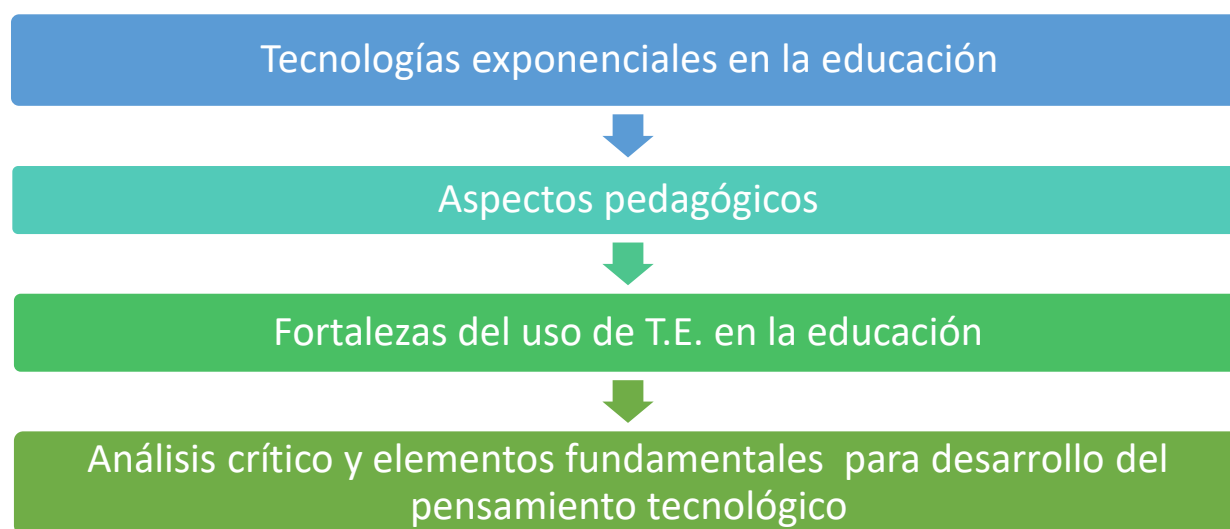
#### 3.5.1 Aspectos de Análisis del Objetivo Número Uno

En lo particular, el primer objetivo de la investigación, se desarrolló a partir de un análisis documental, mediante una matriz de información en la que se pudieron establecer cuáles son las tecnologías exponenciales que vienen tomando importancia en la educación (Cabero, 2019), sus aspectos pedagógicos, las fortalezas que estas pueden tener en su uso educativo y un

análisis crítico frente a cómo algunas de ellas, esencialmente el modelado digital e impresión 3D, pueden contribuir al desarrollo de las estructuras de pensamiento, particularmente la que tiene que ver con el pensamiento tecnológico. En el esquema de la figura 27, se muestran los aspectos fundamentales del análisis en el desarrollo de este objetivo de la investigación.

**Figura 27**

*Aspectos Fundamentales del Análisis en el Primer Objetivo*



### 3.5.2 Aspectos de Análisis del Objetivo Número Dos

El segundo objetivo de la investigación, se abordó a través de un análisis categorial, mediante una entrevista semi- estructurada que se aplicó a docentes y expertos del área de educación en tecnología, particularmente a quienes pudieran tener acceso al uso de tecnologías, como el modelado digital e impresión 3D, en las instituciones educativas.

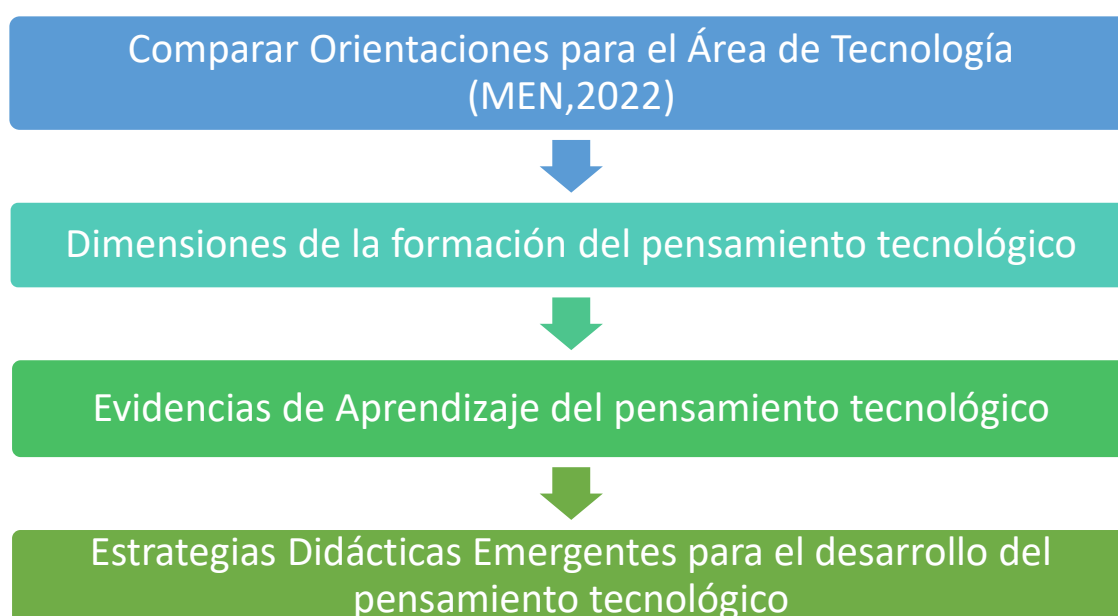
Para el diseño de esta entrevista, se tuvo como insumo los resultados del análisis documental, los aportes de los estudiantes en un ejercicio experiencial y las orientaciones curriculares para el área de tecnología e informática, publicadas por del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2022), en las que se proponen aspectos importantes, como las dimensiones de la



formación en tecnología, las evidencias de aprendizaje en la educación en tecnología y las estrategias didácticas emergentes para el aprendizaje de la tecnología. De este análisis, surgió la propuesta pedagógica que fue implementada y validada en los siguientes pasos de la ruta metodológica. A continuación, se muestra el esquema de la figura 28, con los aspectos de análisis más importantes, planteados en el abordaje del segundo objetivo de este estudio.

**Figura 28**

*Aspectos Fundamentales del Análisis en el Segundo Objetivo*



### 3.5.3 Aspectos de Análisis del Objetivo Número Tres

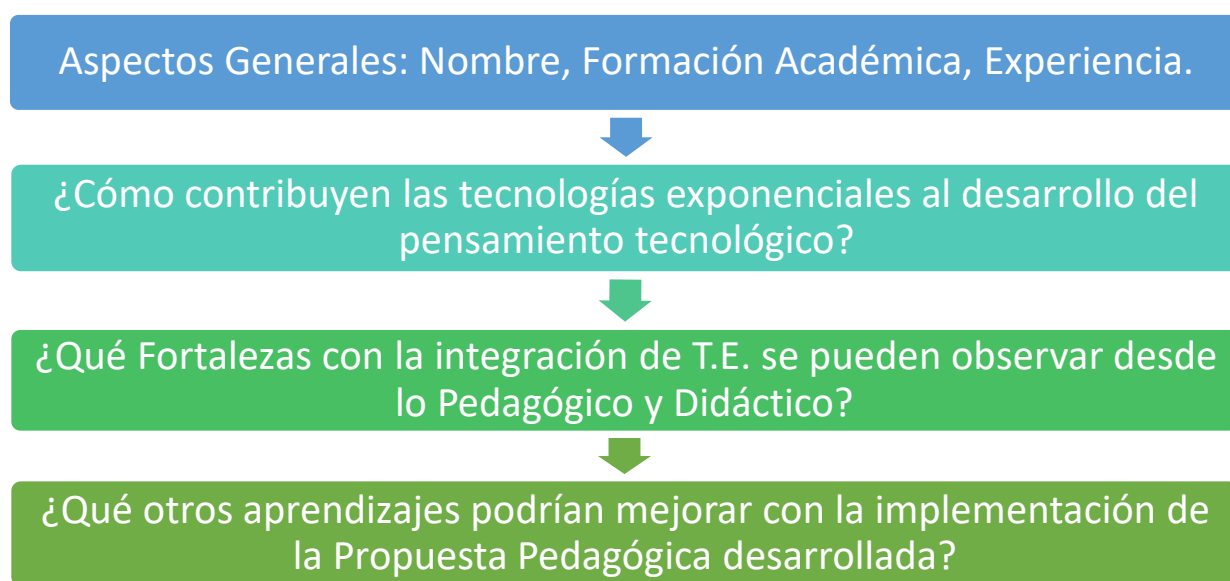
En lo relacionado con el tercer objetivo de esta investigación, se utilizó un instrumento para hacer una observación cuantitativa de la implementación de la propuesta pedagógica que permitiera desarrollar el pensamiento tecnológico en los estudiantes de la educación media, la cual, fue estructurada, previamente, en el segundo objetivo.

Dicho instrumento es una bitácora de observación cuantitativa (Molano, 2022), mediante la cual, se pudieron evidenciar los procesos desarrollados durante la implementación de la

propuesta, analizando aspectos tales como, el abordaje del pensamiento tecnológico desde el uso de las tecnologías exponenciales, las fortalezas que se pueden encontrar con la integración de estas tecnologías, desde lo pedagógico y didáctico, así como otros aprendizajes que se pueden mejorar con el desarrollo de la propuesta pedagógica implementada. En la figura 29, se muestran algunos de estos aspectos de forma general.

**Figura 29**

*Aspectos Fundamentales del Análisis en el Tercer Objetivo*



#### **3.5.4 Aspectos de Análisis del Objetivo Número Cuatro**

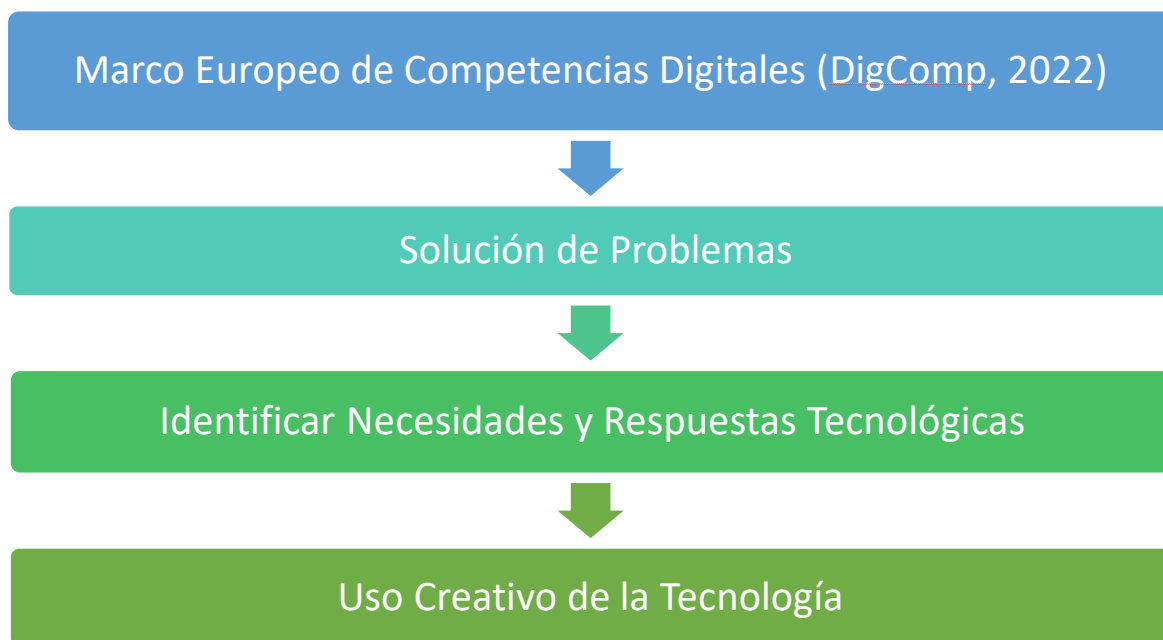
Para el cuarto y último objetivo de esta investigación, que consistió en determinar los elementos teórico-prácticos que aportó la propuesta pedagógica al desarrollo del pensamiento tecnológico, se llevó a cabo un análisis estadístico y triangulación, con el que se pudo dar validez a la propuesta implementada en el tercer objetivo. Para esto, se utilizó un cuestionario cerrado en el que se recolectó información que permitió evaluar si los estudiantes, realmente, han mejorado su aprendizaje, mediante el análisis y comparación de evidencias que dieron cuenta de aspectos del pensamiento tecnológico que toman relevancia, permitiendo adquirir competencias digitales

que dan a los estudiantes la posibilidad de solucionar problemas de índole tecnológico, identificar necesidades y respuestas, así como hacer un uso creativo de la tecnología en diferentes contextos.

El diseño de este instrumento tomó como insumo, el Marco Europeo de Competencias Digitales (DigComp, 2022), que se ha venido implementando en los países de la Unión Europea como referente en lo relacionado a las competencias digitales y tecnológicas de los estudiantes en la educación media. El esquema de la gráfica 30, muestra los aspectos para tener en cuenta en el diseño y análisis de la información, mediante el instrumento planteado para este objetivo.

**Figura 30**

*Aspectos Fundamentales del Análisis en el Tercer Objetivo*



### 3.6. Consideraciones Éticas, Protocolo Habeas Data, Validación e Integridad Científica

En este apartado se describen los aspectos relacionados con los aspectos éticos, manejo de la información, validación de instrumentos y prácticas científicas responsables en el desarrollo de la investigación. En este proceso fue importante el apoyo del Comité de Ética,

Bioética e Integridad Científica de la Universidad Santo Tomás de Colombia (CEBIC), el cual establece los lineamientos para garantizar el cumplimiento de los protocolos científicos internacionales, así como las demás normas y códigos aplicables según la legislación nacional vigente. A continuación se detallan cada uno de los aspectos mencionados anteriormente.

### ***3.6.1 Consideraciones Éticas***

De acuerdo con lo que se establece en el artículo 11 de la Resolución Número 8430 (1993), en la práctica de la investigación con seres humanos, se deben evitar al máximo los riesgos sobre los participantes. Por tanto, la investigación titulada “Desarrollo del Pensamiento Tecnológico en Estudiantes de Educación Media con la integración de Modelado Digital e Impresión 3D” representó bajo riesgo para ellos. Las situaciones de riesgo y el manejo de estas están relacionados en la tabla 2.

De igual manera esta investigación se realizó conforme a lo establecido en los artículos quinto y octavo de la mencionada resolución, referidos a la protección de la dignidad y a la privacidad de los participantes, salvo en casos en los que se encuentre expresamente autorizado por el sujeto.

Del mismo modo, atendiendo las orientaciones de la Política de Ética, Bioética e Integridad Científica (2017) se consideró para esta investigación además del trato humano, la integridad científica dando uso y manejo adecuado a la información contenida en cada una de las fases de la investigación, en concordancia a lo establecido por el Comité de Ética Institucional de Investigación, USTA (2020).

Por principio ético, todo proceso investigativo debe garantizar el respeto y la integridad de los participantes y sus contextos, ahora bien, puesto que la presente investigación se vio

nutrida por el diálogo con docentes y estudiantes de educación media de Bogotá y otras regiones, fue necesaria y pertinente la reflexión sobre la correcta manera de proceder en su desarrollo sin vulnerar a los actores.

El interés de los instrumentos destinados para aplicación con personas se centró particularmente en conocer las perspectivas de los expertos, docentes y estudiantes frente a una propuesta pedagógica diseñada para abordar el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes, lo anterior con el fin de obtener una visión contextualizada y amplia en relación con el método investigativo escogido que procura la participación de los sujetos investigados.

Finalmente, se precisa hacer mención en que, los principios que orientaron el ejercicio investigativo fueron el respeto por las personas, su autonomía, la escucha activa, la búsqueda de un bien común, la confianza y la integridad científica. Sin embargo, es posible que en el desarrollo de ésta se hayan tenido que resolver dilemas éticos, entre los que se previeron:

**Tabla 2**

*Manejo del riesgo dentro de la investigación*

| <b>1 Participantes</b>                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Situación</b>                                                                                                                                                                                    | <b>Solución</b>                                                                                                                                                              |
| Que las instituciones y participantes se sientan instrumentalizados a través de los instrumentos aplicados por el investigador.                                                                     | Se socializaron oportunamente los objetivos de la investigación, el uso de la información y el impacto que puede tener la investigación con su contribución.                 |
| Que se tome tiempo de la jornada escolar que afecte el normal curso del horario de clase.                                                                                                           | El investigador se adaptó al horario y momento establecido por cada una de las instituciones, para no generar modificaciones a su cotidianidad en la medida de lo posible.   |
| Que el estudiante piense que la participación en la investigación le traerá beneficios individuales en alguna de las áreas orientadas en la sección de educación media de la institución educativa. | Al inicio del proceso se aclaró que la investigación no hace parte del sistema de evaluación de las instituciones participantes y no lo modifica o afecta en ningún sentido. |

| <b>Investigador</b>                       |                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Situación</b>                          | <b>Solución</b>                                                                                                                                                                                                  |
| Sesgos en la investigación.               | Se mantuvo una postura crítica basada en la atenta observación frente al manejo de la información, poniendo siempre de antemano la postura de los participantes.                                                 |
| Integridad científica de la investigación | Se hizo un correcto uso de la información recolectada siendo siempre fiel a la verdad y rigurosidad que requiere el ejercicio investigativo, particularmente frente al uso de derechos de autor.                 |
| Devolución de resultados                  | Se comunicó oportunamente a los participantes de manera ordenada y precisa los resultados y conclusiones de la investigación, principalmente con el fin de retribuir éstos para el mejoramiento de la educación. |

Dado que la investigación se basó en información proporcionada por docentes y estudiantes de educación media de Bogotá y otras regiones, fue necesario obtener su consentimiento antes de realizar el trabajo de campo. De acuerdo con la Resolución Número 8430 (1993), se redactaron un consentimiento y un asentimiento informados que delinearon los objetivos, procedimientos, riesgos y beneficios del proceso de investigación, así como las responsabilidades y compromisos tanto de los sujetos participantes como de los investigadores, estos formatos se pueden consultar en el anexo A de este documento.

Con su firma en este formato, los participantes tuvieron conocimiento del propósito de la investigación y consintieron libremente su participación. Para tal fin, el investigador visitó y entabló comunicación con las instituciones educativas objetivo, para hablar con las partes interesadas, presentar la propuesta de investigación, demostrar cómo beneficiaría a la comunidad educativa, generar confianza en el procedimiento y responder cualquier pregunta que pudo haber surgido.

En cuanto a la gestión de la confidencialidad y privacidad de los participantes (instituciones educativas, docentes y estudiantes), se propuso el siguiente protocolo:

1. La recopilación de datos para la investigación se llevó a cabo sin el uso de información de identificación personal; en su lugar, se utilizaron códigos.
2. La información proporcionada por los participantes (cuestionarios, documentos o grabaciones de entrevistas) se conservó en posesión del investigador dentro de una carpeta digital personal. Además, se garantizó que esta información no será compartida con terceros.
3. Una vez tratados los datos, ya no fue necesario conservarlos en su forma original, por lo que fueron eliminados.

### ***3.6.2 Protocolo Habeas Data***

El propósito de este protocolo fue establecer los criterios para la recolección y uso de datos personales con fines científicos en el contexto del desarrollo de la investigación por parte del responsable de esta. Dicho protocolo se estableció atendiendo al marco jurídico que lo soporta que es la ley 1581 de 2012 y sus decretos reglamentarios, por lo cual es de obligatorio y estricto cumplimiento por el investigador, mediante su identificación con cédula de ciudadanía, lugar de trabajo y entidad a la cual pertenece, permitiendo la comunicación mediante el número de celular y email personales. Dicho formato se encuentra en el anexo A de este documento.

El tratamiento que realizó el investigador, en la recolección, almacenamiento y uso de la información tuvo como propósito, participar en el proceso de investigación doctoral en calidad de informante o participante, en la medida que la investigación correspondió al método mixto, con diseño paralelo convergente, para lo cual se planteó el objetivo general, que se desglosó en

cuatro objetivos específicos. Sin embargo, su participación correspondió al alcance de los tres últimos, ya que el primero solo se basó en la revisión documental.

En cuanto a los derechos de los titulares se hizo claridad que como titular de los datos personales se tiene derecho a acceder a los datos proporcionados que hayan sido objeto de tratamiento, conocer, actualizar y rectificar la información, solicitar prueba de la autorización otorgada, revocar la autorización y/o solicitar la supresión y abstenerse de responder las preguntas sobre datos sensibles.

Este protocolo se elaboró teniendo en cuenta los términos señalados por la Ley 1581 de 2012 y las demás normas que la reglamentan o complementan. En este sentido el investigador se comprometió a cumplir con las disposiciones que allí se establecen para el desarrollo de la propuesta de investigación.

### ***3.6.3 Protocolo Manejo de Datos y Confidencialidad***

Teniendo en cuenta el principio de manejo de datos que se contempla en la Universidad Santo Tomás según el marco jurídico nacional, en la implementación de la propuesta de investigación se tuvo en cuenta el principio de confidencialidad como se establece en la Ley 1581 de 2012:

Artículo 4°. Principios para el Tratamiento de datos personales; literal h) Principio de confidencialidad. Todas las personas que intervengan en el Tratamiento de datos personales que no tengan la naturaleza de públicos están obligadas a garantizar la reserva de la información, inclusive después de finalizada su relación con alguna de las labores que comprende el tratamiento, pudiendo sólo realizar suministro o comunicación de datos personales cuando ello



corresponda al desarrollo de las actividades autorizadas en la presente ley y en los términos de la misma.

En ese sentido los procesos que se siguieron se basaron en los siguientes procedimientos:

1. Para la elaboración del consentimiento informado se tuvieron en cuenta los criterios establecidos en los artículos 14, 15, 16 de la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud.
2. Se entregaron los asentimientos y consentimientos informados a todos los participantes en el proceso de investigación, realizando la explicación pertinente de las implicaciones de su participación.
3. En el caso de la participación de menores de edad, se solicitó la firma y autorización de los acudientes registrados en la matrícula del colegio.
4. Se entregaron original y copia del consentimiento y asentimiento informado a los participantes y acudientes.
5. Los participantes pudieron abstenerse de responder preguntas o dar información que no consideraban pertinente.
6. Los documentos, audios e imágenes recolectadas fueron almacenadas y resguardadas bajo responsabilidad del investigador.
7. La información recolectada fue utilizada sólo con fines de investigación.
8. En el análisis de resultados y la elaboración del informe final, no se usaron nombres propios, se protegió la identidad e intimidad de los participantes.
9. Los resultados de la investigación fueron socializados con los participantes.

10. Terminada la investigación los documentos que ya no se utilizaron fueron destruidos.

El investigador se comprometió a cumplir con este protocolo en el desarrollo de la propuesta de investigación. El formato de este protocolo puede ser consultado en el anexo A de este documento.

### ***3.6.4 Validación de Instrumentos para la Recolección de la Información***

Para este proceso se solicitó amablemente a personas idóneas, la colaboración como Juicio de Experto en el proceso de validación de los instrumentos, los cuales fueron aplicados a la investigación desarrollada en la línea de Investigación Pedagogía y Didáctica del Doctorado en Educación de la Universidad Santo Tomás. Se tuvo en cuenta el conocimiento, la trayectoria profesional y la vinculación con temáticas propias de la investigación, solicitando la valiosa colaboración para valoración de los instrumentos como parte del proceso de validación, con los aportes como experto de las personas elegidas.

Dicha valoración se realizó con base a los ítems planteados en un cuestionario cerrado, con calificación de 1 a 5 en una escala Likert, teniendo en cuenta la pertinencia, la relevancia, la coherencia y la aplicabilidad del ítem para lograr cumplir con los objetivos de la investigación. Para esto se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

**Pertinencia:** es adecuado y conveniente a lo que se desea medir a partir de los objetivos de la investigación.

**Relevancia:** tiene significado e importancia para validar si la propuesta pedagógica implementada favorece el desarrollo del pensamiento tecnológico.

**Coherencia:** tiene lógica, conexión y un lenguaje apropiado que permite medir los objetivos planteados.

Aplicabilidad: el ítem es aplicable para analizar la propuesta pedagógica propuesta.

Para el ejercicio se utilizó una escala de Likert, cuyas respuestas van desde "Totalmente en desacuerdo" hasta "Totalmente de acuerdo", así: 1. Totalmente en desacuerdo; 2. En desacuerdo; 3. De acuerdo; 4. Totalmente de acuerdo. Adicionalmente, se incluyó una pregunta abierta, al final del instrumento, con el propósito de que los expertos, con relación a su experiencia, pudieran aportar sus recomendaciones frente al objeto de estudio.

El instrumento tuvo fines académicos e investigativos, la información que se suministró se manejó con total confidencialidad y en ninguna circunstancia fue empleada para efectos distintos a los indicados. En consecuencia, el investigador se comprometió a garantizar que los datos fueron tratados conforme lo define la Ley 1581 del 2012. El formato completo de este instrumento puede ser consultado en el anexo A de este documento.

### **3.7. Herramientas de Software para el Desarrollo del Estudio**

Para facilitar la recolección, organización y análisis de la información, se usaron herramientas tecnológicas en la *web*, así como software de análisis de información cualitativa y cuantitativa (MAXQDA, Atlas Ti 23 y SPSS 29, Excel, etc.), lo que permitió realizar el análisis textual, la creación de encuestas, creación de instrumentos, análisis documental, entre otros, que fortalecen el proceso metodológico de la investigación.

La recolección de los datos se hizo a través de formularios *online* y hojas de cálculo, lo cual, permitió sistematizar eficientemente la información; el procesamiento se realizó mediante SPSS o SAS que facilitaron hacer minería y análisis previo para filtrar la información y eliminar datos inusuales que puedan desviar el análisis de los mismos; posteriormente, se analizó la

información a través de los software especializados, utilizando Atlas Ti y MAXQDA, principalmente, para el análisis cualitativo, mediante redes semánticas, nubes de palabras y mapas conceptuales, así como SPSS y Excel para el análisis cuantitativo, los cuales facilitaron la construcción de tablas, gráficos y estadísticos.

### Figura 31

#### *Herramientas para la investigación*



#### **3.7.1 Aplicación de las Herramientas de Software**

En cada etapa y fase de la investigación se utilizaron las herramientas mencionadas anteriormente, de acuerdo con los instrumentos y análisis correspondientes, planteados en la matriz metodológica, según se describe a continuación:

**Análisis documental:** Se hizo uso del software *Excel* para organizar, tabular y sistematizar la información, posteriormente con el mismo software se realizó la codificación de los documentos para el posterior análisis textual con el software ATLAS.ti, para finalmente realizar la graficación. Este proceso se describe con más detalle en el desarrollo del objetivo número 1.

**Entrevista Semi Estructurada:** Para el diseño y recolección de este instrumento se usó la aplicación Forms de Microsoft, en la cual se plantearon las preguntas, se recolectó la información para su posterior organización. A continuación se llevó a cabo la codificación y análisis textual con el software ATLAS.ti obteniendo los porcentajes de incidencia según las categorías de análisis para finalmente realizar la graficación de los resultados en el software Excel para esta fase de la investigación.

**Pruebas de Entrada y salida:** Para estos instrumentos se usó igualmente la aplicación Forms de Microsoft en la recolección de los datos, que luego de su organización en una tabla de Excel fueron graficados con el mismo software para su posterior análisis e interpretación.

**Formulario de evaluación:** Para este instrumento se utilizó igualmente un formulario online diseñado en la aplicación Forms, a continuación se recolectaron los valores de las respuestas en una hoja de cálculo con Excel para finalmente ser graficadas con el mismo software.

En cada una de las etapas de la investigación y en el desarrollo de los objetivos se describen con mayor detalle los pasos y procedimientos seguidos en el tratamiento y análisis de la información para la obtención de resultados durante el proceso investigativo, dando coherencia y confiabilidad, siguiendo el diseño metodológico planteado y descrito en este capítulo. En los siguientes apartados se tendrá una comprensión más amplia de estos procesos, así como de los hallazgos y explicaciones que se derivan del análisis en cada fase de la investigación.

## **Capítulo IV**

### **Resultados, Sistematización y Análisis de la Información**

En este capítulo, se presenta la forma en la que se llevó a cabo cada uno de los objetivos de la investigación, cómo se realizó la recolección, sistematización y análisis de la información y cuáles fueron los resultados obtenidos, siguiendo la metodología planteada en el capítulo anterior. Como se describió anteriormente, cada etapa de la investigación contó con un instrumento de recolección que permitió recopilar la información y para cada uno de ellos, también se planteó una técnica de análisis. Es importante mencionar que los resultados, en cada fase de la investigación, son en algunos casos específicos para cada objetivo, pero en otros, se combinan con los anteriores, especialmente, en el segundo, en el que se realiza la estructuración de la propuesta pedagógica, de acuerdo con la ruta metodológica establecida. Los resultados se presentan, de acuerdo con cada instrumento y fase de la investigación, mediante gráficos de estadística descriptiva, esquemas, infografías o mapas conceptuales, acompañados de su respectiva reflexión y análisis. A continuación, se describe el proceso para el desarrollo de cada uno de los propósitos del estudio y su correspondiente interpretación.

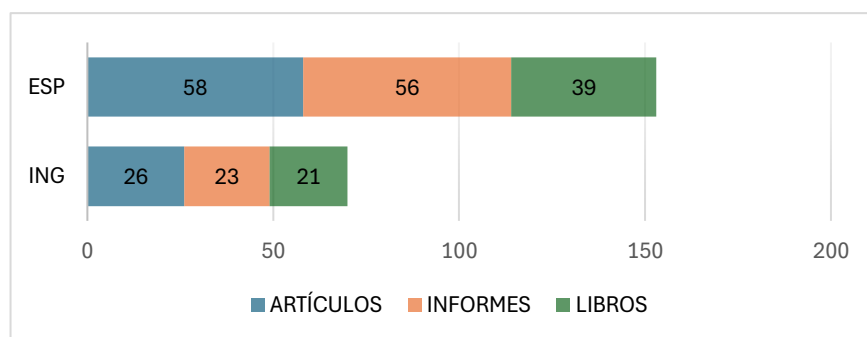
#### **4.1. Desarrollo del Objetivo Específico Número Uno**

Con respecto al objetivo número uno, de orden cualitativo, se planteó, desde el diseño metodológico, realizar un análisis documental mediante una matriz de información. Para la consulta de la información, se utilizaron diferentes ecuaciones de búsqueda en las bases de datos mencionadas anteriormente, lo que permitió filtrar los documentos y centrarse en los que tenían mayor relación con el objeto de la investigación. En un primer momento, se hizo una separación de los documentos en idioma español e inglés; posteriormente, se organizaron en artículos,

informes y libros, con un total de 223 fuentes de consulta, cuya clasificación se encuentra resumida en la gráfica 1.

**Gráfica 1**

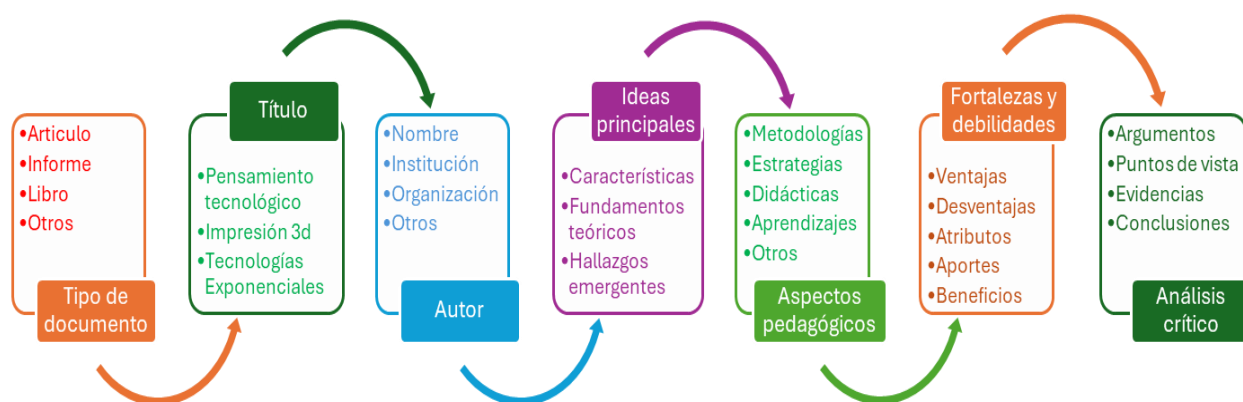
*Clasificación inicial de documentos consultados*



La matriz contó con siete campos (columnas), en los que se registró el tipo de documento, el título, el autor, las ideas principales, los aspectos pedagógicos, las fortalezas y debilidades encontradas, y el análisis crítico de cada aspecto identificado. La figura 32, muestra los elementos mencionados anteriormente; la versión completa de la matriz aparece en el Anexo B.

**Figura 32**

*Campos de la matriz de información*



La matriz se desarrolló utilizando el software Excel y los registros se hicieron manualmente en la medida en que se consultaron, se analizaron y se decantaron cada uno de los documentos. Posteriormente, se organizó la información, haciendo una clasificación de los documentos, según las cuatro principales categorías de la investigación, extrayendo los elementos más relevantes relacionados con el objeto de estudio y los propósitos de la tesis.

En esta matriz, se tuvieron en cuenta aspectos como los referentes epistemológicos, las metodologías para el desarrollo del pensamiento tecnológico en la educación media, las características generales, las etapas y aspectos pedagógicos del pensamiento tecnológico, fortalezas en el uso de las tecnologías exponenciales, como herramientas pedagógicas, los beneficios del uso del modelado digital e impresión 3D, en los ambientes educativos y la importancia en el desarrollo de las estructuras de pensamiento, como resultado de aprendizajes para la vida (MEN, 2022).

Una vez organizada la información, se procedió a hacer el análisis documental de cada una de las categorías definidas previamente, encontrando los elementos clave que podían aportar al objetivo de la investigación, así como otros aspectos emergentes para tener en cuenta en la fase posterior del estudio. Posteriormente, se realizó un esquema de comparación de los análisis de cada categoría para encontrar las características y fundamentos que aportaran a la estructuración de la propuesta pedagógica, que es el propósito del segundo objetivo de la investigación.

Para el análisis y resultados de cada categoría, se tomaron los documentos relacionados con cada una de ellas de forma separada, extrayendo la información más relevante e identificando los fundamentos, conceptos y significados de mayor frecuencia dentro de los textos, mediante la codificación y organización con el uso del software ATLAS.ti, permitiendo



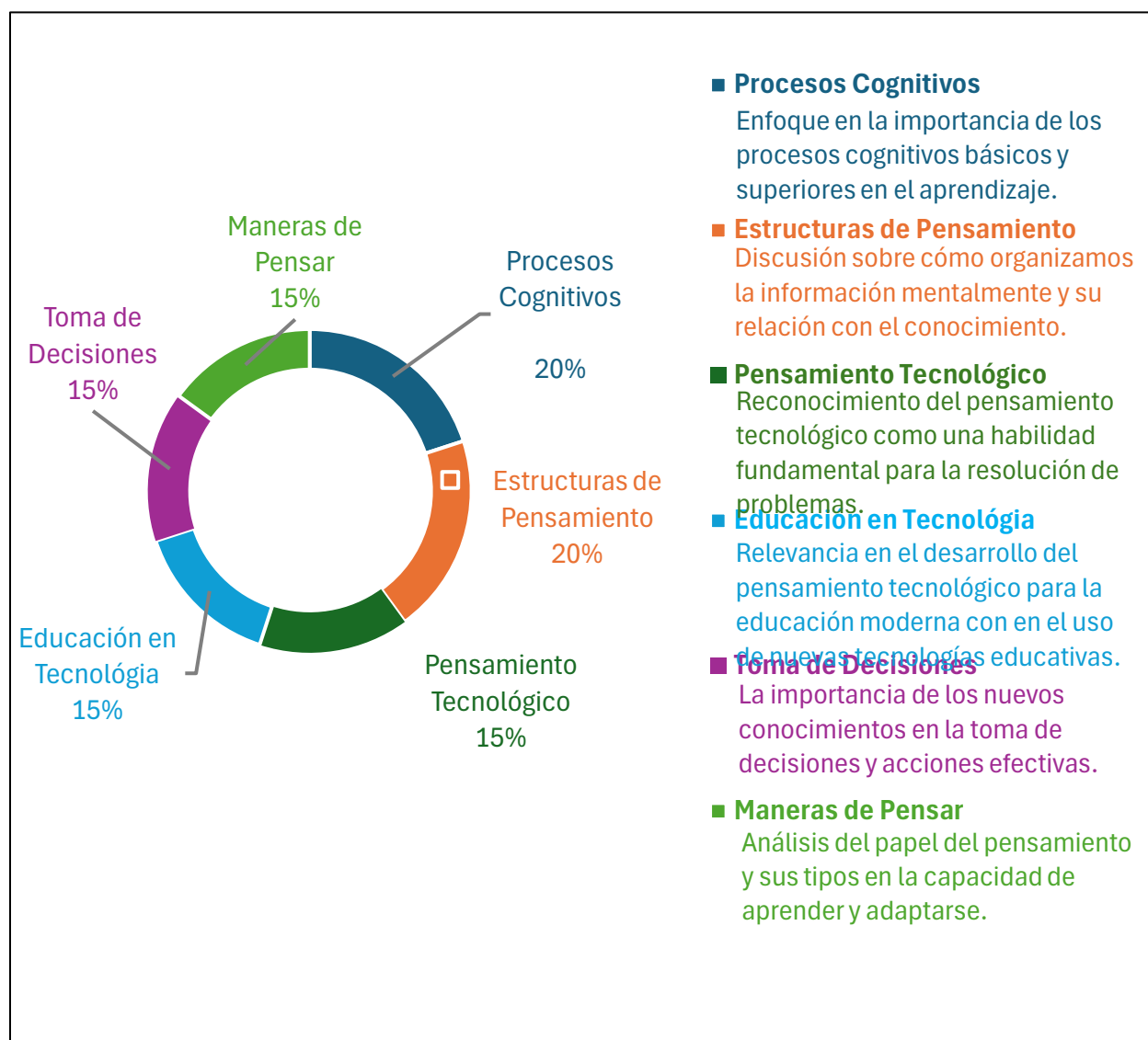
encontrar así, los valores porcentuales de mayor relevancia para cada uno de los elementos mencionados anteriormente. A continuación, se describe el análisis elaborado de los documentos por cada una de las categorías mencionadas.

#### 4.1.1 Análisis Documental Según la Categoría Estructuras de Pensamiento

En primer lugar, se tomó la categoría de estructuras de pensamiento (Armenta, 2022), encontrando los resultados que se describen en la gráfica 2, a continuación.

#### Gráfica 2

Resultados del análisis de la categoría Estructuras de Pensamiento



Como se puede observar en la gráfica anterior, dentro de los documentos analizados para esta categoría, se destacan elementos importantes como los procesos cognitivos (20%), las estructuras de pensamiento (20%), el pensamiento tecnológico (15%), la educación en tecnología (15%), la toma de decisiones (15%) y las maneras de pensar (15%), como los elementos más relevantes que serán contrastados con los hallazgos que surjan de análisis documental de las demás categorías.

Del anterior análisis, también podemos inferir algunas conclusiones sustanciales que serán un insumo valioso en la estructuración de la propuesta pedagógica que es el propósito del segundo objetivo de la investigación. A continuación, se describen dichos aportes que se retomarán en el apartado de discusión y aportes al conocimiento:

- Las estructuras de pensamiento juegan un papel fundamental en la forma en que los estudiantes toman decisiones en su vida cotidiana. Estas estructuras, permiten interpretar y organizar la información que reciben, facilitando el análisis y la evaluación de situaciones. Al desarrollar un pensamiento tecnológico reflexivo, los estudiantes están mejor equipados para enfrentar desafíos y resolver situaciones con el uso de la información, lo que contribuye a su desarrollo personal y académico (Leguizamón, 2021).
- Dichas estructuras, como el pensamiento tecnológico, el computacional y el sistémico, son esenciales porque brindan a los estudiantes las herramientas necesarias para relacionar conceptos y datos de diversas áreas del conocimiento (Caballero, 2020). Esto les ayuda a identificar opciones, evaluar consecuencias y realizar elecciones basadas en la lógica y el razonamiento, en vez de basarse únicamente en percepciones o intuiciones momentáneas. Por lo tanto, la enseñanza de estas estructuras en el entorno educativo es

clave para formar individuos capaces de desarrollar métodos efectivos y responsables, aplicables en diversos ámbitos.

- Finalmente, la práctica de estos procesos cognitivos permite a los estudiantes desarrollar habilidades, como la memoria, la atención y la percepción, que son esenciales para el proceso de resolución de problemas (Vargas, 2019). A medida que los estudiantes mejoran en estos aspectos, aumentan su capacidad para recordar información útil, concentrarse en los detalles relevantes y discernir entre diferentes alternativas, lo que refuerza su independencia y autoconfianza en la construcción de soluciones a problemas de la vida diaria.

#### ***4.1.2 Análisis Documental Según la Categoría Pensamiento Tecnológico***

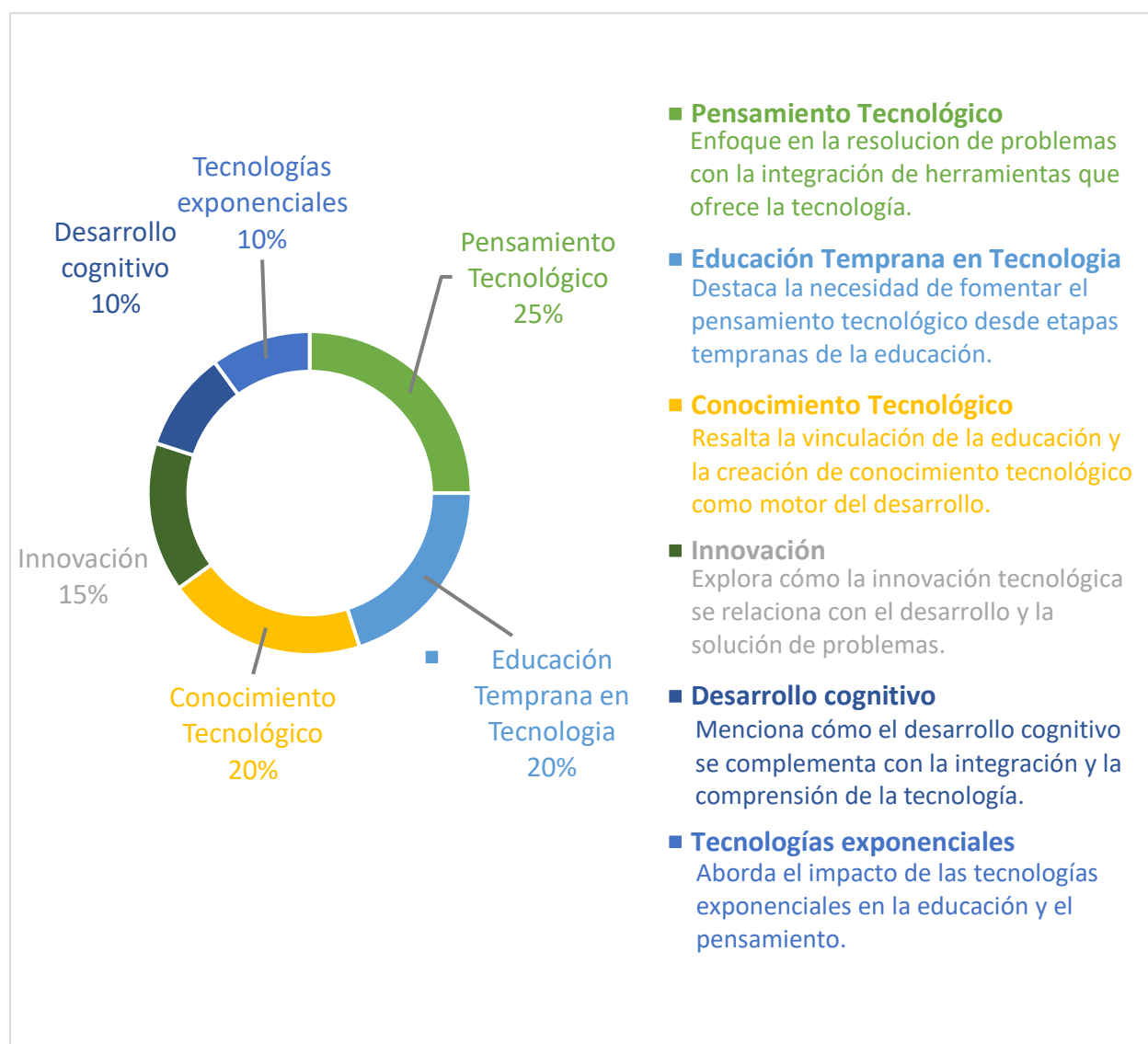
Siguiendo el mismo esquema anterior, se realizó el análisis de la categoría pensamiento tecnológico, encontrando los elementos con mayores frecuencias dentro de los textos analizados. Para esta categoría, se destacan elementos como el pensamiento tecnológico (25%), educación temprana en tecnología (20%), conocimiento tecnológico (20%), innovación (15%), desarrollo cognitivo (10%) y tecnologías exponenciales (10%), como los elementos con mayor importancia del análisis documental en relación con esta categoría.

De este análisis y revisión de la literatura, se pudo determinar que la evaluación en el desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes se puede realizar a través de diversas estrategias que contemplen, tanto la observación de su capacidad para resolver problemas según su desarrollo físico e intelectual, como la capacidad de implementación de proyectos que involucren el uso de la tecnología. Es fundamental establecer indicadores claros que reflejen su grado de comprensión y habilidad para crear, adaptar y evaluar artefactos tecnológicos según la edad de los estudiantes.

Al mismo tiempo, la implementación de prácticas auténticas que simulen situaciones reales, les permitirá aplicar lo aprendido en contextos cotidianos, facilitando así la medición de su impacto. La gráfica 3, muestra los elementos más destacados de este análisis con sus respectivos porcentajes y definiciones.

### Gráfica 3

*Resultados del análisis de la categoría Pensamiento Tecnológico*



De allí también se extrajeron elementos importantes que pueden servir para fomentar el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes, desde edades tempranas, la

adolescencia y edades más avanzadas, implementando varias estrategias en las escuelas, que se estructuran en los siguientes puntos clave:

- Creación de ambientes de aprendizaje inspiradores: Es fundamental que las escuelas desarrollen ambientes educativos que fomenten la exploración y el juego. Estas actividades deben estar diseñadas para estimular la curiosidad cognitiva y emocional de los niños, permitiendo que aprendan a través de la experimentación y el descubrimiento (Furman, 2019). Los entornos de aprendizaje deben ser atractivos y estar llenos de recursos que inviten a los alumnos a resolver problemas de forma creativa y colaborativa.
- Integración de nuevas tecnologías en el currículo: Se debe incorporar el uso de tecnologías exponenciales y emergentes, como la robótica, inteligencia artificial, el modelado e impresión 3D y la realidad aumentada, en los procesos de enseñanza. Estas tecnologías no solo motivan a los estudiantes, sino que también, permiten que desarrollen habilidades técnicas y pensamiento crítico al enfrentarse a desafíos prácticos (Davidson, 2022).
- Metodologías activas y proyectos prácticos: es importante implementar metodologías que propicien el aprendizaje experiencial, para que los estudiantes trabajen en proyectos reales que representen problemáticas sociales o cotidianas. Esto, les ayudará a entender la aplicabilidad de la tecnología en la vida real, conectando teoría con práctica. Las prácticas auténticas son críticas, para permitir que los alumnos experimenten todo el ciclo de diseño y creación de artefactos tecnológicos (Gómez, 2023).
- Formación docente adecuada: es vital que los docentes reciban capacitación en didácticas que favorezcan el desarrollo del pensamiento científico y tecnológico (Asunción, 2019). Deben estar equipados con las herramientas y estrategias necesarias para guiar a sus

estudiantes en la exploración de problemas tecnológicos, facilitando un aprendizaje significativo.

- Fomento del trabajo colaborativo: las actividades en grupo que requieren colaboración y comunicación, son esenciales para el desarrollo del pensamiento tecnológico (Calle, 2019). Se debe promover que los estudiantes trabajen juntos en la resolución de problemas, lo que les permite compartir ideas y perspectivas, así como aprender unos de otros en el proceso.
- Estrategias de mediación docente: inicialmente, las exploraciones deben ser guiadas por el docente con mediación constante (Moreira, 2019). Al avanzar, los estudiantes pueden ir tomando más autonomía en sus proyectos, aumentando gradualmente la complejidad de las situaciones problemáticas que enfrentan.

Los anteriores puntos son fundamentales y juntos, conforman gran parte de las estrategias que se utilizaron en la estructuración de la propuesta pedagógica del objetivo dos, con el propósito de encaminar a los estudiantes al desarrollo del pensamiento tecnológico, ya que se considera que es crucial para su formación integral y para el impacto que pueden tener en su contexto social y cotidiano.

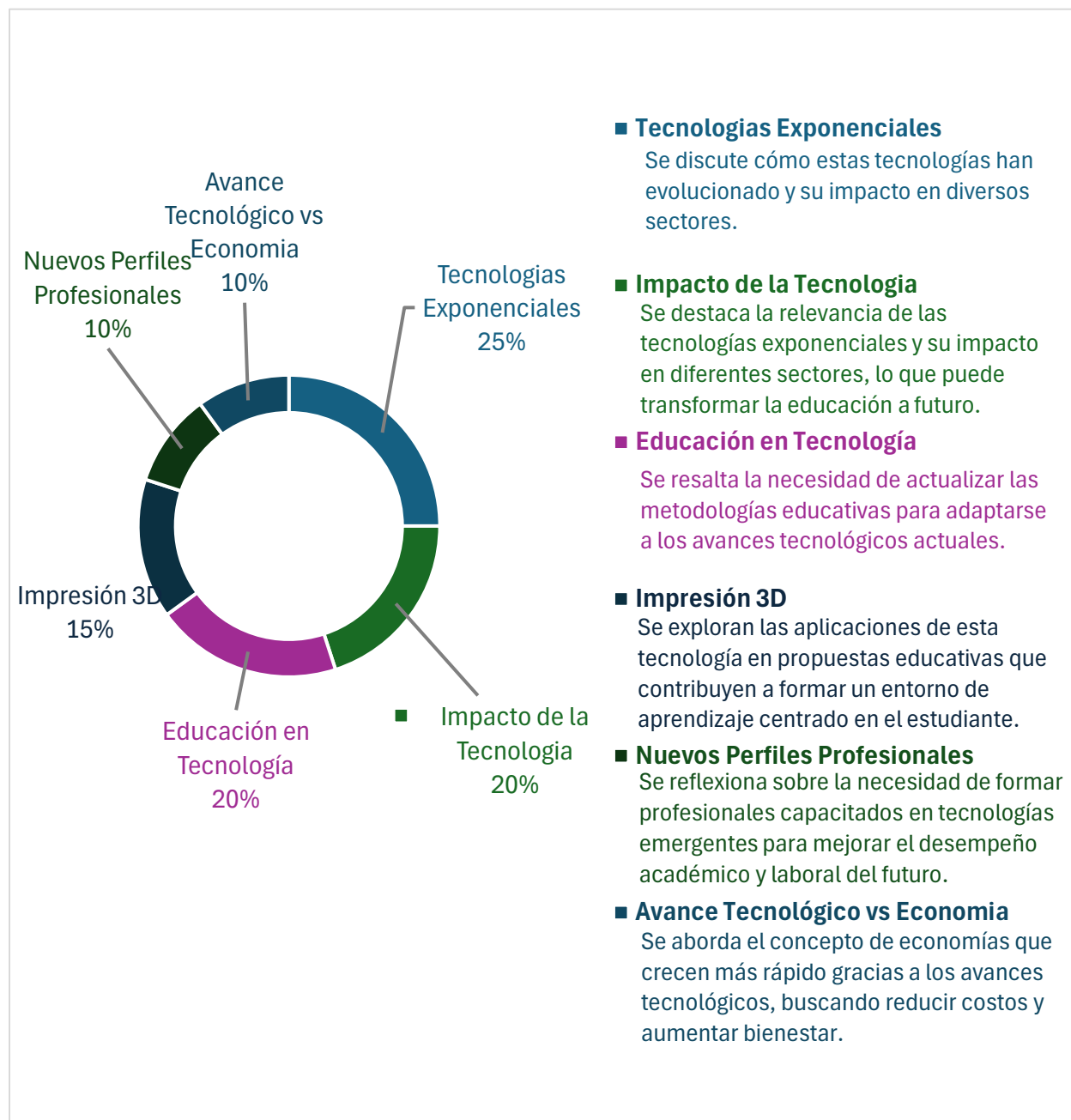
#### ***4.1.3 Análisis Documental Según la Categoría Tecnologías Exponenciales***

Continuando con el análisis, se examinaron los documentos correspondientes a la categoría de tecnologías exponenciales destacando elementos valiosos para la investigación, como el impacto de la tecnología en la educación (20%), la educación en tecnología (20%), la impresión 3D (15%), los nuevos perfiles profesionales (10%) y el avance tecnológico vs el desarrollo económico (10%). Todos estos elementos dan fortaleza al estudio, ya que están

alineados con los propósitos planteados en los objetivos de la investigación. La gráfica 4 muestra dichos elementos con algunas descripciones cortas y su peso porcentual en el análisis.

#### Gráfica 4

*Resultados del análisis de la categoría Tecnologías Exponenciales*



De esta parte del análisis, se recogen componentes que dan fundamentación al propósito general de la investigación que busca desarrollar el pensamiento tecnológico en los estudiantes

de educación media, con la integración de una de las tecnologías exponenciales de mayor proyección, como el modelado digital e impresión 3D. Dentro de los aspectos más importantes de esta parte del análisis documental, se destacan los siguientes:

- Las tecnologías exponenciales tienen el potencial de transformar significativamente el sistema educativo, adaptándolo a las demandas del futuro académico y laboral (Davidson, 2019). En primer lugar, es necesario reconocer que estas tecnologías generan la creación de nuevos perfiles profesionales, lo que obliga a la educación a actualizarse para incluir los conocimientos y habilidades relacionados con ellas. De esta manera, se responde a las cambiantes necesidades de la tecnología, la educación, la economía y demás aspectos de la sociedad.
- Además, las metodologías pedagógicas deben evolucionar para no quedar obsoletas. La enseñanza de la tecnología en las escuelas necesita integrar el crecimiento exponencial de las innovaciones, vinculando estas tecnologías con habilidades, como el pensamiento crítico, la creatividad y la innovación (Salazar y López, 2020). Este enfoque contribuye al desarrollo del pensamiento científico y tecnológico, requerido en el avance de las futuras generaciones.
- Por otro lado, la adopción de tecnologías exponenciales, en el ámbito educativo, puede mejorar la calidad de la enseñanza al ofrecer herramientas que faciliten la personalización del aprendizaje. Por ejemplo, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático pueden adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes, optimizando así, el proceso educativo y preparándolos mejor para un entorno laboral en constante evolución (Song, 2020).
- Finalmente, se prevé que la incorporación de tecnologías exponenciales no solo beneficie la formación de los estudiantes, sino que también, impacte, de manera significativa, en la



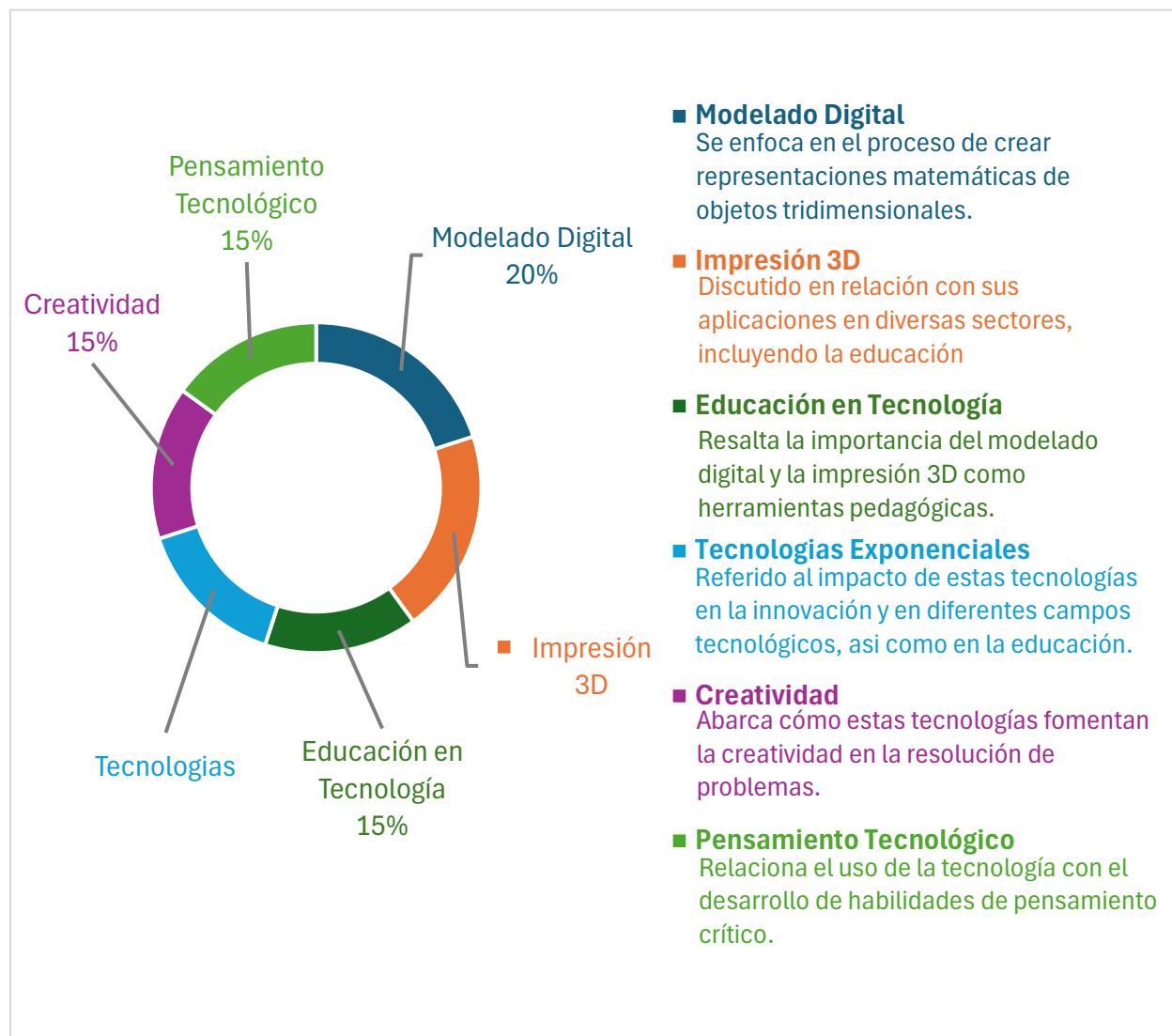
formación profesional, abriendo posibilidades de desarrollo para un amplio rango de sectores en el futuro (Carro, 2022). En resumen, estas transformaciones son fundamentales para asegurar que la educación esté alineada con las demandas para integrarse a la sociedad del mañana.

#### ***4.1.4 Análisis Documental Según la Categoría Modelado Digital e Impresión 3D***

Finalmente, analizando los documentos relacionados con la categoría de modelado digital e impresión 3D, se encuentran relaciones importantes con las demás categorías, así como elementos que pueden aportar, tanto a la construcción de la propuesta pedagógica, como a la utilización de esta tecnología exponencial en los ambientes de aprendizaje. La gráfica 5, muestra estas relaciones y sus respectivos porcentajes de frecuencia, dentro de los textos analizados.

### Gráfica 5

Resultados del análisis de la categoría Modelado Digital e Impresión 3D



Desde el análisis y la lectura crítica de estos documentos, también se derivan importantes elementos para poder determinar de qué forma se puede medir cuál es el impacto del uso del modelado digital e impresión 3D, en el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes, dentro de lo que podemos dilucidar los siguientes:

- Evaluación de habilidades específicas: se debe observar el progreso en habilidades específicas relacionadas con el pensamiento tecnológico, como la capacidad de

problematizar, conceptualizar, diseñar, planear, materializar y evaluar (Leguizamón, 2021).

Esto implica un análisis cualitativo y cuantitativo del desarrollo en estas áreas, antes y después de la implementación de la impresión 3D, en los ambientes de aprendizaje. La relación entre estas etapas del pensamiento y los beneficios del modelado digital e impresión 3D, es crucial, ya que estas tecnologías favorecen el desarrollo de habilidades necesarias para la solución de problemas complejos.

- Encuestas y cuestionarios: se pueden aplicar encuestas y cuestionarios a los estudiantes para evaluar su percepción sobre el impacto de la impresión 3D en su aprendizaje. Preguntar sobre el aumento de la creatividad, capacidad de resolución de problemas, y la relación con futuros entornos laborales, puede proporcionar información valiosa (Benavente, 2019).
- Proyectos y productos finales: evaluar los proyectos finales de los estudiantes que involucren el uso de impresión 3D, puede ser una forma efectiva de medir su capacidad de aplicar el pensamiento tecnológico. Analizar aspectos como la originalidad, la complejidad de los diseños y la efectividad de la solución propuesta, permitirá valorar los resultados obtenidos (Gove, 2019).
- Desempeño académico: comparar el desempeño académico de los estudiantes en materias que incorporan la impresión 3D, versus aquellas que no lo hacen, considerando indicadores como notas, participación en clase y capacidad para trabajar en equipo, puede ofrecer una visión clara de cómo esta tecnología impacta en su aprendizaje en general (Rúa, 2019). Estos métodos permiten obtener una visión integral del impacto de la impresión 3D, en el desarrollo del pensamiento tecnológico, proporcionando datos que pueden utilizarse para ajustar y mejorar las prácticas pedagógicas en el aula, con el fin de fomentar un uso más efectivo de esta herramienta en el aprendizaje de los estudiantes.

Asimismo, la revisión documental permitió identificar algunas metodologías educativas específicas, que pueden ayudar a la integración de la impresión 3D en los ambientes de aprendizaje, para fomentar un aprendizaje práctico y significativo. A continuación, se detallan algunas de estas:

- **Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP):** esta metodología permite a los estudiantes trabajar en proyectos que implican el diseño y la creación de objetos, utilizando impresión 3D. Los alumnos pueden abordar problemas reales, conceptualizar soluciones y materializarlas, lo que refuerza el aprendizaje práctico y fomenta la creatividad.
- **Metodologías activas:** incorporar la impresión 3D como una herramienta pedagógica, atrae a los estudiantes nativos digitales y facilita su participación. A través de actividades didácticas que involucren esta tecnología, los estudiantes pueden aprender de forma divertida y envolvente, mejorando su atención y dedicación.
- **Aprendizaje Basado en Problemas (ABPr):** en esta metodología, los estudiantes enfrentan desafíos específicos y utilizan la impresión 3D para desarrollar soluciones. Esto, les permite aplicar sus conocimientos teóricos en contextos prácticos, favoreciendo el desarrollo de habilidades, como la resolución de problemas y el trabajo en equipo.
- **Educación Interactiva:** las tecnologías 3D, pueden facilitar la creación de experiencias de aprendizaje interactivas que promueven la colaboración entre los estudiantes. Por ejemplo, al trabajar juntos en la creación de modelos 3D, se fomenta la discusión y el intercambio de ideas, enriqueciendo el proceso de aprendizaje.
- **Integración Multidisciplinaria:** la impresión 3D permite combinar diferentes áreas del conocimiento, como matemáticas, ciencias y arte. Por ejemplo, los estudiantes pueden aprender sobre geometría mientras diseñan formas en 3D, integrar conceptos científicos

mediante la creación de modelos de órganos o estructuras, y aplicar su creatividad en la fabricación de objetos artístico.

Estas metodologías no solo mejoran la comprensión de conceptos complejos, sino que también, desarrollan habilidades críticas para el futuro, alineándose con las necesidades del entorno académico y laboral contemporáneo.

#### ***4.1.5 Integración y Coincidencia de Elementos entre Categorías***

La tabla 2, muestra el resumen de estos elementos, su relevancia dentro de cada análisis, de acuerdo con el valor de frecuencia, y se pueden observar las coincidencias de estos en distintas categorías de la investigación.

**Tabla 3**

*Resumen de los elementos destacados de las categorías*

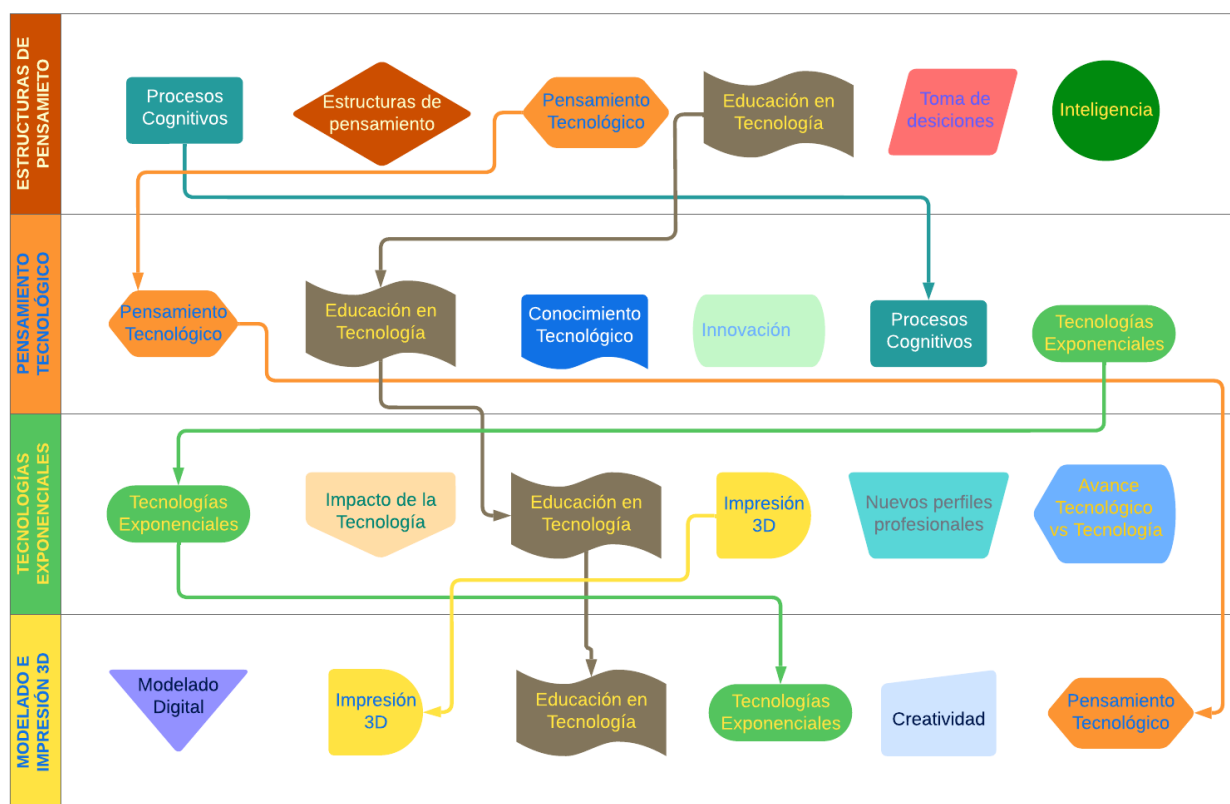
| <b>Estructuras de pensamiento</b> | <b>%</b> | <b>Pensamiento tecnológico</b> | <b>%</b> | <b>Tecnologías exponenciales</b> | <b>%</b> | <b>Modelado digital e impresión 3D</b> | <b>%</b> |
|-----------------------------------|----------|--------------------------------|----------|----------------------------------|----------|----------------------------------------|----------|
| Procesos Cognitivos               | 20%      | Pensamiento Tecnológico        | 25%      | Tecnologías Exponenciales        | 25%      | Modelado Digital                       | 20%      |
| Estructuras de Pensamiento        | 20%      | Educación en Tecnología        | 20%      | Impacto de la Tecnología         | 20%      | Impresión 3D                           | 20%      |
| Pensamiento Tecnológico           | 15%      | Conocimiento Tecnológico       | 20%      | Educación en Tecnología          | 20%      | Educación en Tecnología                | 15%      |
| Educación Tecnológica             | 15%      | Innovación                     | 15%      | Impresión 3D                     | 15%      | Tecnologías Exponenciales              | 15%      |
| Toma de Decisiones                | 15%      | Desarrollo cognitivo           | 10%      | Nuevos Perfiles Profesionales    | 10%      | Creatividad                            | 15%      |
| Inteligencia                      | 15%      | Tecnologías exponenciales      | 10%      | Avance Tecnológico vs Economía   | 10%      | Pensamiento Tecnológico                | 15%      |

Luego del análisis de elementos y sus frecuencias de ocurrencia dentro de cada una de las categorías analizadas anteriormente, se realizó una comparación para encontrar las coincidencias entre dichos elementos y establecer relaciones importantes que sirvieron como fundamento y aportes al marco teórico, la justificación y planteamiento del problema, el planteamiento de los objetivos y la estructuración de la propuesta pedagógica.

Las coincidencias más relevantes se ven en la educación en tecnología (marrón), el pensamiento tecnológico (naranja), las tecnologías exponenciales (verde) y en menor proporción, los procesos cognitivos (gris) y la impresión 3D (amarillo). En el diagrama de la figura 33, se ven estas coincidencias relacionadas con flechas de forma transversal, dentro de las cuatro categorías principales de la investigación, que se observan de forma vertical a la izquierda del esquema.

**Figura 33**

*Coincidencias y relación de elementos dentro del análisis de categorías principales*

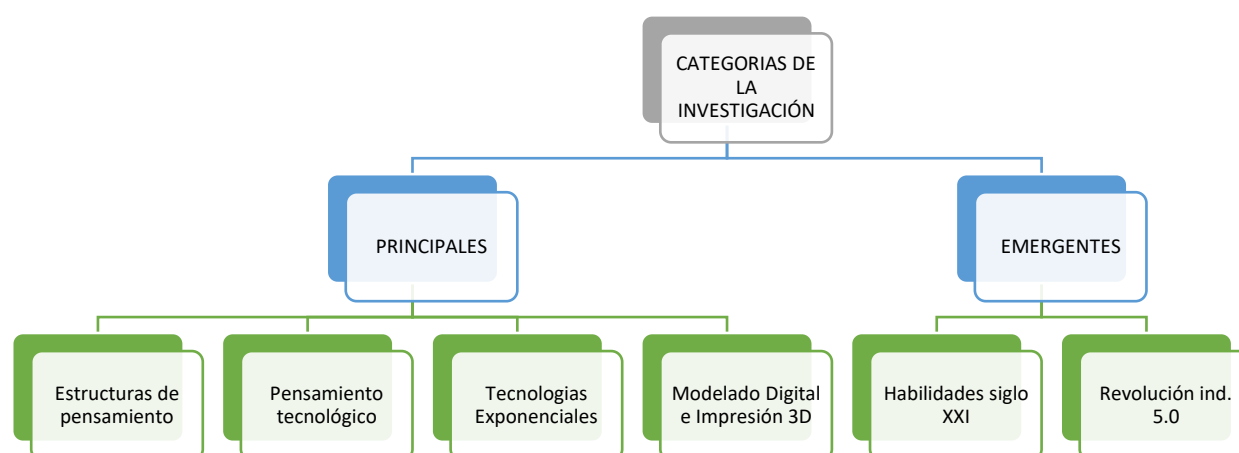


Surgen de esta comparación, también elementos importantes, como la inteligencia, la innovación, la toma de decisiones y la creatividad que hacen parte de las llamadas habilidades del siglo XXI. De similar forma, el conocimiento tecnológico, el impacto de la tecnología, el avance tecnológico vs la economía y los nuevos perfiles profesionales, se asocian con las

características de la revolución industrial 5.0, constituyéndose así, estos campos en dos grandes categorías emergentes.

**Figura 34**

*Categorías principales y categorías emergentes de la investigación*

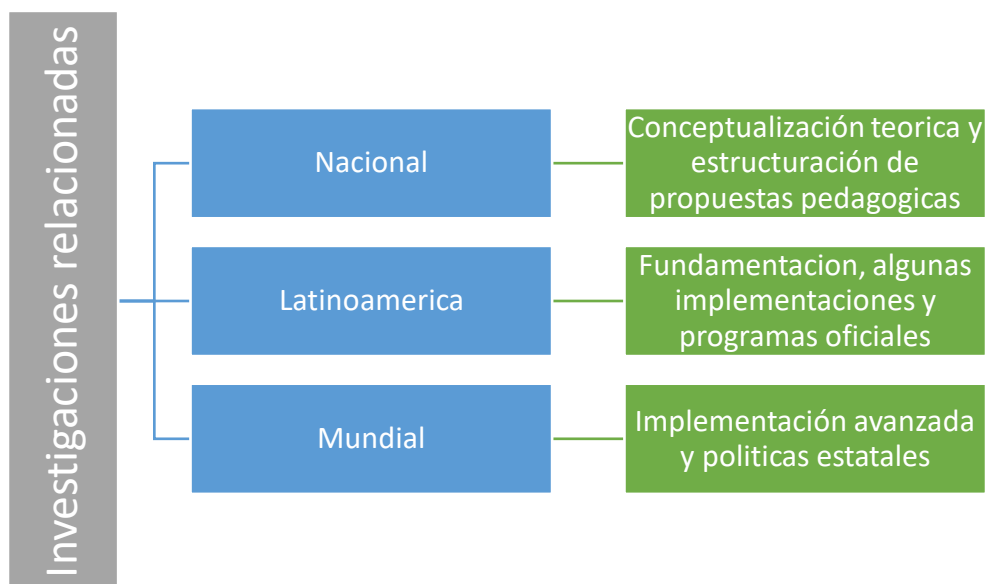


Este análisis documental, también permitió hacer un seguimiento a las principales investigaciones relacionadas con el estudio y establecer el estado del arte en diferentes contextos a nivel nacional, latinoamericano y mundial. Teniendo en cuenta algunas de los estudios más importantes, se puede destacar que, a nivel nacional, los avances se encuentran en un nivel de conceptualización teórica y estructuración de propuestas para ser desarrolladas con algunas implementaciones importantes; en el contexto latinoamericano, los estudios se orientan a la fundamentación e implementación de algunos programas oficiales, mientras que en Norteamérica, y el resto de países, con un mayor nivel de desarrollo, estas investigaciones se encuentran en un nivel de implementación más avanzado, incluso, con políticas estatales que apuntan a trabajar programas de formación que brinden, a los estudiantes, las herramientas necesarias para un adecuado desarrollo del pensamiento tecnológico, acorde también, con el

nivel de desarrollo del conocimiento y el capital humano de cada nación. En la figura 35, se muestra el grado de desarrollo de estas investigaciones, según lo explicado anteriormente.

**Figura 35**

*Nivel de desarrollo de las Investigaciones Relacionadas*



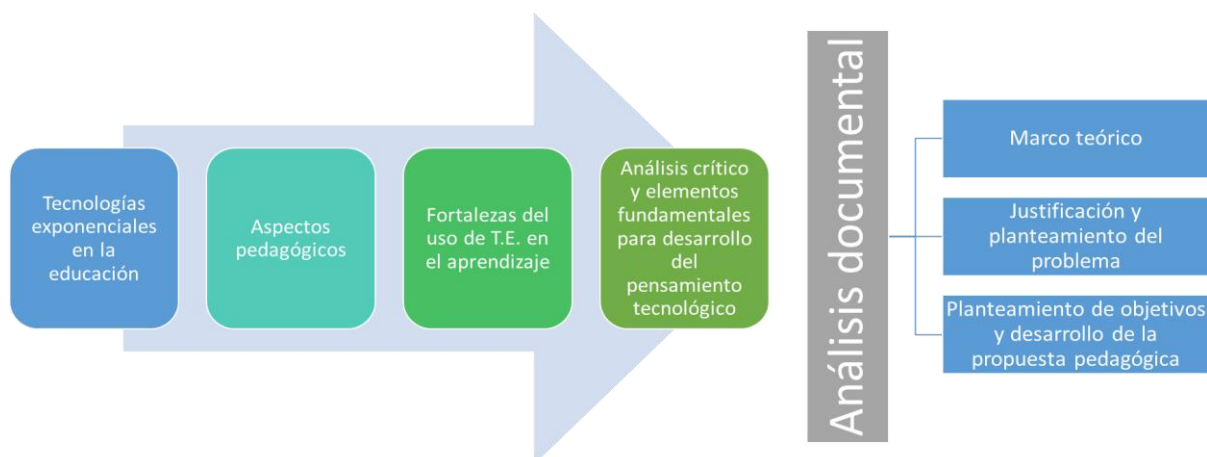
Como se planteó desde la metodología de este estudio documental, se analizaron aspectos fundamentales de la investigación, como el uso de las tecnologías exponenciales en la educación, los aspectos pedagógicos para tener en cuenta, las fortalezas del uso de las tecnologías exponenciales en el aprendizaje y un análisis crítico de los elementos fundamentales para el desarrollo del pensamiento tecnológico, en los estudiantes de educación media.

En el esquema de la figura 36 se plantean los principales elementos y aportes a la investigación, obtenidos desde la recolección, la organización y el análisis documental, mediante la matriz de información.



**Figura 36**

*Aportes del análisis documental desde la matriz de información*



Como se observa en el gráfico anterior y se mencionó previamente, este análisis documental fue fundamental para la elaboración del marco teórico, la justificación, planteamiento del problema y los objetivos de la investigación, así como valiosos aportes en la estructuración de la propuesta pedagógica, principal objetivo de este estudio, por lo que es en estos apartados, en donde se puede observar, con mayor profundidad, la contribución significativa de este análisis en todo el trabajo investigativo desarrollado. A continuación, se analizará el proceso de recolección y revisión de la información obtenida con el segundo instrumento, denominado entrevista semiestructurada que, junto con la información de la matriz documental, dieron las pautas para el diseño de la propuesta pedagógica, como resultado de esta investigación.

#### **4.2. Desarrollo del Objetivo Específico Número Dos**

Previo a la estructuración de la propuesta pedagógica que corresponde al segundo objetivo de la investigación, se llevaron a cabo algunos ejercicios experienciales o piloto, para probar el uso del modelado digital e impresión 3D en los ambientes de aprendizaje, con el propósito, en primer lugar, de dar a conocer y socializar el uso de esta tecnología con los

estudiantes, y en segundo lugar, recoger las impresiones, las dificultades y las posibles bondades de su implementación por parte de los participantes en el estudio. Estas pruebas piloto arrojaron algunos resultados importantes, que se describen en el siguiente apartado y que aportaron elementos importantes a la propuesta pedagógica desde la visión de los estudiantes, específicamente.

#### ***4.2.1 Ejercicio Experiencial Previo***

Con un grupo de 20, estudiantes de una de las instituciones que se intervino, se hizo un ejercicio previo, en el que ellos pudieron estar en contacto con los equipos de impresión 3D, manipular el software de modelado digital y materializar algunos de sus diseños. El ejercicio consistió en diseñar o tomar un diseño previo, manipularlo por medio del software, para finalmente, imprimirlo. En seguida, se describen, con mayor detalle, las etapas desarrolladas en el ejercicio, para luego, recoger las impresiones, dificultades y posibles beneficios en su ejecución:

**Etapas de Exploración.** En esta fase se les mostró a los estudiantes un equipo de impresión 3D en funcionamiento, se les indicó cómo trabaja, qué insumos utiliza y qué tipo de objetos se pueden materializar con esta tecnología. En este primer acercamiento, los participantes indagaron acerca del costo de los equipos y materiales y de cómo y cuándo los podrían utilizar para el desarrollo de algunos de sus proyectos escolares.

**Etapas de Diseño.** Para esta parte del ejercicio, los alumnos se basaron en diseños ya elaborados o hicieron modificaciones a algunos de ellos. Es importante destacar que los estudiantes ya tenían algunos conocimientos en el modelado digital, por lo cual, se les facilitó la manipulación de los modelos en el entorno del software utilizado, haciendo más sencillo el ejercicio y aplicando sus habilidades en un contexto más avanzado, tecnológicamente hablando.

**Etapas de Preparación y Preimpresión.** Aquí, los escolares tuvieron la oportunidad de realizar el laminado de los modelos, utilizando el software de modelado, generar el código G, para ser enviado a la máquina, así como conocer y manipular las variables de impresión, como el espesor de capa, la velocidad de impresión, la temperatura de la boquilla y su diámetro, entre otras. En esta fase, los estudiantes investigaron cuál era la configuración más apropiada de los parámetros, para obtener los mejores resultados del objeto diseñado, optimizando el tiempo y el material disponible.

**Etapas de Calibración e Impresión.** En esta etapa final del ejercicio, se llevó a cabo, por parte de los alumnos, la calibración de la impresora, nivelación de la mesa, introducción del material de impresión, descarga del archivo en la máquina y, finalmente, la impresión de los modelos diseñados previamente. Aquí, ellos se cuestionaron acerca de los tiempos de impresión, los tamaños máximo y mínimo del espacio de trabajo de la máquina y los materiales que podrían utilizar para la materialización de otros diseños y aplicaciones. En la figura 37 se resumen los aspectos más importantes, en las cuatro etapas del ejercicio experiencial de diseño e impresión, realizado como prueba piloto previa a la estructuración de la propuesta pedagógica.

**Figura 37**

*Etapas del ejercicio experiencial previo a la estructuración de la propuesta pedagógica*



#### 4.2.2 Resultados del Ejercicio Experiencial

Como productos de este ejercicio, se diseñaron y materializaron varios objetos, como llaveros u objetos decorativos sencillos, a partir de los cuales, los estudiantes también generaron algunas preguntas sobre la resistencia del material, su durabilidad, su aplicación en elementos como componentes de máquinas o artefactos tecnológicos y el posible beneficio y ahorro de tiempo en la materialización de sus proyectos escolares, en situaciones futuras.

Cabe destacar que este ejercicio se realizó en cuatro sesiones de dos horas, y se contó con el software de modelado Creality 5.1 y una impresora 3D de filamento con material ABS en los cuales los estudiantes pudieron poner a prueba su creatividad y habilidades técnicas en la manipulación de estas herramientas tecnológicas. En la figura 38, se observan dos de los modelos elaborados por ellos, con asesoría del docente en este ejercicio experiencial.

**Figura 38**

*Productos del ejercicio experiencial*



Posterior al ejercicio experiencial, se realizaron algunas preguntas a los alumnos, con el propósito de indagar sobre la pertinencia, el interés, las dificultades, las bondades y posibles

beneficios del uso del modelado digital e impresión 3D, en los ambientes de aprendizaje con el propósito de desarrollar pensamiento tecnológico, en los estudiantes de educación media. Dichas preguntas se valoraron en escala de 1 a 10 y fueron respondidas por los 20 participantes, con los que se realizó la prueba piloto descrita en los párrafos anteriores. Para este instrumento se calculó un coeficiente de confiabilidad de 0.78, lo cual da validez a los datos recolectados.

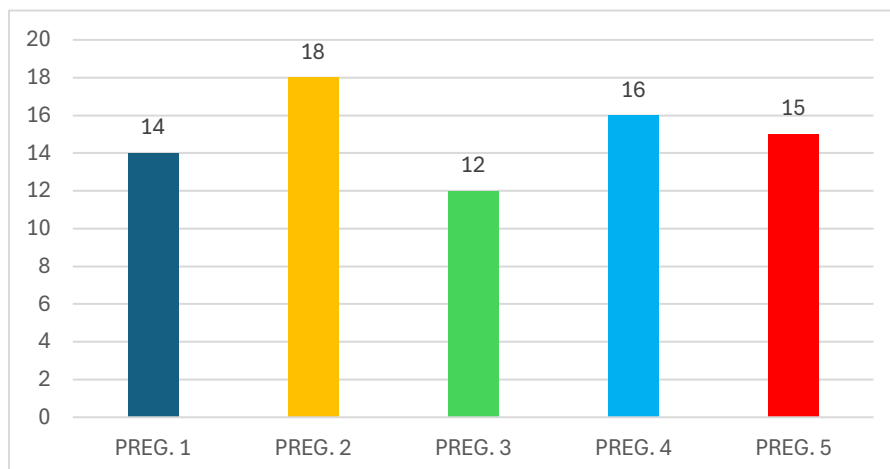
Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

1. ¿Qué tan importante considera usted que es usar tecnologías, como el modelado digital y la impresión 3D, para el desarrollo de las clases de tecnología?
2. ¿Le interesa a usted aprender sobre el funcionamiento y herramientas que tiene el uso del modelado digital e impresión 3D, así como sus diferentes aplicaciones?
3. ¿Considera que el aprendizaje sobre el uso de estas tecnologías es importante para su desempeño académico y laboral a futuro?
4. ¿Es importante que se facilite el acceso y conocimiento de estas tecnologías a los estudiantes, mediante las clases de tecnología u otras afines?
5. ¿Cree usted que aprender sobre la utilidad de estas tecnologías favorece el desarrollo de proyectos de clase a futuro, mejorando los conocimientos en tecnología y otras áreas?

Una vez realizadas las anteriores preguntas a quienes hicieron parte de este ejercicio experiencial, se tabularon las respuestas y se graficaron los resultados, encontrando gran aceptación por parte de los participantes en la mayoría de los aspectos cuestionados. En la gráfica 6, se muestran estos resultados, en los que se observa el interés e importancia que se da al aprendizaje sobre esta tecnología desde los diferentes aspectos indagados en el ejercicio.

### Gráfica 6

*Resultados de la indagación a estudiantes en el ejercicio experiencial*



El ejercicio experiencial o prueba piloto, dejó importantes reflexiones y aportes que fueron tenidos en cuenta en la posterior estructuración de la propuesta pedagógica, especialmente, desde la práctica, la logística y las contribuciones de los estudiantes, desde su perspectiva. Dentro de los elementos clave mas importantes de este ejercicio, se pueden mencionar los siguientes:

- Interés por parte de los estudiantes en el aprendizaje sobre la utilización de tecnologías exponenciales, como el modelado digital e impresión 3D.
- Importancia de dar accesibilidad al uso de estas tecnologías a los estudiantes, con el propósito de mejorar los aprendizajes en el área de tecnología y otras áreas afines.
- Beneficios en el diseño y la materialización de proyectos que hacen parte de las dinámicas de clase por parte de los estudiante, reduciendo tiempos y esfuerzos físicos y centrándose en el aprendizaje y desarrollo de habilidades tecnológicas.

- Necesidad de la organización, logística y preparación de herramientas, como software y equipos de impresión 3D, previo a la implementación de la propuesta pedagógica a ejecutar.
- Relevancia de los conocimientos previos de los estudiantes, lo que sugiere realizar un pretest y los ajustes pertinentes a la propuesta, antes de ser implementada con los demás participantes de la investigación.
- Necesidad de integrar otras áreas académicas, afines a la tecnología, en las cuales, se pueda dar uso a estas herramientas, permitiendo desarrollar proyectos transdisciplinarios con el aporte, desde diferentes campos del conocimiento.
- Incremento en las habilidades afines a las etapas del desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes, tales como, el diseño y la materialización de ideas con la integración de herramientas tecnológicas.

#### ***4.2.3 Diseño, Aplicación y Análisis de la Entrevista Semiestructurada***

En el desarrollo del segundo objetivo de la investigación, se incluyó un nuevo instrumento para la recolección y análisis de información, orientada a contar con elementos que permitieran realizar una estructuración de la propuesta pedagógica, mucho más integral y teniendo en cuenta las voces de los actores principales, como lo son los estudiantes y docentes, especialmente de las instituciones educativas en donde se realizaría la intervención y teniendo en cuenta los conocimientos y experiencias de los maestros del área de tecnología en los niveles de educación media.

Este instrumento, consistió en una entrevista semiestructurada, diseñada y validada por expertos en el tema de la educación en tecnología y, posteriormente, avalada por el Comité de Ética, Bioética e Integridad Científica (CEBIC) de la Universidad Santo Tomás, para su respectiva aplicación. Una vez elaboradas las preguntas de la entrevista, se realizó la validación,

por medio de juicio de expertos con conocimiento, trayectoria profesional y vinculación con temáticas propias de investigación, mediante criterios de pertinencia, relevancia, coherencia y aplicabilidad de los ítems para lograr cumplir con el objetivo del estudio (ver anexo C).

Las preguntas de la entrevista se construyeron tomando como insumos dos ejes importantes, en primer lugar, los resultados de las relaciones teóricas y conceptos que se recogieron del análisis documental, tales como la evaluación de habilidades relacionadas con el pensamiento tecnológico, el uso de metodologías activas y el desarrollo de habilidades del siglo XXI, y en segundo lugar, las orientaciones curriculares para el área de tecnología e informática, emanadas del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2022), en las que se presentan aspectos importantes, como las dimensiones de la formación en tecnología, las evidencias de aprendizaje en la educación en tecnología y las estrategias didácticas emergentes, para el aprendizaje de la tecnología. En la figura 39, se muestran estos elementos, de forma resumida, dentro de cada uno de los ejes mencionados anteriormente.

**Figura 39**

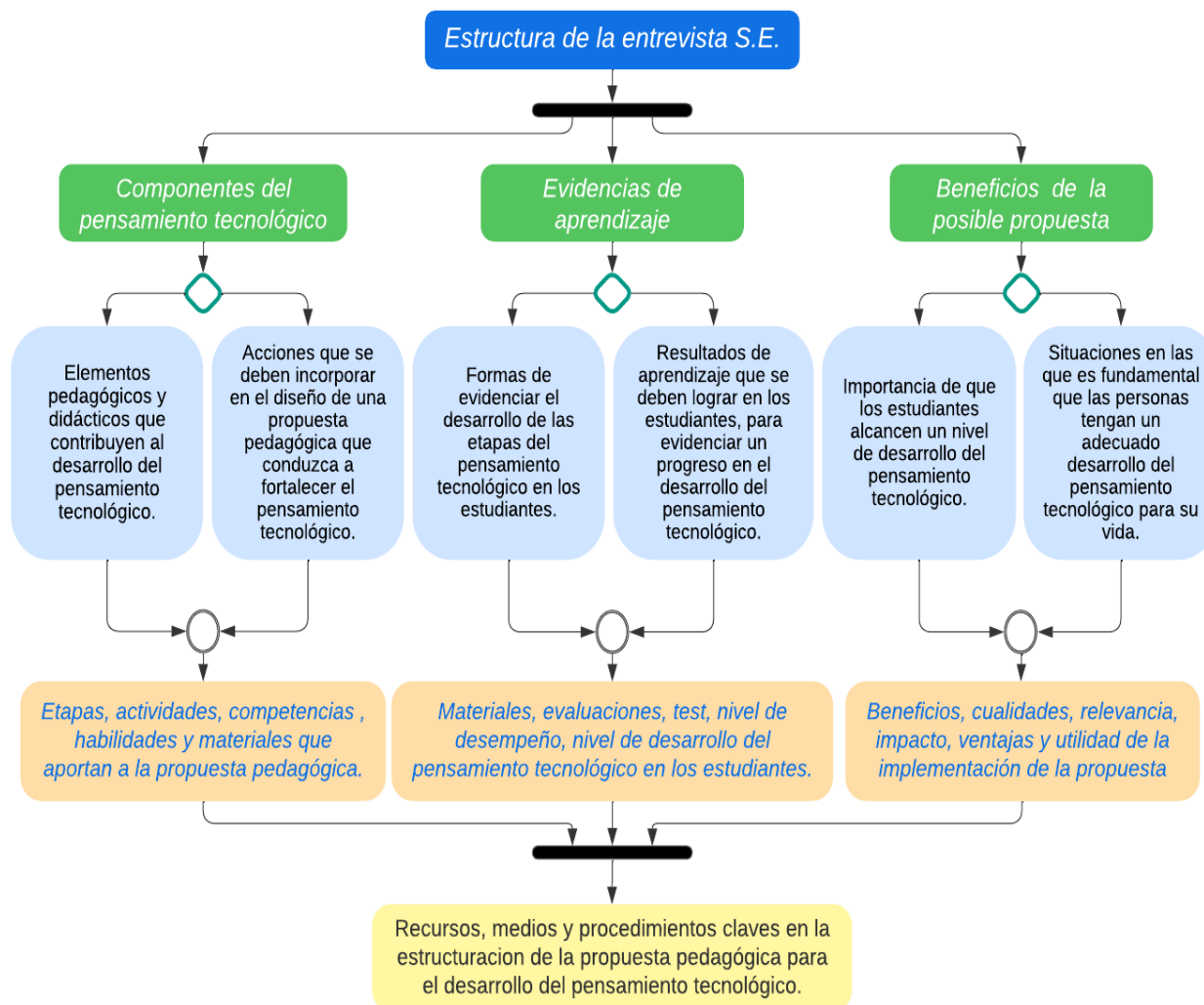
*Insumos y elementos para la construcción de la entrevista semiestructurada*





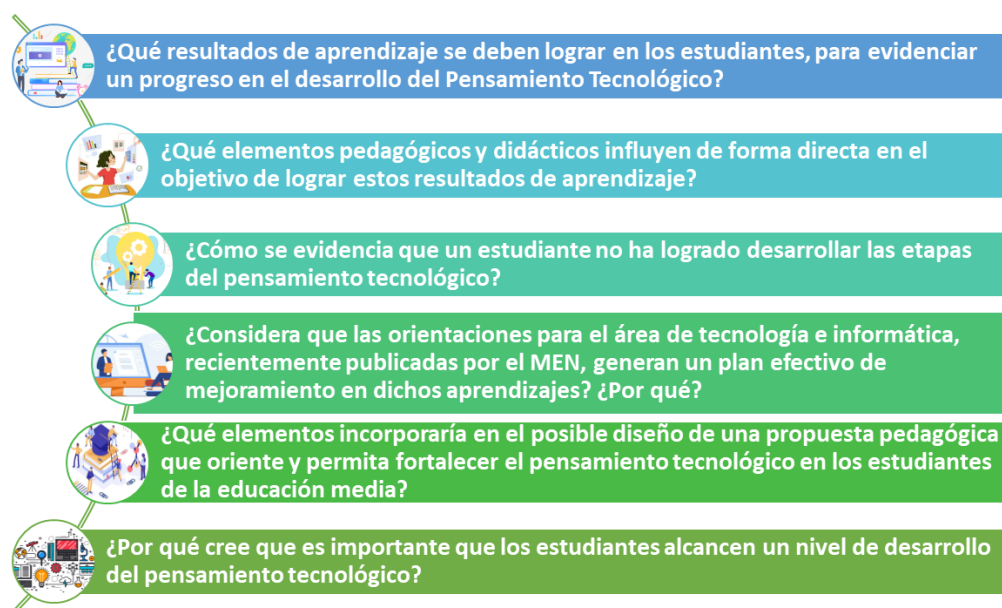
Las preguntas se orientaron a descubrir elementos importantes, relacionados con los resultados de aprendizaje que los estudiantes deben lograr para desarrollar el pensamiento tecnológico, los elementos didácticos y pedagógicos que influyen, directamente, en estos resultados y los componentes claves en la estructuración de una propuesta pedagógica que permitiera desarrollar esta forma de pensar, en los estudiantes de educación media (Merchán, 2021).

La estructura de la entrevista estuvo diseñada con el propósito de recoger información que permitiera fortalecer tres aspectos importantes de la investigación, específicamente de la propuesta pedagógica; el primer elemento, buscó determinar los componentes del pensamiento tecnológico que se deben fortalecer con la intervención; el segundo, las evidencias que sustenten los aprendizajes de los estudiantes y, el tercero, los posibles beneficios que se pueden obtener mediante la implementación, en diferentes contextos educativos. El mapa de la figura 40, describe en detalle la estructura, relaciones, función y elementos claves de la entrevista semiestructurada.

**Figura 40***Mapa de Relaciones y Estructura de la Entrevista S.E*

A continuación, en la figura 41, se muestran algunas de las preguntas que hicieron parte de esta entrevista y aportaron fundamentos valiosos en la estructuración de la propuesta a implementar, posteriormente, con los estudiantes de educación media, en las cuatro instituciones intervenidas; cabe recordar que en este instrumento, fue valioso el aporte de los expertos que lo validaron, así como las recomendaciones del comité CEBIC, especialmente, en el momento de la aplicación a los participantes; la entrevista completa se puede ver en el anexo D.

**Figura 41**  
*Preguntas fundamentales de la entrevista semiestructurada*



Esta entrevista fue aplicada a 40 docentes y expertos del área de tecnología e informática de colegios públicos de Bogotá y otras regiones del País, logrando así, recolectar 400 respuestas, correspondientes a las 10 preguntas realizadas. Se utilizó la aplicación *Microsoft Forms* para digitalizar las respuestas y la información fue organizada en una matriz de Excel, para su posterior análisis y resultados. La matriz permitió realizar la separación de las 40 respuestas para cada una de las preguntas de la entrevista, de modo que, teniendo clasificada esta información, se pudieron analizar, individualmente, los datos recolectados en cada una de ellas. El enlace al formulario en *Forms* y la matriz de Excel, con toda la información, se pueden encontrar completos en el anexo E del documento.

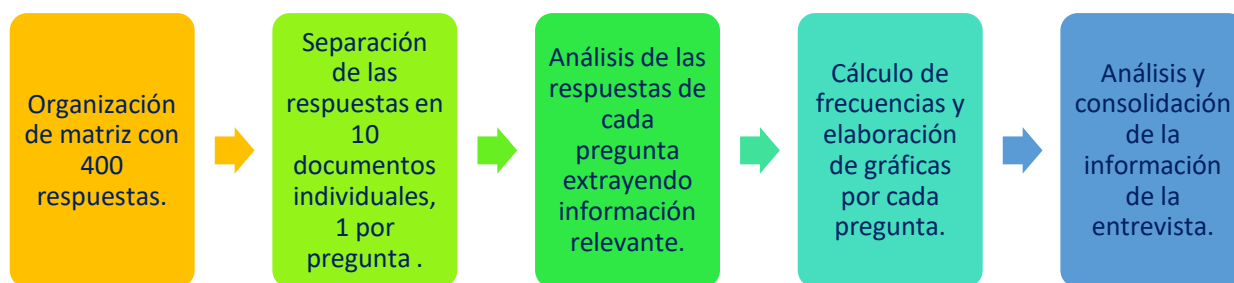
Posteriormente, se procedió a organizar las 40 respuestas de cada una de las preguntas en un documento individual para su análisis; mediante la síntesis y coincidencias en dichas respuestas, se elaboró un resumen y se obtuvieron conclusiones frente a cada pregunta, teniendo

en cuenta, por ejemplo, aspectos como definiciones, componentes, aplicación en el ámbito educativo, impacto en la sociedad y relación con las competencias y resultados de aprendizaje esperados, en relación con el pensamiento tecnológico en los estudiantes de educación media.

Como resultado de este ejercicio, se obtuvieron 10 resúmenes, en los que se pudo sintetizar la información, para luego extraer de allí, fundamentos importantes que se convierten en aportes significativos en la posterior estructuración de la propuesta pedagógica, que es producto esencial de este segundo objetivo. La información completa del análisis de cada pregunta se encuentra en el anexo F de esta investigación. El siguiente esquema en la figura 42, muestra el proceso de análisis de la información de la entrevista, desde la matriz y la síntesis, hasta llegar a los resultados integrados del instrumento.

**Figura 42**

*Proceso de análisis de la entrevista*



#### ***4.2.4 Análisis y Síntesis de cada Pregunta de la Entrevista Semiestructurada***

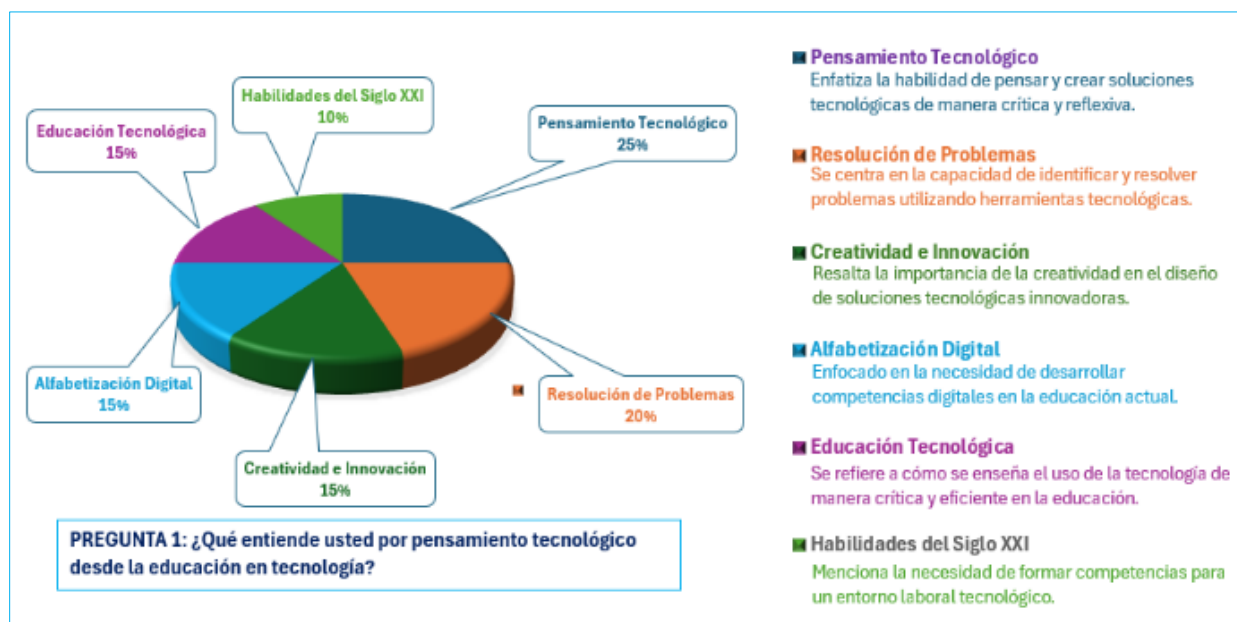
Como se indicó anteriormente, para este análisis se organizaron las 40 respuestas de cada una de las preguntas en un solo documento; luego, mediante lectura analítica y uso de herramientas de software de análisis documental, se extrajeron las ideas y conceptos más importantes, con su frecuencia dentro del contenido del texto. En seguida, se tabularon y graficaron estas frecuencias, para determinar la importancia de estos conceptos e ideas, para,

finalmente, poder comparar y encontrar coincidencias, diferencias, relaciones y estructuras que contribuyeran, según los propósitos de la entrevista, a fortalecer y estructurar la propuesta pedagógica. A continuación, se muestra la organización y síntesis de cada una de las 10 preguntas realizadas en la entrevista semiestructurada.

**Pregunta 1.** Esta pregunta hace referencia a los resultados de aprendizaje que se deben lograr en los estudiantes, para evidenciar un progreso en el desarrollo del pensamiento tecnológico y hace parte de las que buscan recoger información sobre las estrategias, para evidenciar el desarrollo de las etapas de esta forma de pensar, en los estudiantes de educación media que serán partícipes de la implementación de la propuesta pedagógica. A continuación, en la gráfica 7, se observan los hallazgos más importantes y la síntesis de la información recolectada.

### Gráfica 7

*Análisis y síntesis de la pregunta 1 en la entrevista S.E.*

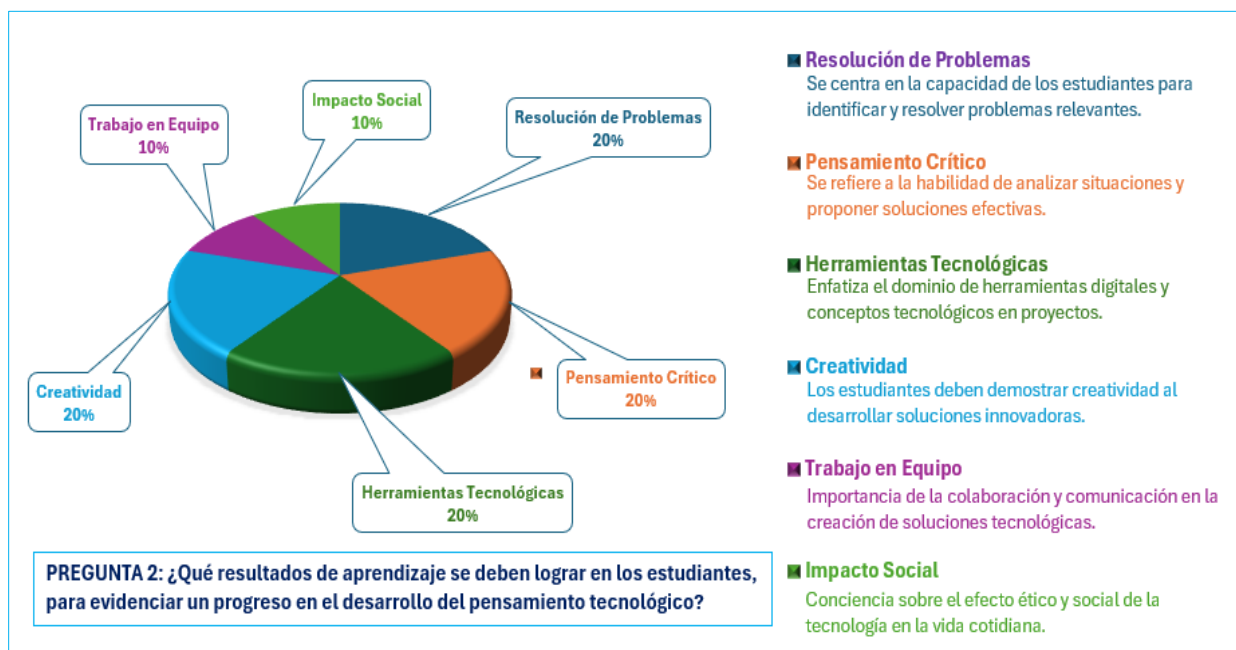


De las respuestas recolectadas para la pregunta 1, podemos extractar que, según la experiencia y conocimientos de quienes respondieron la encuesta, el pensamiento tecnológico es una habilidad que permite a los individuos, entender, utilizar y crear tecnología, de manera crítica y reflexiva. Implica, identificar problemas y aplicar soluciones creativas, utilizando herramientas y conocimientos tecnológicos. En el ámbito educativo, se busca enseñar a los estudiantes a resolver problemas reales, mediante el uso ético y creativo de la tecnología, fomentando su alfabetización digital. Este enfoque, no solo mejora la calidad de vida, sino que también, integra habilidades del siglo XXI (McGaw, 2020), como la creatividad, el pensamiento crítico y la capacidad de adaptación, preparándolos para un futuro académico y laboral, en constante cambio.

**Pregunta 2.** La pregunta 2, busca identificar los resultados de aprendizaje que se deben lograr en los estudiantes, para evidenciar un progreso en el desarrollo del pensamiento tecnológico y hace parte del grupo de preguntas que explora la forma de medir el nivel en que se encuentran los estudiantes, en cuanto a esta forma de pensar. En la gráfica 8, vemos los aspectos más importantes que se obtuvieron en el análisis de las respuestas a esta pregunta.

## Gráfica 8

*Aspectos importantes obtenidos del análisis de la pregunta 2*



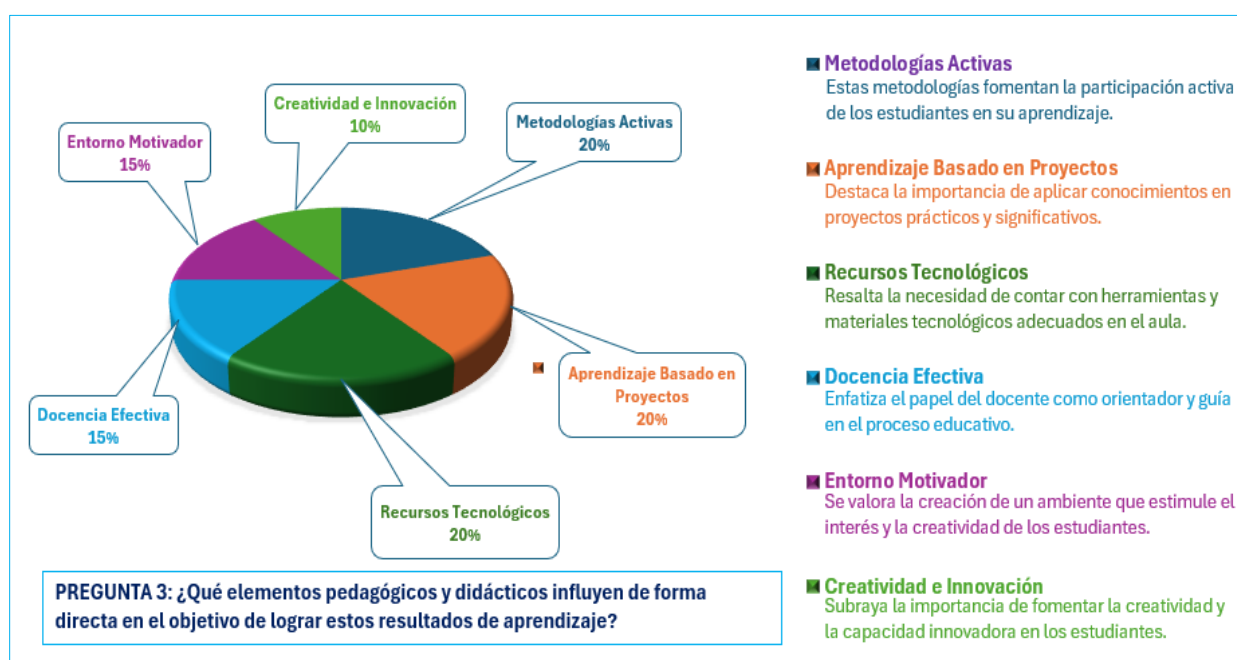
Del análisis de las respuestas a esta pregunta, podemos deducir que los estudiantes deben desarrollar habilidades para identificar problemas tecnológicos y proponer soluciones, utilizando herramientas digitales y conceptos de la tecnología. Se enfatiza en la necesidad de desarrollar la creatividad y el trabajo en equipo, junto con la evaluación del impacto ético y social de la tecnología. Las competencias esenciales incluyen, la resolución de problemas, el uso adecuado de herramientas tecnológicas, el pensamiento crítico, la colaboración y la comunicación eficaz (Meller, 2019). Además, deben ser conscientes de cómo la tecnología afecta a la sociedad para adaptarse a un entorno tecnológico en constante cambio. Se espera que los resultados de aprendizaje incluyan la creación de prototipos tangibles e intangibles, y la evaluación crítica de tecnologías existentes.

**Pregunta 3.** La intención de esta pregunta fue la de buscar, desde la experiencia de docentes y expertos en la educación en tecnología, elementos pedagógicos y didácticos que influyen, de forma directa, en el objetivo de lograr los resultados de aprendizaje que se analizaron en la pregunta anterior. La pregunta está relacionada con los componentes, etapas, actividades, competencias, habilidades y materiales que aportan a la propuesta pedagógica.

De los elementos rescatados del análisis realizado, se puede inferir que, muchos de los docentes, relacionan los aprendizajes en tecnología con las metodologías, como el aprendizaje basado en proyectos y el uso de recursos tecnológicos en los ambientes de aprendizaje, para desarrollar el pensamiento tecnológico en los estudiantes; por lo cual, es fundamental implementar metodologías activas y enfoques prácticos que los involucren en actividades reales y colaborativas (Gómez, 2023). En la gráfica 9. se pueden observar los elementos encontrados dentro de los textos de las respuestas recolectadas.

### Gráfica 9

*Elementos encontrados en el análisis de la Pregunta 3*



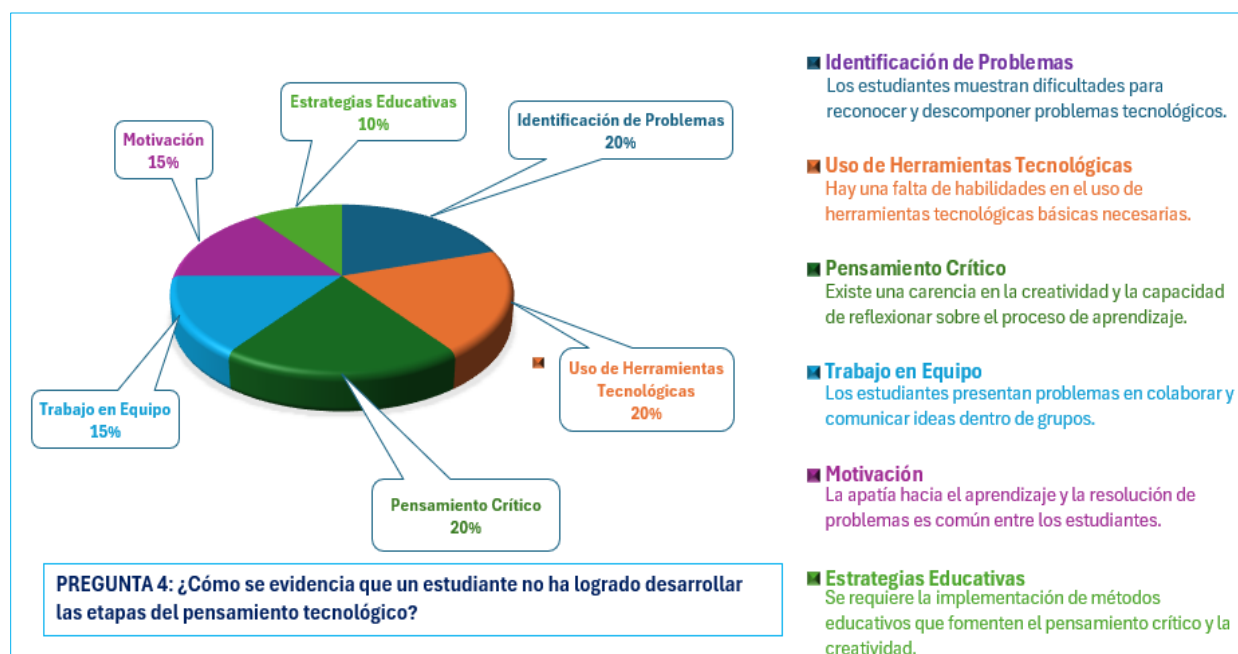


Se hace hincapié en la importancia de contar con recursos tecnológicos adecuados, una guía docente efectiva y un entorno motivador que estimule la creatividad e innovación. Además, se debe realizar una planificación cuidadosa y una evaluación continua, para garantizar el logro de los resultados de aprendizaje esperados.

**Pregunta 4.** Esta pregunta está formulada con el propósito de identificar cómo se evidencia que un estudiante no ha logrado desarrollar las etapas del pensamiento tecnológico, con la intención de establecer el nivel de desempeño en las diferentes etapas. La pregunta se relaciona con encontrar las evidencias que den cuenta de los resultados de aprendizaje, durante y después de la implementación de la propuesta pedagógica. Las particularidades del análisis de esta pregunta, se pueden visualizar en la gráfica 10, así como los porcentajes encontrados en cada aspecto sobresaliente.

### Gráfica 10

*Aspectos sobresalientes en el análisis de la pregunta 4*



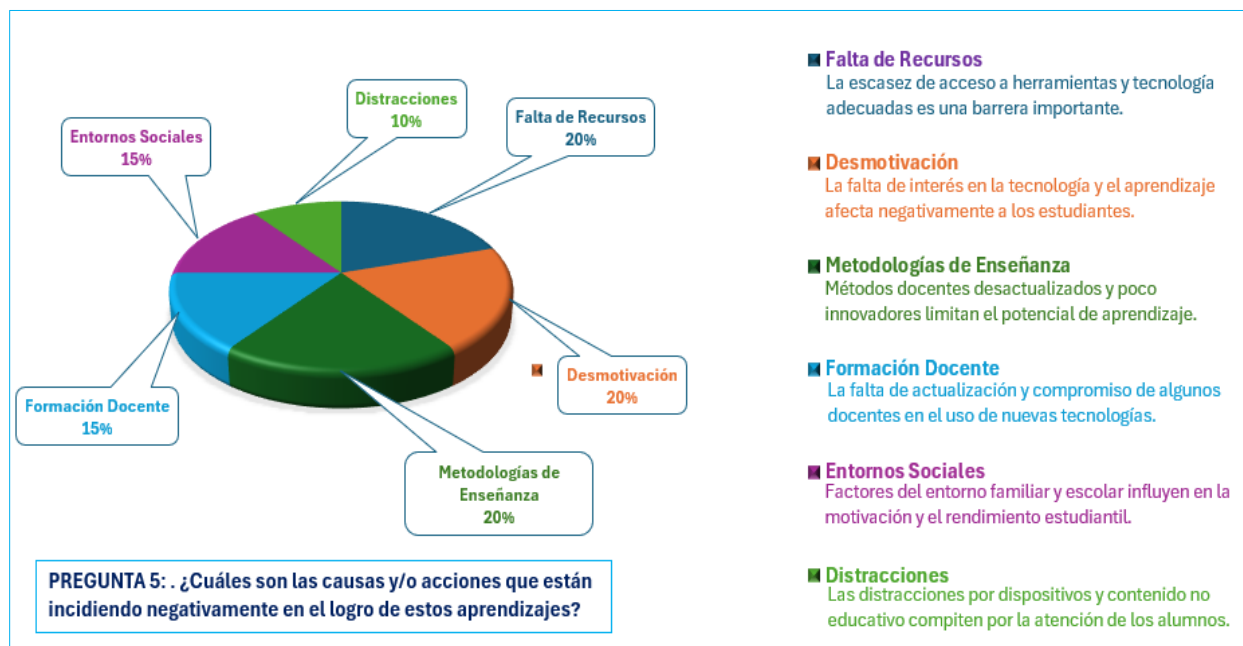
Observando los aspectos destacados en el análisis anterior, se puede entender que, según la experiencia de los docentes y expertos en educación, los estudiantes que no han desarrollado el pensamiento tecnológico, presentan dificultades en diversas áreas. Estas, incluyen la incapacidad para identificar y resolver problemas tecnológicos, la falta de uso adecuado de herramientas básicas, la escasa motivación y una resistencia a trabajar de manera autónoma. También, suelen mostrar deficiencias en el pensamiento crítico y creativo, y dificultades para trabajar en equipo y comunicarse efectivamente. Estas limitaciones impactan, negativamente, en su rendimiento académico y su capacidad para aplicar conocimientos tecnológicos, en situaciones prácticas (Quiroga, 2019). Es esencial, implementar estrategias educativas que promuevan la creatividad, el pensamiento crítico y el uso competente de tecnologías.

**Pregunta 5.** El objetivo de esta pregunta fue la de encontrar algunas de las causas que impiden que se dé el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes, de modo que en el diseño de la propuesta, se pudieran incorporar elementos para mitigar sus efectos y mejorar los aprendizajes que conduzcan al desarrollo del pensamiento tecnológico. Observando la gráfica 11, podemos ver que hay diferentes factores que influyen, negativamente, para lograr los objetivos de aprendizaje propuestos, desde las diferentes metodologías.

Analizando la gráfica y sus elementos, a manera de conclusión, se puede afirmar que el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes se ve obstaculizado por una combinación de factores, como la falta de recursos tecnológicos adecuados, metodologías de enseñanza poco prácticas, desmotivación hacia el aprendizaje y el impacto de entornos sociales y familiares. La ausencia de herramientas actualizadas y el predominio de pedagogías desactualizadas, limitan la interacción y el aprendizaje basado en la práctica, lo que disminuye la creatividad y la resolución de problemas en los alumnos (Díaz, 2020).

## Gráfica 11

*Causas que impiden el aprendizaje y desarrollo el pensamiento tecnológico*

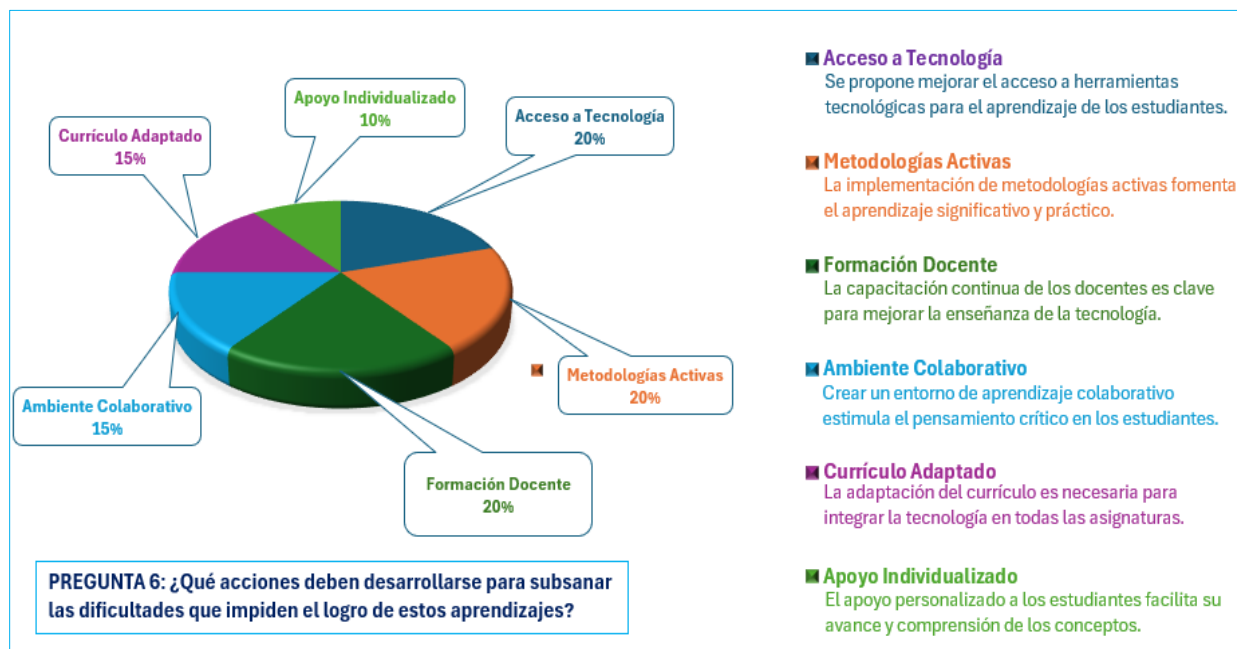


Además, las distracciones generadas por dispositivos electrónicos y el enfoque insuficiente en la formación docente, contribuyen a un ambiente educativo poco propicio para el desarrollo de habilidades tecnológicas.

**Pregunta 6.** Esta pregunta se planteó con el propósito de incluir acciones que se puedan desarrollar dentro de la propuesta pedagógica, con el objetivo de disminuir las dificultades en el logro de los aprendizajes que conduzcan al desarrollo del pensamiento tecnológico. Estas acciones, abarcan algunas que pueden ser incorporadas a la propuesta, como otras que son de un contexto más general y se salen del alcance de esta investigación, tales como, la formación docente, la adaptación del currículo o la individualización de los aprendizajes. El análisis y acciones para disminuir dichas dificultades que se pueden examinar en la información sintetizada de la gráfica 12.

## Gráfica 12

*Acciones que pueden disminuir las dificultades en el desarrollo del pensamiento tecnológico*



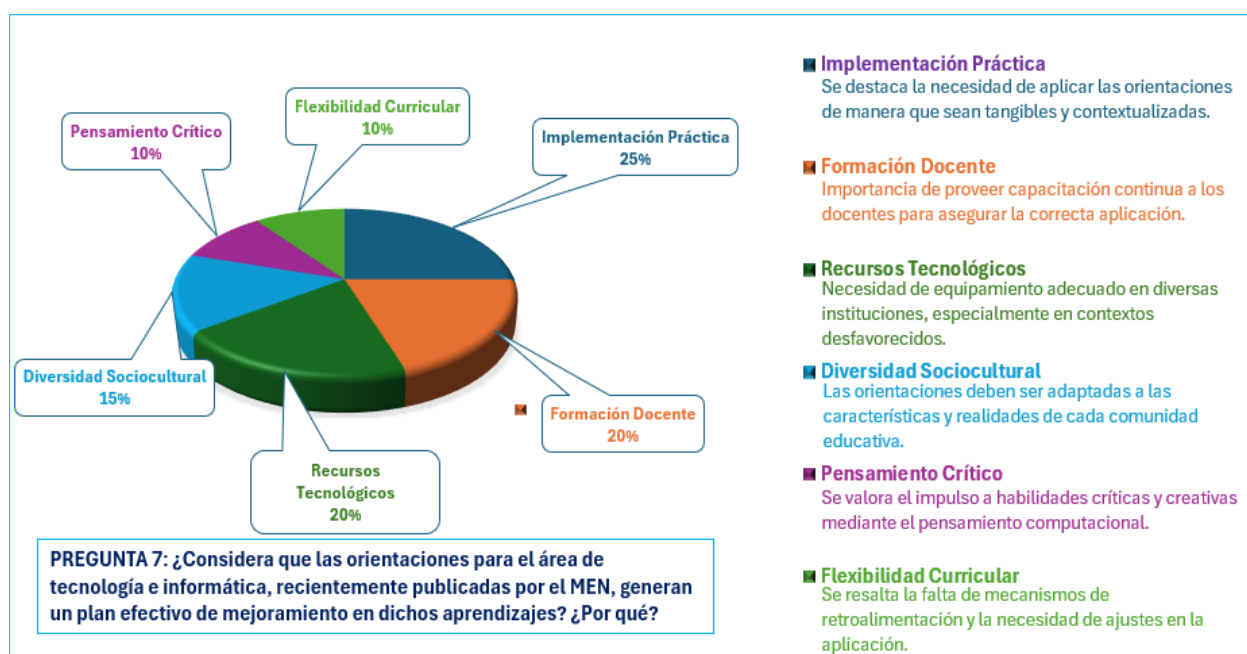
En todo caso, las acciones propuestas por los docentes y expertos en la educación en tecnología, van encaminadas a abordar diversas estrategias necesarias para superar las dificultades en el desarrollo del pensamiento tecnológico, en los estudiantes. Se enfatiza la importancia de mejorar el acceso a herramientas tecnológicas y recursos adecuados, así como la implementación de metodologías activas y centradas en el estudiante, tales como el aprendizaje basado en proyectos (Calle, 2019). La formación continua de los docentes y la creación de un ambiente de aprendizaje colaborativo, son fundamentales. Además, se sugiere adaptar el currículo para integrar tecnología en todas las áreas de estudio, ofreciendo apoyo individualizado y retroalimentación constante a los estudiantes. También, se menciona la necesidad de involucrar a la familia y la comunidad en el proceso educativo.

**Pregunta 7.** A partir de esta pregunta, se buscó analizar aspectos relacionados con las orientaciones curriculares del MEN, de modo que la propuesta pedagógica estuviera alineada con dichas políticas e incorporara algunos elementos propuestos en este documento, tales como las dimensiones de la formación en tecnología, las evidencias de aprendizaje en la educación, en esta área y las estrategias didácticas emergentes para el aprendizaje de la misma. A pesar de ser un documento relativamente reciente, los docentes cuentan con un concepto claro y pertinente acerca del efecto y dificultades en su implementación.

Allí, es claro que los participantes han expresado opiniones diversas sobre las orientaciones del MEN, para el área de tecnología e informática, considerándolas como un paso positivo hacia la mejora de los aprendizajes, siempre que se adapten a las realidades y necesidades específicas de cada institución educativa. Los aspectos más importantes del análisis, según las respuestas recogidas en la encuesta para esta pregunta, se muestran en la gráfica 13.

### Gráfica 13

*Aspectos relacionados con las orientaciones curriculares del MEN*

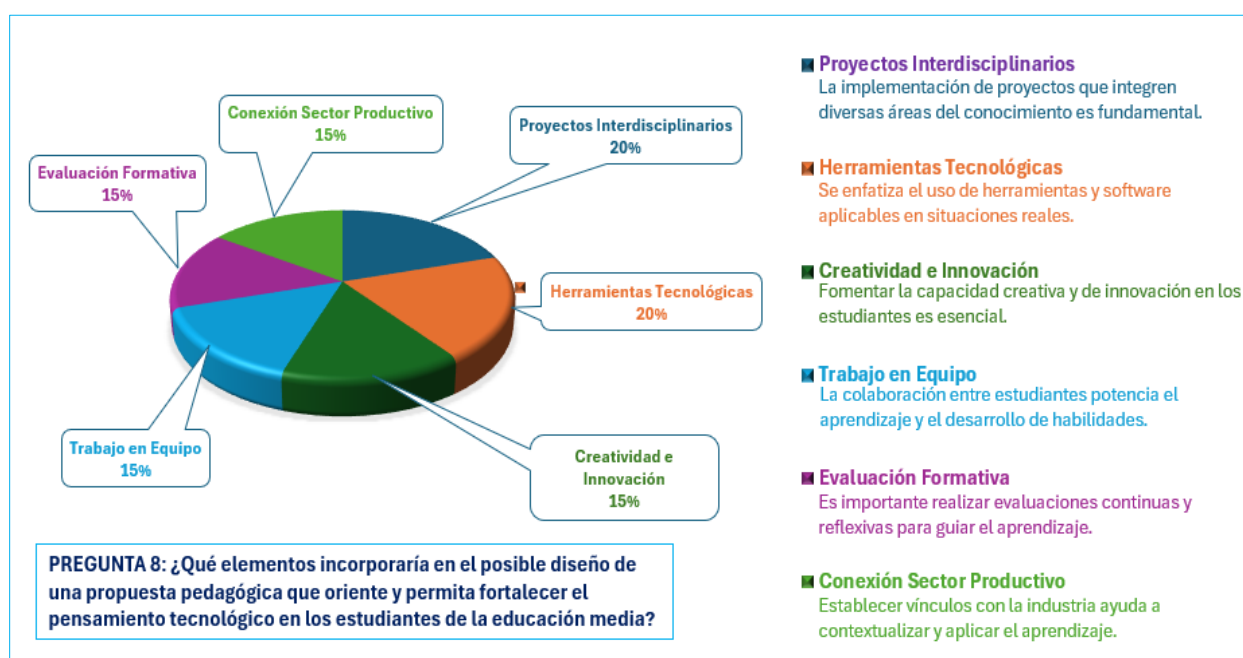


Muchos coinciden en que la efectividad de estas orientaciones, depende de su implementación práctica, del acceso a recursos adecuados y de la formación continua de los docentes. También, se resalta la importancia de equilibrar la teoría con la práctica, fomentar un enfoque de pensamiento crítico, y tomar en cuenta, la diversidad sociocultural del país. Sin embargo, existen preocupaciones sobre la generalidad de las orientaciones y la falta de retroalimentación y flexibilidad en su aplicación.

**Pregunta 8.** El objetivo de esta pregunta fue el de recoger elementos que, desde la experiencia y la práctica de los docentes y expertos, consiguieran ser incorporados a la propuesta pedagógica, considerando la importancia de las acciones que, día a día, se desarrollan en el contexto de los ambientes de aprendizaje. Las respuestas brindaron aportes desde diversos puntos de vista, algunos, ya analizados desde la revisión documental y otros, que no se habían considerado. Estos elementos y una corta descripción de ellos, se recopilan en la gráfica 14.

### Gráfica 14

*Elementos a ser incorporados desde la práctica de los docentes y expertos*

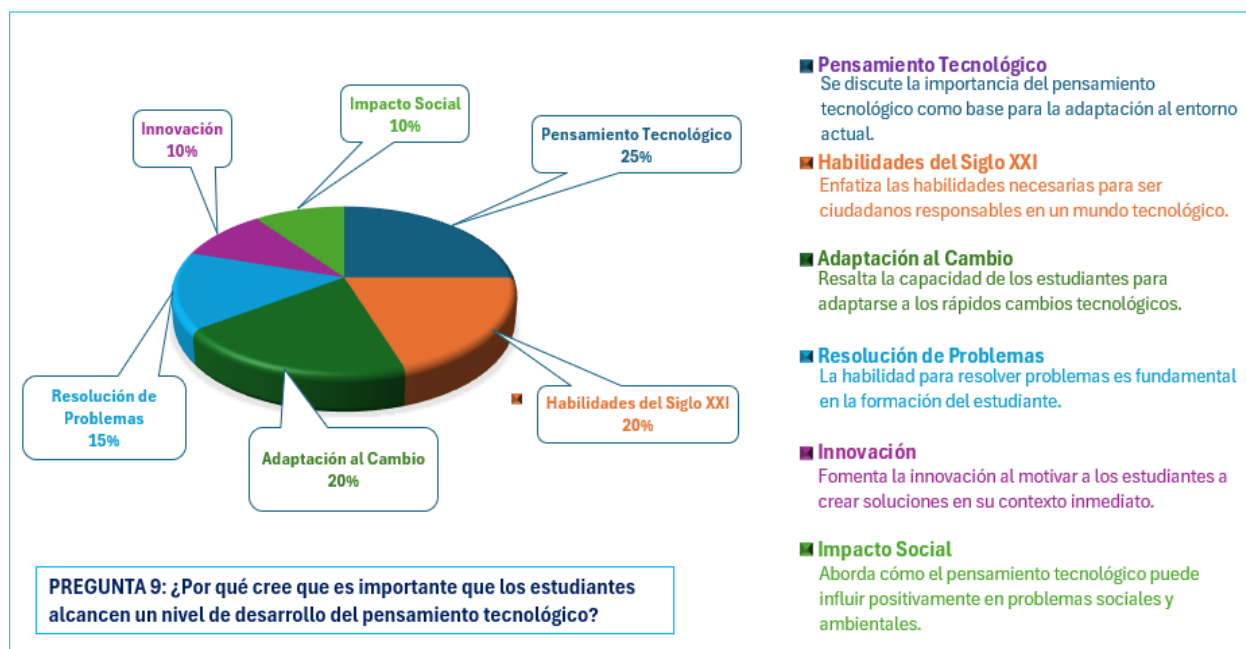


Muchos de los elementos allí mostrados, están encaminados en el diseño de una propuesta pedagógica enfocada en fortalecer el pensamiento tecnológico en estudiantes de educación media. Los elementos clave, incluyen la implementación de proyectos interdisciplinarios, el uso de herramientas tecnológicas actuales, la resolución de problemas reales, y la promoción de la creatividad e innovación (Delgado, 2019). Se destaca la importancia del trabajo en equipo y la colaboración, así como la evaluación formativa y reflexiva para guiar el aprendizaje. También, se menciona la necesidad de capacitar a los docentes y establecer vínculos con el sector productivo para contextualizar la educación tecnológica.

**Pregunta 9.** Con respecto a esta pregunta, desde la experiencia de los docentes, se quiso identificar algunas bondades que puede llegar a tener el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes, así como algunos impactos en el contexto escolar y social cercano. La mayoría de estos beneficios, van en procura de formar ciudadanos con altas capacidades tecnológicas, sociales, ambientales y éticas, las cuales se pueden visualizar en la gráfica 15.

### Gráfica 15

*Bondades del desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes*

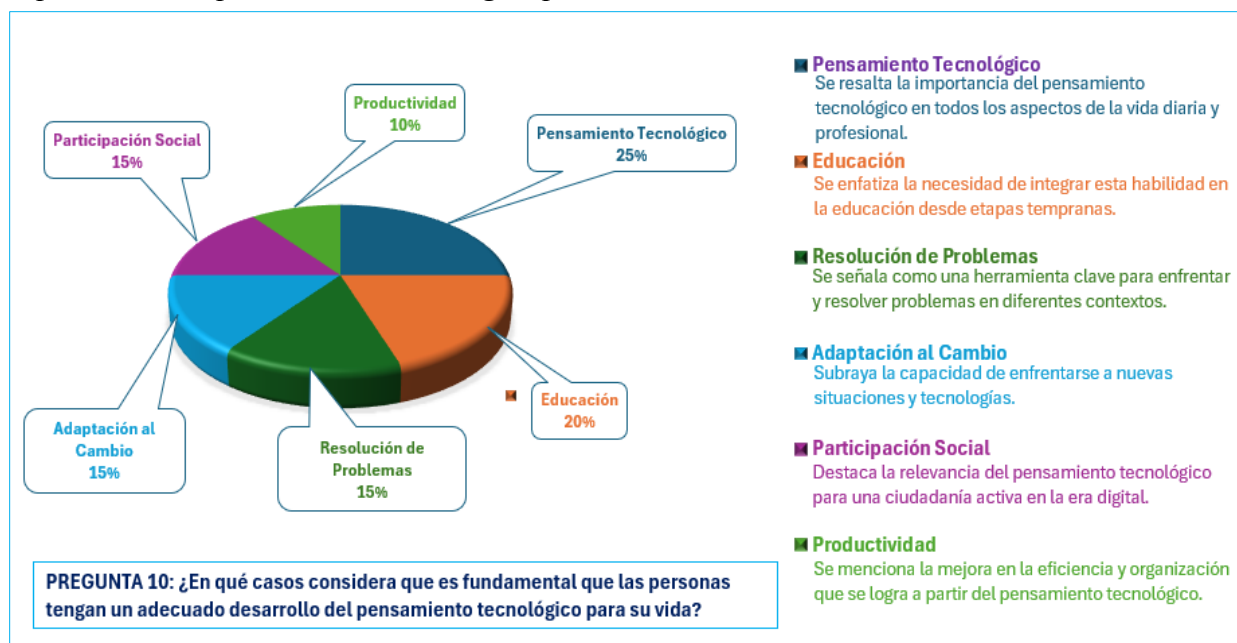


En relación con la anterior descripción, se puede concluir que el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes, es vital para su adaptación al mundo actual, ya que promueve la resolución de problemas, la creatividad y la toma de decisiones informadas. Además, prepara a los estudiantes para futuros entornos académicos y laborales, fomentando habilidades del siglo XXI, como el pensamiento crítico y la colaboración. Así, los estudiantes pueden proponer soluciones a problemas sociales y ambientales, lo que contribuye, significativamente, al desarrollo del país (Álvarez, 2019). Se resalta la necesidad de integrar este enfoque en el currículo educativo, mejorar la infraestructura tecnológica y capacitación docente.

**Pregunta 10.** En esta última pregunta, se indagó acerca de por qué el desarrollo del pensamiento tecnológico es fundamental en la vida de las personas, en diferentes contextos, buscando encontrar situaciones en las que las personas puedan aprovechar estos conocimientos no solamente si pertenecen a carreras o empleos relacionados con la tecnología, sino en circunstancias del diario vivir. Esta información se describe en la gráfica 16.

### Gráfica 16

#### *Importancia del pensamiento tecnológico para la vida*





A manera de resumen del anterior análisis en la pregunta 10, se puede afirmar que el pensamiento tecnológico es considerado fundamental en todos los aspectos de la vida moderna, ya que permite a las personas resolver problemas de manera creativa y adaptarse a los avances tecnológicos. Se argumenta que es esencial en ámbitos como el estudio y el trabajo (especialmente en carreras relacionadas con la tecnología y la ciencia), la toma de decisiones informadas, la participación social activa en un entorno digital y la adaptación al cambio (Samán, 2020). Se subraya la importancia de integrar el pensamiento tecnológico en la educación, desde la formación básica, hasta el aprendizaje continuo, resaltando su relevancia para mejorar la productividad y fomentar el emprendimiento.

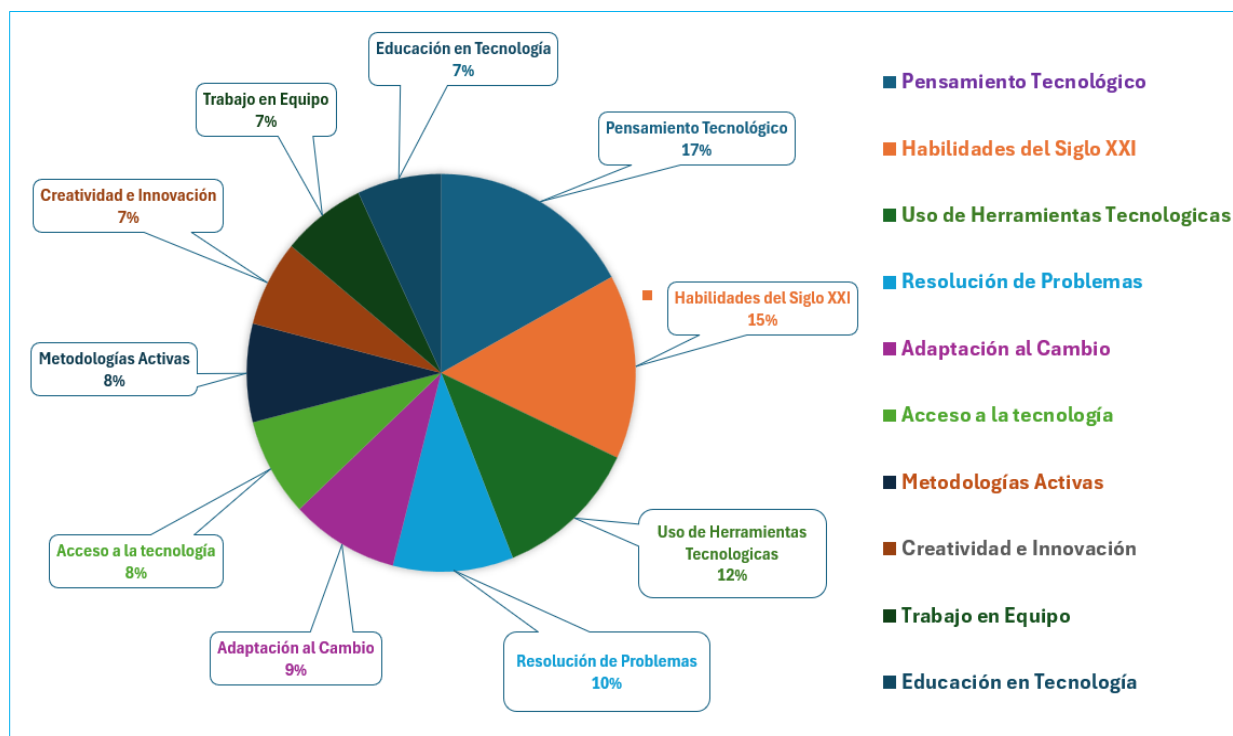
#### ***4.2.5 Análisis Integrado de las Preguntas de la Entrevista Semiestructurada***

Una vez realizado el análisis de cada una de las 10 preguntas y sintetizados los elementos esenciales de cada una de ellas, se procedió a encontrar los aspectos para tener en cuenta, según su frecuencia en las observaciones anteriores y su relevancia, para que logran tener utilidad en el diseño de la propuesta pedagógica. Algunos de los aspectos no se tuvieron en cuenta, porque no tenían suficiente pertinencia o porque no se encontraban dentro de los alcances de esta investigación, como los relacionados con políticas públicas, diseño de currículos o dotaciones en herramientas tecnológicas para los centros educativos.

A continuación, se muestran los 10 aspectos y elementos más destacados en el análisis completo de la entrevista semiestructurada que se tuvieron en cuenta para la estructuración de la propuesta pedagógica, centrada en conducir a los estudiantes de educación media al desarrollo del pensamiento tecnológico. En la gráfica 17, se observa cada elemento con su peso porcentual, de acuerdo con la relevancia y pertinencia descritas anteriormente.

### Gráfica 17

*Aspectos y elementos más relevantes del análisis completo de la E.S.*



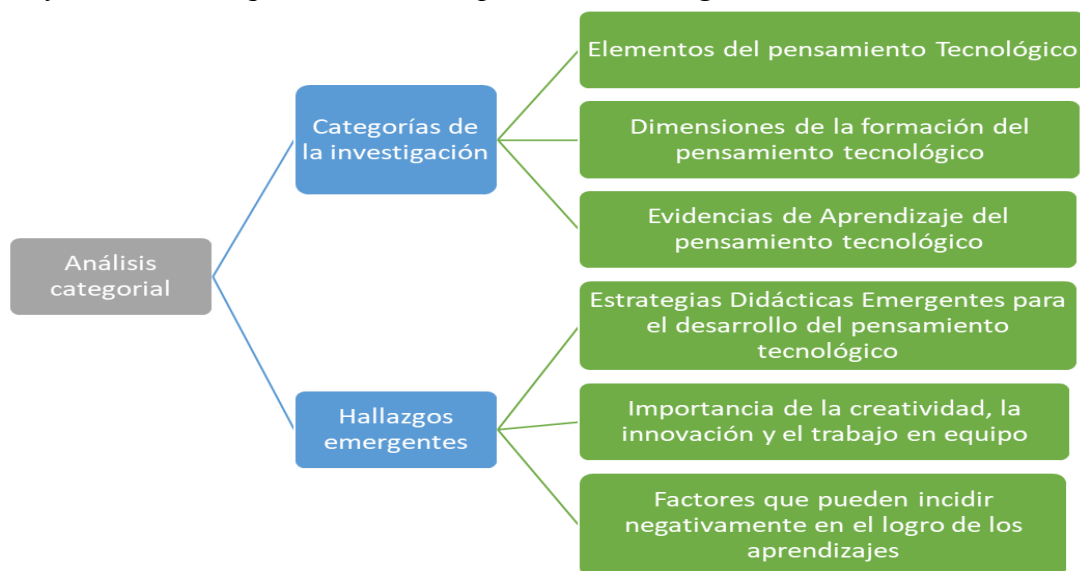
Como se observa en la gráfica, los elementos más destacados en el análisis de la entrevista, coinciden con algunas de las categorías y conceptos surgidos en el análisis documental, tales como el pensamiento tecnológico (17%), las habilidades del siglo XXI (15%) y el uso de herramientas tecnológicas (12%); en menor proporción, encontramos la resolución de problemas (10%), la adaptación al cambio (9%), el acceso a la tecnología (8%) y las metodologías activas (8%); finalmente, aparece la creatividad e innovación (7%), el trabajo en equipo (7%) y la educación en tecnología (7%). Todos estos elementos fueron tenidos en cuenta e incorporados, en alguna proporción, en el diseño de la propuesta pedagógica que se explicará en los apartados posteriores de este documento.

Posteriormente, a la determinación de aspectos y elementos de la entrevista, se realizó el análisis categorial propuesto en la metodología, tomando como insumo la síntesis obtenida en el paso anterior. El análisis, se hizo encontrando las coincidencias, las diferencias y los hallazgos emergentes, comparando esta información obtenida con la registrada en el análisis documental del primer objetivo, que se explicó con anterioridad.

Este análisis, posibilitó recoger las impresiones, opiniones, conocimientos y experiencias de docentes y expertos en lo relacionado con los resultados y evidencias de aprendizaje, que los estudiantes deben lograr para fortalecer el pensamiento tecnológico, los elementos didácticos y pedagógicos que contribuyen, directamente, en estos resultados y los componentes fundamentales en la estructuración de una propuesta pedagógica, que permitiera desarrollar el pensamiento tecnológico en los estudiantes de educación media. A continuación, en la figura 43, se ilustran los principales aspectos relacionados con las categorías de la investigación, así como los emergentes, en los que la entrevista semiestructurada aportó elementos valiosos para la propuesta.

**Figura 43**

*Elementos fundamentales que la entrevista aportó a la investigación*

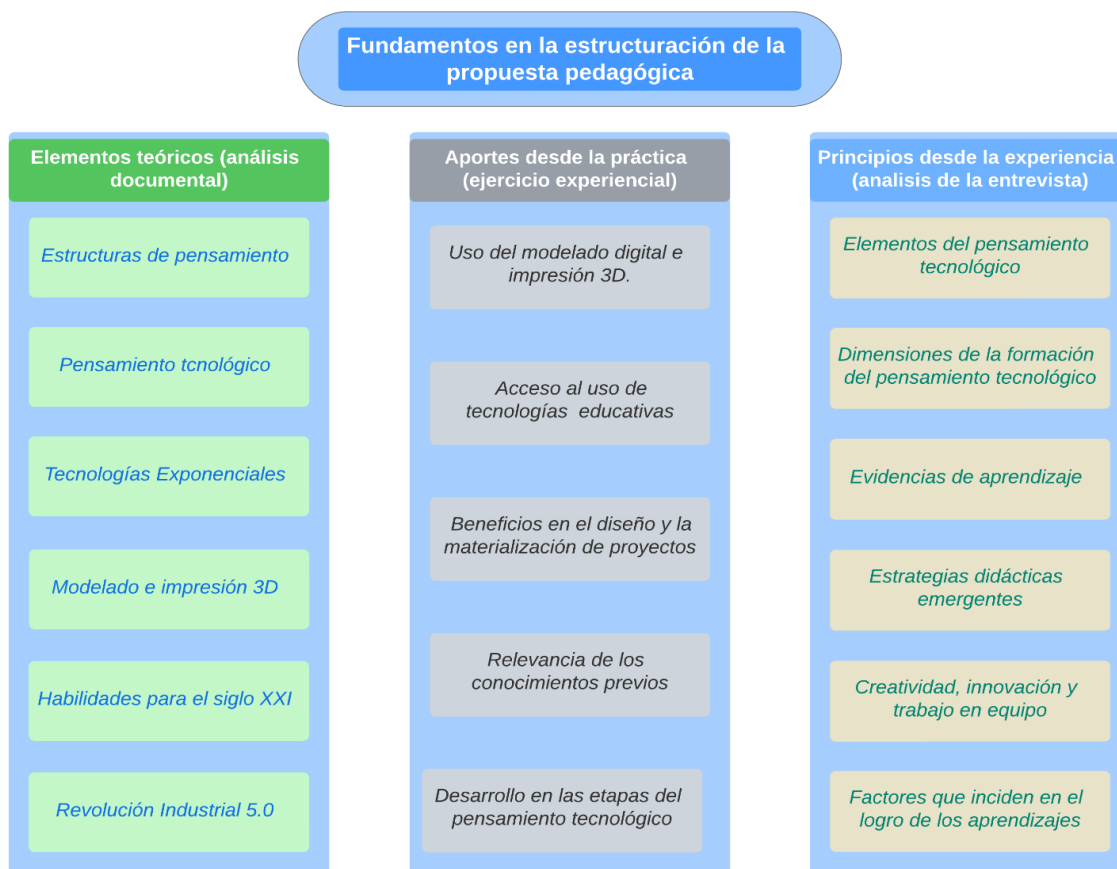


#### 4.2.6 Estructuración de la Propuesta pedagógica

En esta fase de la investigación y diseño de la propuesta, se incorporaron los fundamentos derivados de los resultados, en tres dimensiones importantes, en primer lugar, el análisis documental realizado y descrito en el objetivo 1, con aspectos teóricos elementales; en segundo lugar, el ejercicio experiencial realizado con los estudiantes, con aportes desde la práctica, con la integración de herramientas tecnológicas y, en tercer lugar, del análisis y resultados de la entrevista semiestructurada realizada a docentes y expertos, con principios sustanciales desde la experiencia de educación en tecnología. Lo anterior, se planteó desde el diseño metodológico, las dimensiones y aspectos incorporados, se sintetizan en el esquema de la figura 44.

**Figura 44**

*Fundamentos y elementos claves para la estructuración de la propuesta pedagógica*



La descripción detallada, componentes y análisis de la propuesta pedagógica, producto de esta investigación, se explicará en detalle en el capítulo de discusión de los resultados y aportes al conocimiento, ya que comprende el diseño y la construcción de diversos elementos, como esquema general de la propuesta, guías de trabajo para cada una de las etapas, pruebas de entrada y salida, material bibliográfico y digital de apoyo, tutoriales para el desarrollo de actividades, rubricas de evaluación, entre otros.

La estructuración de la propuesta pedagógica que se da como el resultado del análisis y síntesis de la información recogida, permitió dar paso a la siguiente etapa de la investigación, que consistió en la implementación en las cuatro instituciones educativas seleccionadas, que corresponden a colegios del sector público y privado de la ciudad de Bogotá y otras regiones del país. En el siguiente apartado se describe todo este proceso.

#### **4.3. Desarrollo del Objetivo Específico Número Tres**

Para el avance de esta fase de la investigación, fue necesario contar con la estructura de la propuesta pedagógica, diseño de guías, materiales, rubricas de evaluación, tutoriales y demás material bibliográfico, así como disponer de la logística, en cuanto a equipos de impresión, computadores, software y el acompañamiento de los docentes, ya que, como se mencionó anteriormente, este objetivo tenía como propósito poner en práctica la propuesta pedagógica elaborada, usando el modelado e impresión 3D, como recurso pedagógico y acercar a los estudiantes al desarrollo del pensamiento tecnológico. Un instrumento esencial para este proceso fue la bitácora de observación cuantitativa (Molano, 2022), que se planteó en el diseño metodológico, la cual, permitió recoger información acerca del trabajo y proceso de los estudiantes en cada uno de los pasos de la propuesta. Esta bitácora cuenta con cada etapa del proceso, dividida en las actividades a desarrollar y cada actividad, muestra los indicadores de

desempeño que el estudiante debe obtener; de igual forma, dispone de campos para registrar los datos del estudiante y los grupos de trabajo; también, permitió asignar a los participantes el desempeño del proceso, dentro de las fases de la implementación, con valoraciones entre 1 y 5, en los niveles bajo, medio y alto. En la figura 45 se puede observar la estructura general de la bitácora, con sus componentes. El instrumento completo se puede consultar en el anexo G de esta investigación.

**Figura 45**

*Estructura general de la bitácora de observación cuantitativa*

| "DESARROLLO DEL PENSAMIENTO TECNOLÓGICO"                          |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | DATOS DE LOS ESTUDIANTES |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------|-------|------|------|----------|------|------|-------|----------|------|-------|------|---|---|---|
| Fecha                                                             |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | XXXXXX                   |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
| Sesión                                                            |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | 1                        |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
| Curso                                                             |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | XXX                      |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
| Evaluador                                                         |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | XXXXXX                   |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
| Por favor diligenciar marcando una X en una de las cinco columnas |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | EQUIPO 1                 |       |      |      | EQUIPO 2 |      |      |       | EQUIPO 3 |      |       |      |   |   |   |
|                                                                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | BAJO                     | MEDIO | ALTO | BAJO | MEDIO    | ALTO | BAJO | MEDIO | ALTO     | BAJO | MEDIO | ALTO |   |   |   |
|                                                                   |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | 1                        | 2     | 3    | 4    | 5        | 1    | 2    | 3     | 4        | 5    | 1     | 2    | 3 | 4 | 5 |
| INICIO                                                            | Conformación de Equipos | Se construyen los equipos de trabajo teniendo en cuenta las cercanías académicas, emocionales y personales.                                                                                                                                                                                                                |  |                          |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
|                                                                   | Situación problemática  | El grupo de trabajo identifica la situación problema o acontecimiento de forma objetiva.                                                                                                                                                                                                                                   |  |                          |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
|                                                                   |                         | El grupo de trabajo analiza la situación, problema o acontecimiento desde la perspectiva tecnológica.                                                                                                                                                                                                                      |  |                          |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
| PROBLEMATIZACIÓN                                                  | Objetivos               | Cada grupo de trabajo construye el objetivo de la solución desde lo tecnológico.                                                                                                                                                                                                                                           |  |                          |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
|                                                                   |                         | Cada grupo de trabajo construye el objetivo desde sus conocimientos aportando a la solución.                                                                                                                                                                                                                               |  |                          |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
| CONCEPTUALIZACIÓN                                                 | Contexto                | El grupo de trabajo identifica las características del entorno desde su experiencia.                                                                                                                                                                                                                                       |  |                          |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
|                                                                   |                         | El grupo de trabajo identifica las características del entorno, teniendo en cuenta los recursos disponibles.                                                                                                                                                                                                               |  |                          |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |
|                                                                   | Teoría                  | El grupo de trabajo empieza a indagar acerca de teorías alrededor de la situación, que permiten ver posibles soluciones a la situación problemática. El grupo de trabajo busca teorizar el problema, planteando posibles soluciones con los recursos disponibles en cada etapa. (Son 6 etapas según la propuesta diseñada) |  |                          |       |      |      |          |      |      |       |          |      |       |      |   |   |   |

**EQUIPOS Y NIVELES DE DESEMPEÑO**

**INDICADORES DE DESEMPEÑO**

**ACTIVIDADES A DESARROLLAR**

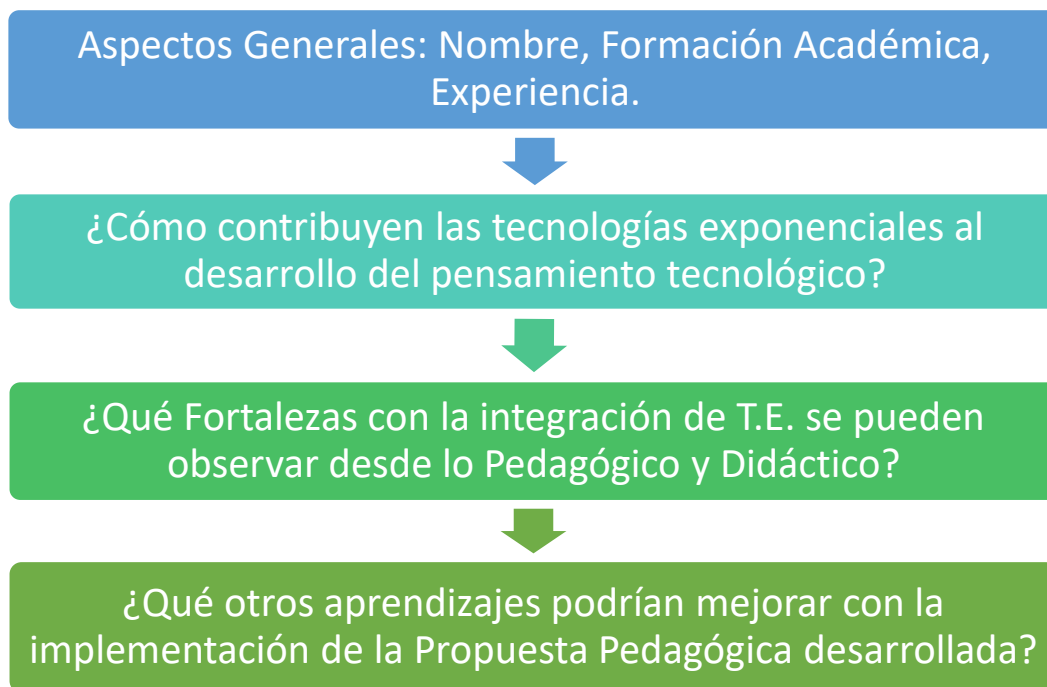
**ETAPAS DE LA PROPUESTA**

**CAMPOS PARA REGISTRO DEL DESEMPEÑO**

Asimismo, las etapas contaron con una rúbrica para cada actividad propuesta, en la que el docente fue registrando el desempeño y los resultados de aprendizaje de forma individual y grupal, durante el proceso implementado. Este instrumento, suministró información importante acerca del avance y resultados de aprendizaje de los estudiantes en el proceso; pero además, permitió evidenciar aspectos acerca de cómo las tecnologías exponenciales pueden contribuir al desarrollo del pensamiento tecnológico, las fortalezas y debilidades del uso de estas tecnologías en lo educativo y otros tipos de aprendizajes que podrían beneficiarse al implementar la propuesta pedagógica diseñada; adicionalmente, se identificaron posibles ajustes y mejoras en futuras intervenciones (Quiroga, 2019). En el siguiente gráfico se muestran algunos de los aspectos mencionados anteriormente.

**Figura 46**

*Aspectos importantes recopilados con la bitácora de observación cuantitativa*



#### ***4.3.1 Implementación de la Propuesta Pedagógica***

La etapa de la implementación de la propuesta, se llevó a cabo en cuatro instituciones de educación pública y privada de la ciudad de Bogotá y otras regiones del país; fueron 240 estudiantes divididos en ocho grupos de 30 estudiantes de los grados 10 y 11; es decir, lo que en Colombia se conoce como educación media, de los cuales cuatro fueron intervenidos con la propuesta pedagógica y los otros cuatro, se tuvieron como grupo de control para poder hacer comparaciones en los resultados, una vez implementada la propuesta.

Los recursos y medios para la implementación, fueron suministrados, en primer lugar, por los docentes y las instituciones educativas que, en algunos casos, dotaron los espacios académicos con los softwares de modelado, así como equipos para impresión 3D; en otros casos, ya contaban con ellos. En segundo lugar, la formación, material de apoyo y recursos digitales, como guías, rúbricas y tutoriales, fueron aportados por el investigador, puesto que hacen parte fundamental de la estructura y desarrollo de la propuesta.

El seguimiento e intervención en esta parte de la investigación, se realizó por parte de los docentes en las instituciones, en donde se hizo la implementación, a través del diligenciamiento del instrumento denominado bitácora de observación cuantitativa, descrito en párrafos anteriores. Como se explicó, este instrumento contó con una rúbrica para establecer los aprendizajes a desarrollar en cada una de las etapas del modelo de la propuesta pedagógica.

Observando por separado los resultados de cada institución, se pudo determinar que los aprendizajes presentan coherencia con los resultados generales que se obtuvieron al final de este análisis; sin embargo, hay algunas diferencias particulares que vale la pena analizar y determinar, como qué factores pudieron haber afectado los aprendizajes dentro de cada contexto. En las dos



instituciones educativas públicas de la ciudad de Bogotá, se dieron los siguientes resultados, con algunas diferencias.

**Institución 1.** En esta institución, se vieron proyectos relacionados con el uso de la automatización, como herramienta para solucionar problemas del entorno; algunos ejemplos de esto, fueron el diseño y construcción de dispensadores automáticos de comida para mascotas, canecas de basura inteligentes, contador de refrigerios para los estudiantes y aspiradoras automáticas, planteando así soluciones a problemas del contexto cercano de los miembros, en la comunidad educativa; algunos de ellos, se pueden observar en la figura 47.

**Figura 47**

*Proyectos desarrollados en la institución número 1*

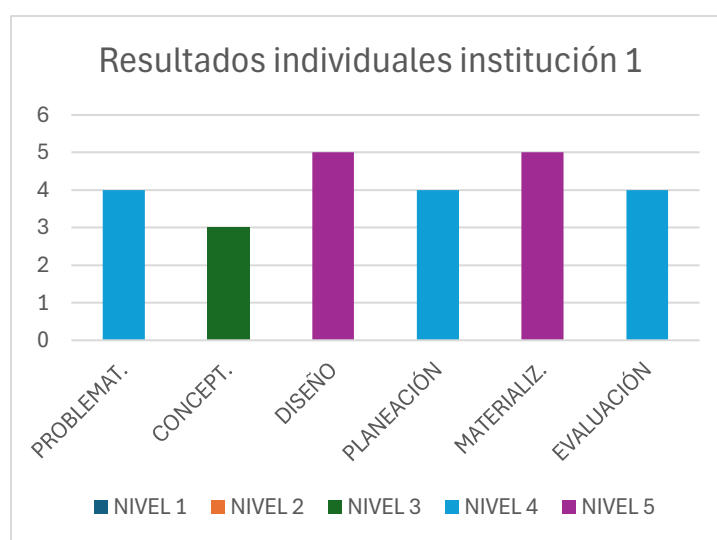


Es importante aclarar que, aunque en este caso, se combinaron procesos de corte laser e incluso, la utilización de materiales reciclados, el modelado e impresión 3D, fueron

fundamentales para el diseño y materialización de estos proyectos, haciéndolos mucho más prácticos, versátiles y novedosos, en muchas de las partes de su elaboración. Pero no solamente se dieron aportes en estas etapas del desarrollo del pensamiento tecnológico, también fueron valiosos los avances en las etapas de problematización, planeación y evaluación, en los que se observaron importantes resultados en la implementación de la propuesta implementada, en esta institución. Donde se mostró un avance significativo inferior, fue en la etapa de conceptualización, quizás, porque el desarrollo e intencionalidad del proceso por parte de la docente, se centró más en lo procedimental que en lo cognitivo, sin desconocer que los estudiantes adquirieron conocimientos y conceptos importantes en la solución de problemas con la integración de herramientas tecnológicas. Los avances en las diferentes etapas del proceso para este grupo de estudiantes, se evidencian en la gráfica 18.

### Gráfica 18

*Resultados individuales en la institución educativa 1*



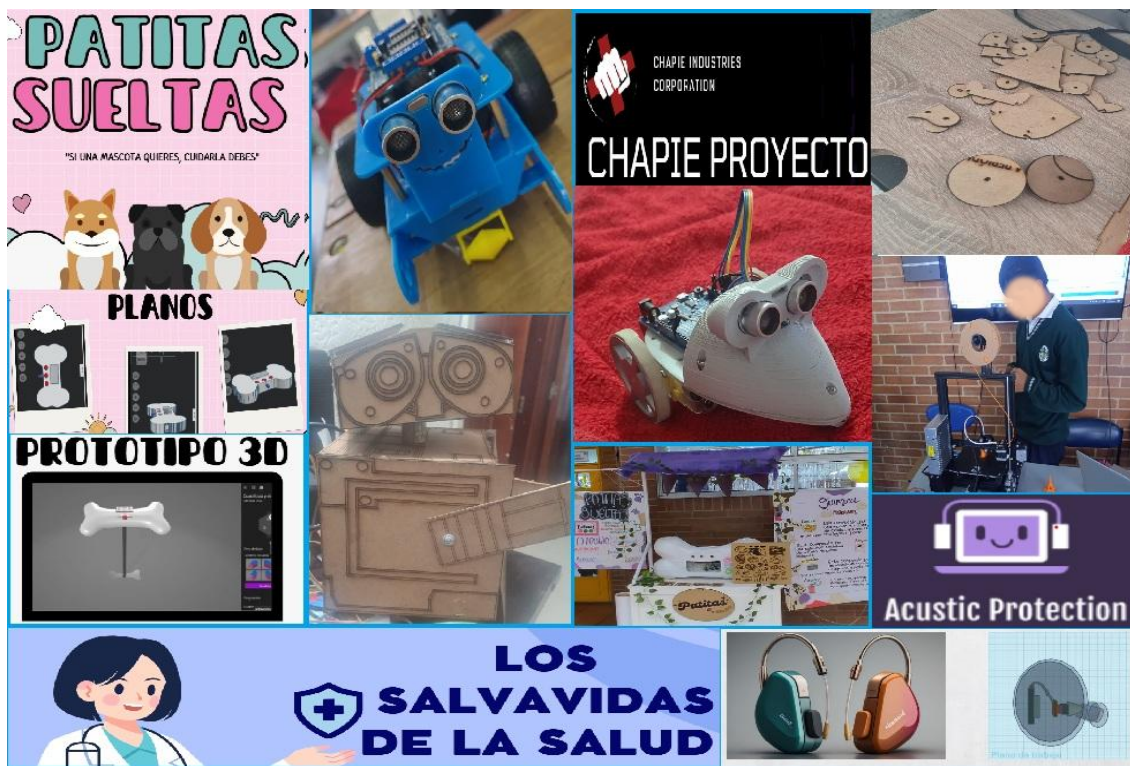
**Institución 2.** Para la institución de educación pública número dos, fue interesante ver el desarrollo de diferentes proyectos basados en artefactos, con aplicaciones de robótica y programación, enfocados en solucionar problemas del entorno, pero que, además, pueden ser

aplicados en otros contextos, creando así, artefactos más universales, innovadores y con mucha más proyección. Algunos de los proyectos desarrollados, fueron dispositivos para el rastreo y cuidado de mascotas, robots para el cuidado de personas y asistentes de salud, robots para guiar a personas con baja visión o adultos mayores, dispositivos para protegerse de la contaminación acústica, entre otros. En los proyectos, se ve un fuerte trabajo de los docentes y estudiantes, con conocimientos previos en la manipulación de tarjetas electrónicas y la programación.

En este caso, también se usó el corte laser y el modelado e impresión 3D, como herramientas para la materialización, además de otras técnicas de construcción, que ya los estudiantes conocían para la elaboración de los prototipos y modelos. Algunos de estos proyectos se observan en la figura 48.

**Figura 48**

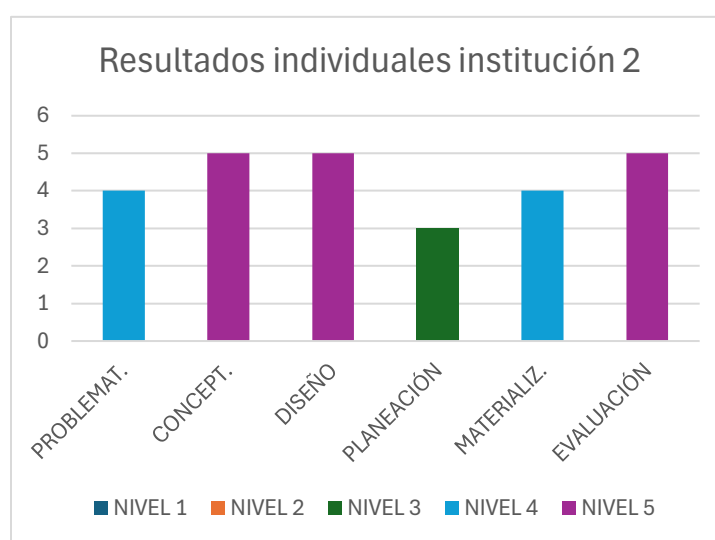
*Proyectos desarrollados en la institución número 2*



A diferencia de los resultados de la institución número uno, aquí, los mejores resultados se vieron en la conceptualización, el diseño y la evaluación, muy probablemente, debido a que los estudiantes ya tenían un poco más de conocimientos en la parte de conceptos y diseño. Sin embargo, también se observan mejoras importantes en otras etapas del proceso, como la problematización y la materialización, como lo muestra la gráfica 19.

### Gráfica 19

*Resultados individuales en la institución educativa 2*



**Institución 3.** En el caso de la institución educativa número tres, que es de carácter privado en la ciudad de Bogotá, en la que los estudiantes de media cuentan con profundización en medio ambiente, administración y electrónica, los proyectos estuvieron centrados en estas líneas de trabajo. Las propuestas tienen un fuerte componente de cada una de estas áreas y tienen un desarrollo conceptual fuerte, mostrando fortalezas en lo teórico, la organización, evaluación y socialización de los productos, por parte de los estudiantes.

Algunos de los trabajos más representativos, se centraron en el desarrollo de modelos de casas y edificios autosuficientes energéticamente, con uso de la domótica e inmótica, ya que manejan muy bien los conceptos de electrónica y automatización.

En esta institución, los estudiantes no habían tenido mayor contacto con el uso del modelado e impresión 3D, por lo cual, causó bastante curiosidad e interés; pero al mismo tiempo, costó un poco más de trabajo la inclusión en el uso del modelado e impresión 3D, como recurso pedagógico que puede ayudar en el fortalecimiento del pensamiento tecnológico.

Las fortalezas de la propuesta pedagógica, tuvieron mayor impacto en la parte de modelado digital, puesto que, mediante el uso de software especializado, pudieron diseñar y realizar los modelos de maquetas, prototipos y artefactos.

Sin embargo, la incorporación de elementos diseñados y materializados, mediante la impresión 3D, cumplió un papel importante en facilitar algunos procesos para el diseño y la construcción de los mecanismos, partes y elementos estructurales de los proyectos, usando esta tecnología exponencial. En la figura 49, se observan algunos de los proyectos más destacados que desarrollaron los estudiantes de esta institución.

**Figura 49**

*Proyectos desarrollados en la institución número 3*

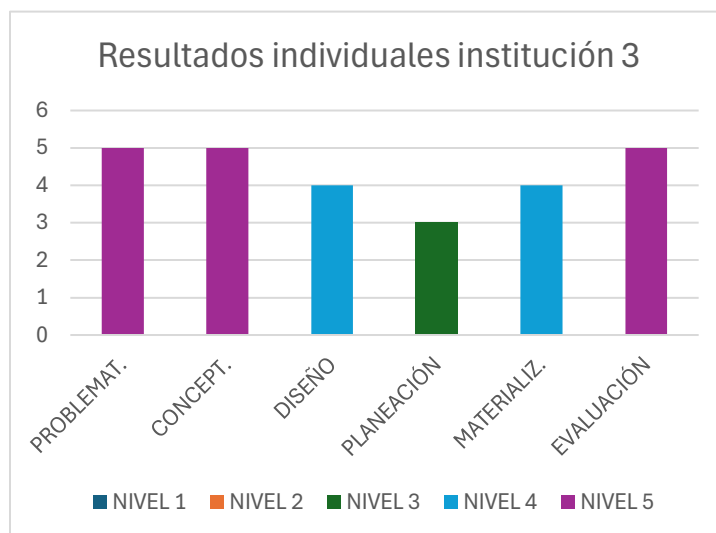


En el caso de esta institución educativa, y teniendo en cuenta el poco conocimiento previo de los estudiantes en el uso del modelado digital y la impresión 3D, los resultados mostraron un mejor desempeño en las etapas de problematización, conceptualización y evaluación, un desempeño medio en las etapas de diseño y materialización, así como el menor desarrollo, se evidenció en la etapa de planeación. Los logros obtenidos para esta institución educativa se visualizan en la gráfica 20.



**Gráfica 20**

*Resultados individuales en la institución educativa 3*



**Institución 4.** En la institución educativa número cuatro, de carácter público del municipio de Puerto Boyacá, Colombia, particularmente con el apoyo de la propuesta pedagógica, se inició un centro de interés para desarrollar actividades relacionadas con robótica, electrónica, impresión 3D y tecnologías exponenciales, ya que se contaba con algunas herramientas, como impresora 3D y algunas tarjetas de desarrollo para electrónica, así como con la infraestructura para poder desarrollar proyectos que fortalezcan estos aprendizajes. Aquí también, fue fundamental el conocimiento del docente que implementó la propuesta, con amplia experiencia en los temas mencionados, a pesar de ser nuevo en la institución.

Para la intervención, se trabajó con los participantes del centro de interés; sin embargo, no eran estudiantes con conocimientos previos, sino que más bien, mostraban curiosidad y disposición por aprender acerca del uso de nuevas tecnologías, como la electrónica, la robótica y el modelado digital e impresión 3D.

A diferencia de las intervenciones hechas en las instituciones anteriores, aquí, el desarrollo de la propuesta pedagógica no estaba condicionada al área de tecnología e informática, sino al centro de interés, como se mencionó anteriormente, por lo que no había ningún tipo de presión por las calificaciones o los desempeños de los estudiantes al final del proceso; esto, permitió comparar los resultados, cuando hay una condición como las calificaciones, en el caso del grupo no intervenido y cuando no existe más que un genuino interés por aprender sobre el uso y la apropiación de las nuevas tecnologías, así como la motivación y satisfacción personal por adquirir y dominar conocimientos relacionados con el avance tecnológico.

En este contexto, los estudiantes se centraron en soluciones a problemáticas del entorno de la misma institución educativa, ya que para el mismo desarrollo del centro de interés, existían necesidades particulares, por ejemplo, una de las dificultades era poder contar con el material de impresión, ya que por ser una región alejada de grandes centros urbanos, es particularmente complejo adquirir el filamento de PET, para las impresoras 3D; por eso, idearon la forma de utilizar las botellas de plástico como materia prima que, mediante una pequeña máquina extrusora, pudieron convertir en filamento para ser usado como insumo para sus demás proyectos.

Otra necesidad, era la creación de soportes para la conexión de tarjetas electrónicas, con los cuales no contaban; la impresión 3D, les permitió diseñar y construir estos soportes, entre otros elementos y herramientas, utilizados como material didáctico de apoyo. Como se mencionó anteriormente, la amplia experiencia del docente y el gran interés y curiosidad de los estudiantes, lograron importantes avances en sus conocimientos y desarrollo de las etapas del pensamiento tecnológico, solucionando problemas propios y dotando a la institución de materiales y



herramientas que son fundamentales para el avance, experiencia y fortalecimiento del centro de interés, que se proyecta como una gran alternativa extracurricular en la institución mencionada.

Una vez solucionados estos inconvenientes, los estudiantes empezaron a desarrollar modelos de robots didácticos, para su propio aprendizaje y el de futuros estudiantes del centro de interés, de los cuales, podemos ver algunos ejemplos en la figura 50.

**Figura 50**

*Proyectos desarrollados en la institución número 4*

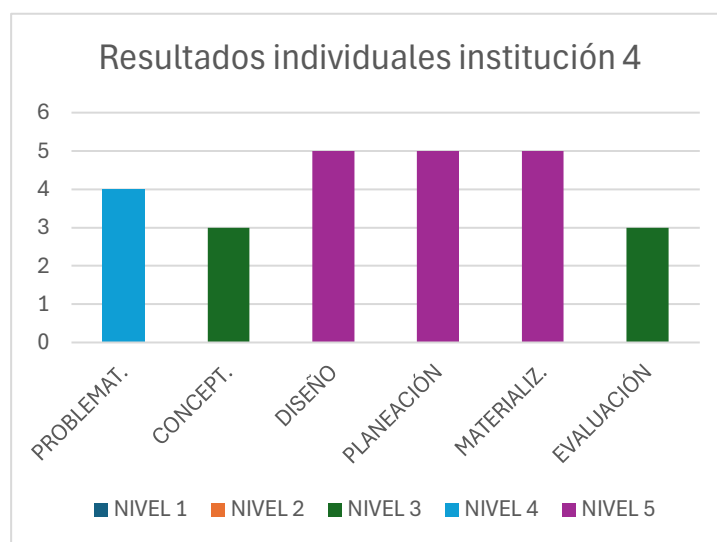


En esta institución y bajo el contexto del centro de interés, los resultados en los aprendizajes de los estudiantes mostraron mayor nivel de desempeño en las etapas de diseño, planeación y materialización; en la etapa de problematización, el desempeño obtenido se ubicó en un nivel medio, mientras que en la conceptualización y evaluación, el desempeño que se obtuvo fue de un nivel menor.

El alto desempeño de los estudiantes en las etapas de diseño, planeación y materialización, se da como resultado de las necesidades de los estudiantes, así como la intencionalidad del docente que, en conjunto, buscaron, en primer lugar, hacer uso de los equipos con los que se contaba y, en segundo lugar, mejorar las condiciones para poder dotar a la institución de herramientas e insumos necesarios para su propio funcionamiento, de forma sostenible. La gráfica 21, muestra el desempeño obtenido para cada una de las etapas del desarrollo del pensamiento tecnológico en esta institución educativa.

### **Gráfica 21**

*Resultados individuales en la institución educativa 4*



#### **4.3.2 Análisis y resultados de la prueba de entrada y salida**

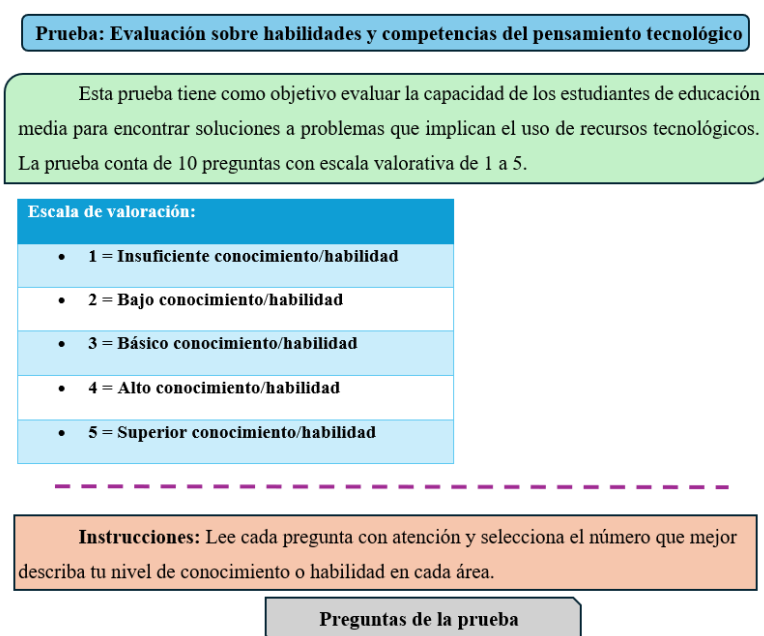
Dentro del diseño y estructura de la propuesta pedagógica se incorporó una prueba de entrada y salida para poder determinar, en primer lugar, el avance en el desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes, antes y después de la intervención y, en segundo

lugar, poder comparar estos resultados con los obtenidos en los grupos de control de cada institución que recibieron las clases de tecnología e informática con normalidad.

El diseño de las preguntas de la prueba se hizo teniendo en cuenta las etapas de la propuesta pedagógica, es decir, la problematización, la conceptualización, el diseño, la planeación, la materialización y la evaluación (Leguizamón, 2021). Estas preguntas se realizaron de forma que, tanto los estudiantes intervenidos como los del grupo de control, pudieran dar una valoración general sobre sus conocimientos y habilidades para plantear soluciones a problemas con recursos tecnológicos. La prueba contó con 10 preguntas que se evaluaron en escala valorativa de 1 a 5, por parte de los estudiantes de los cuatro grupos intervenidos y los cuatro grupos de control, con un total de 240 estudiantes participantes. Para esta prueba se calculó el coeficiente de confiabilidad encontrando un valor de 0.82, lo cual brinda confianza y solidez en los datos recolectados. En la figura 51 se muestran la escala valorativa y sus convenciones y algunos detalles de la prueba.

### Figura 51

*Escala valorativa y detalles de la prueba de entrada y salida*



Las 10 preguntas con las que contó la prueba de entrada y salida estuvieron divididas de acuerdo con las etapas del desarrollo del pensamiento tecnológico en: dos, sobre la problematización, dos, en cuanto a la conceptualización, dos referentes al diseño, una, relacionada con la planeación, dos, con respecto a la materialización y una, concerniente a la evaluación. Esto, con el fin de analizar los resultados de acuerdo con las competencias y habilidades que se busca desarrollar en cada una de las etapas de la intervención; las preguntas realizadas a los estudiantes y su clasificación se muestran en la tabla 3.

**Tabla 4**

*Clasificación de las preguntas de la prueba de entrada y salida*

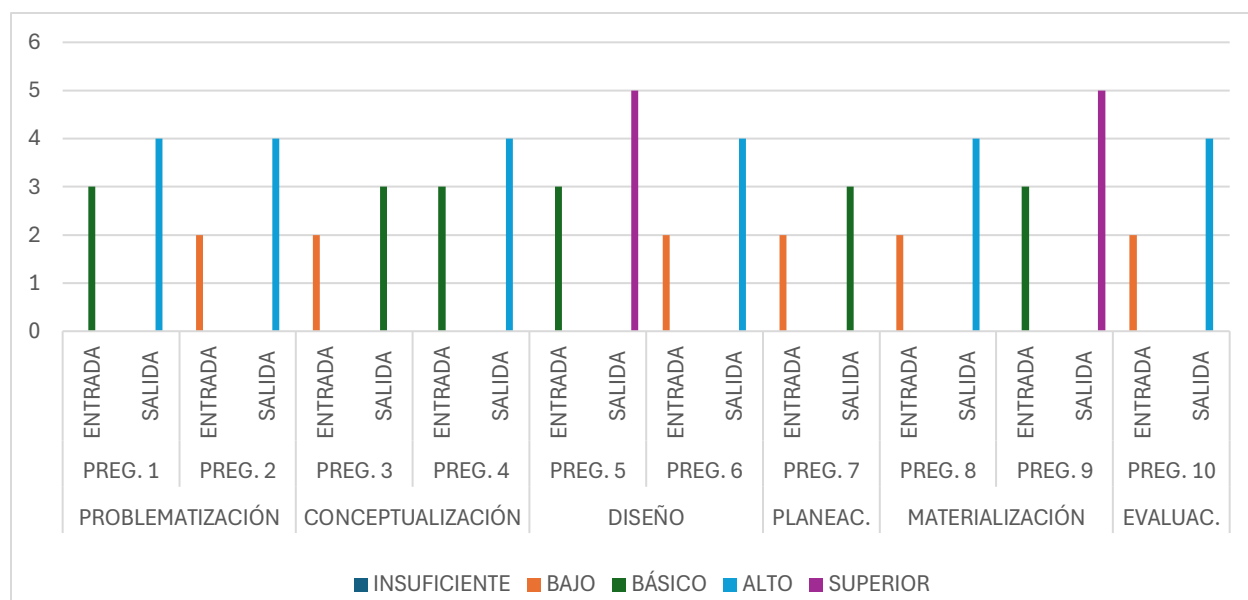
| <b>Problematización</b>                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. ¿Qué tan hábil eres para identificar un problema, descomponerlo en partes más pequeñas y luego buscar soluciones tecnológicas?                                                                  |
| 2. ¿Qué tanta habilidad tienes generando ideas creativas para resolver problemas utilizando herramientas tecnológicas?                                                                             |
| <b>Conceptualización</b>                                                                                                                                                                           |
| ¿Con qué tanta habilidad puedes conceptualizar un plan inicial que describa los pasos para implementar una solución tecnológica?                                                                   |
| ¿Qué tan competente te sientes explorando ejemplos de soluciones similares para inspirar y conceptualizar tus propias ideas?                                                                       |
| <b>Diseño</b>                                                                                                                                                                                      |
| ¿Qué nivel de comprensión tienes sobre los principios de diseño aplicables al modelado digital? (ejemplo: escalado, proporciones, soporte y resistencia de la pieza).                              |
| ¿Qué tan competente te consideras integrando el modelado 3D con otras tecnologías como la robótica, la programación o la realidad virtual?                                                         |
| <b>Planeación</b>                                                                                                                                                                                  |
| ¿Qué tan bien puedes identificar las herramientas tecnológicas adecuadas para planear la solución a un problema específico? (por ejemplo, elegir entre una aplicación de diseño o una de cálculo). |
| <b>Materialización</b>                                                                                                                                                                             |
| ¿Cómo evaluarías tu capacidad para materializar soluciones tecnológicas creativas? (por ejemplo, creación de prototipos, desarrollo de proyectos con tecnología).                                  |
| ¿Qué tan hábil eres en la integración de diferentes recursos tecnológicos (por ejemplo, hardware y software) para materializar una solución a un problema tecnológico?                             |
| <b>Evaluación</b>                                                                                                                                                                                  |
| ¿Qué facilidad tienes para hacer la evaluación de los resultados obtenidos al implementar una solución tecnológica y proponer mejoras?                                                             |

Luego de realizar esta prueba, tanto antes como después de la intervención de la totalidad de los estudiantes, se procedió a recolectar y analizar los resultados, tanto para los grupos intervenidos como para los grupos de control. Para este análisis, se organizó primero, la información de los grupos intervenidos, buscando comparar los resultados antes y después de la implementación.

Los resultados globales para los cuatro grupos intervenidos con un total de 120 estudiantes consultados, mostraron un avance importante entre el antes y el después de la intervención. Cabe aclarar que aquí solo se midió este desempeño con la información suministrada por los estudiantes y en los puntos inicial y final de la implementación de la propuesta, los resultados, durante el proceso, fueron los que se recogieron con la bitácora de observación cuantitativa, y se mostraron de forma individual para cada institución en el apartado anterior. La gráfica 22 muestra los puntajes obtenidos para cada pregunta realizada en la prueba de entrada y salida en los grupos que hicieron parte de la intervención.

## Gráfica 22

### *Prueba de entrada y salida para grupos intervenidos*

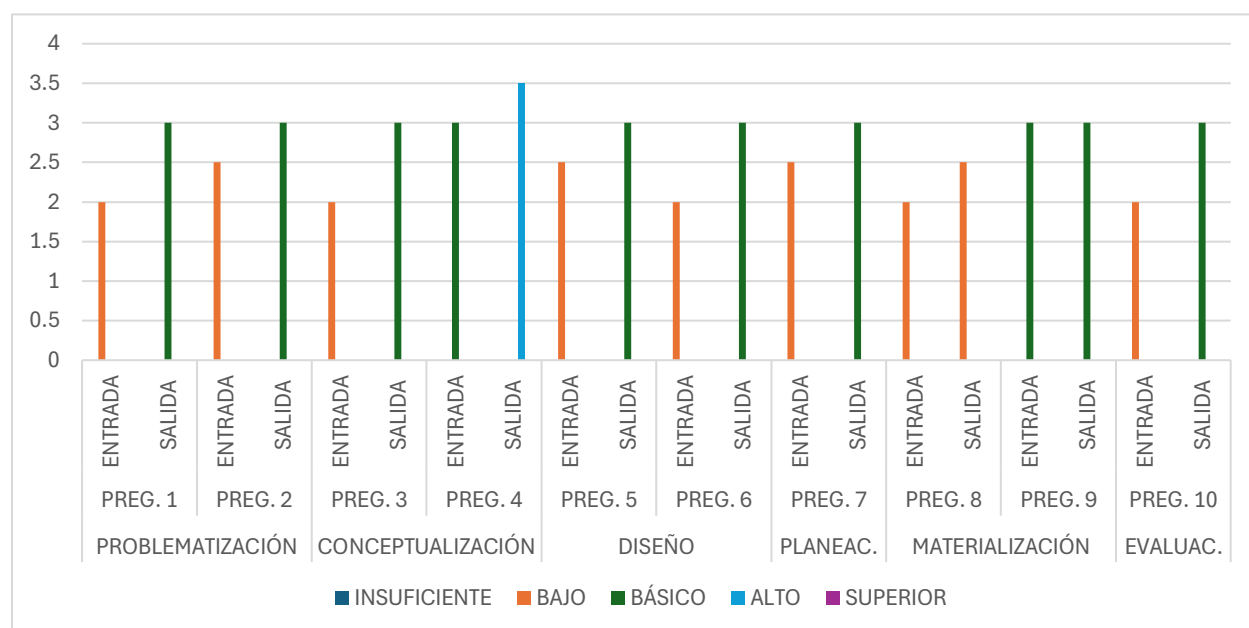


Como se observa en la gráfica, se nota una marcada diferencia entre los puntajes de entrada y salida para cada una de las preguntas; de igual forma, se aparecen puntajes elevados en las preguntas correspondientes a diseño y materialización, en menor proporción en problematización y la conceptualización y con menor nivel, en las etapas de planeación y evaluación. Sin embargo, en todas la preguntas y etapas, se nota un avance notable después de la intervención para los grupos de estudiantes que hicieron parte de la implementación de la propuesta pedagógica.

Posteriormente, se tabularon y graficaron los resultados para el caso de los grupos de control, con los que se realizó la misma prueba, teniendo en cuenta que ellos recibieron las clases de tecnología e informática normales, en algunos casos con el desarrollo de propuestas bajo metodologías proyectuales o instruccionales, pero en ningún caso tuvieron acceso a las etapas del desarrollo del pensamiento tecnológico ni al uso del modelado digital e impresión 3D, como herramientas didácticas para la educación en tecnología.

### Gráfica 23

*Prueba de entrada y salida para grupos de control*



En la gráfica, se observan los resultados de la aplicación de esta herramienta de evaluación, los cuales, mostraron que los niveles obtenidos no cambiaron significativamente, entre antes y después del tiempo que recibieron la formación normal, dentro de la asignatura. Es importante destacar que los resultados de la prueba de entrada para los grupos intervenidos y de control, muestran resultados semejantes, lo cual, pone a todos los estudiantes en las mismas condiciones iniciales.

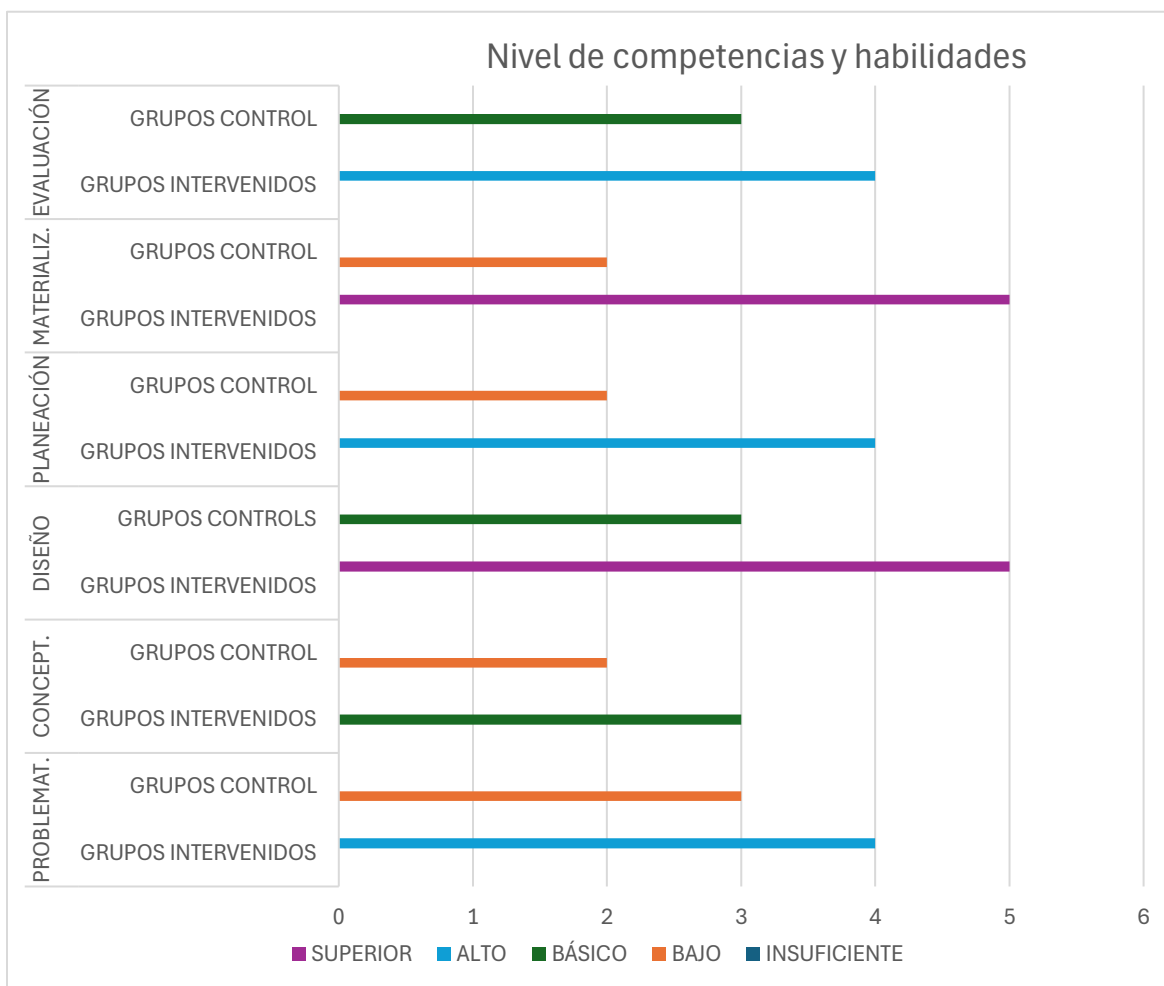
Teniendo en cuenta lo anterior y con el fin de contrastar los resultados y ver el impacto de la intervención, se realizó una comparación entre los grupos intervenidos y no intervenidos, tomando, únicamente, los datos de salida, considerando que los de entrada son similares en los dos casos, pues, en la prueba de entrada ninguno de los estudiantes había recibido algún tipo de formación, ni desde las clases de tecnología ni a través de la implementación de la propuesta pedagógica, por lo que sus desempeños, en este momento, eran equivalentes.

Los resultados de esta comparación mostraron que, para cada etapa del desarrollo del pensamiento tecnológico (problematización, conceptualización, diseño, planeación, materialización, evaluación), los estudiantes que recibieron la intervención, a través de la propuesta pedagógica, mostraron un mayor avance en los aprendizajes, que los estudiantes de los grupos de control que no hicieron parte de la formación.

Este hallazgo es fundamental para comprobar el efecto de la intervención, de modo que se valida un avance significativo y un progreso positivo en el desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes que hicieron parte de la implementación. La gráfica 24 muestra, de forma general, el nivel de competencias alcanzado en cada una de las seis etapas, para estudiantes con formación y sin formación, con la propuesta pedagógica, clasificados en cinco niveles, divididos en los rangos insuficiente, bajo, básico, alto y superior.

### Gráfica 24

*Niveles de competencias y habilidades para estudiantes con intervención y grupo de control*



Observando la gráfica anterior, se puede concluir que en todas las etapas de desarrollo del pensamiento tecnológico, los grupos intervenidos tienen tendencia a presentar un mejor desempeño en las competencias y habilidades que los grupos de control, aunque en etapas como la problematización, la conceptualización y la evaluación, los resultados de aprendizaje no presentan una diferencia muy marcada; por el contrario, en las etapas de diseño, planeación y materialización, los resultados son, considerablemente, mayores para los grupos de estudiantes que participaron de la implementación de la propuesta.



Para corroborar esta tendencia, en los resultados se calcularon los valores de media, mediana y moda, para los resultados de las etapas de la implementación, para el grupo intervenido y el grupo de control en la prueba de salida, encontrando que, en las tres medidas de tendencia central, los valores son superiores para el grupo que participó en el desarrollo de la propuesta pedagógica; estos resultados se pueden observar en la tabla 4, a continuación.

**Tabla 5**

*Medidas de tendencia central para los resultados de la prueba de salida*

| ETAPAS                   | PROBL. | CONCE. | DISEÑ. | PLANEA. | MATER. | EVAL. | MED. | MEDN. | MODA |
|--------------------------|--------|--------|--------|---------|--------|-------|------|-------|------|
| <b>GRUPO INTERVENIDO</b> | 4      | 3      | 5      | 4       | 5      | 4     | 4.2  | 4     | 4    |
| <b>GRUPO CONTROL</b>     | 3      | 2      | 3      | 2       | 2      | 3     | 2.5  | 2.5   | 3    |

Lo anterior, muestra un gran impacto de la propuesta y un avance significativo en el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes de educación media; el análisis por cada etapa, también indica que los mayores progresos se encuentran en diseño y en la materialización, un avance menor en la problematización y la planeación y el menor logro se da en la conceptualización y la evaluación.

Desde los resultados de la intervención descritos en el apartado anterior, se recopilieron diversos elementos y experiencias que nutrieron la propuesta pedagógica en lo didáctico y pedagógico, así como de todos los elementos estructurales de la misma. A continuación, se hace un análisis de la incidencia que tuvieron diferentes elementos teórico-prácticos de la propuesta, con el desarrollo del pensamiento tecnológico luego de la implementación. Para este análisis, se utilizó la evaluación por parte de estudiantes, docentes y expertos, a través de un cuestionario en el que se validó la importancia de cada elemento, desde el impacto en el logro de los resultados de aprendizaje de los participantes.

#### **4.4. Desarrollo del Objetivo Específico Número Cuatro**

En el análisis realizado en el apartado anterior, se observaron los resultados de la intervención de la propuesta pedagógica y, como ella condujo a los estudiantes hacia un desarrollo del pensamiento tecnológico, es decir, hubo una incidencia positiva en el proceso y los resultados obtenidos de quienes fueron partícipes de este ejercicio. El propósito del objetivo cuatro, fue el de determinar cuáles elementos teórico-prácticos, relacionados con la propuesta, generaron esa incidencia, desde diferentes perspectivas.

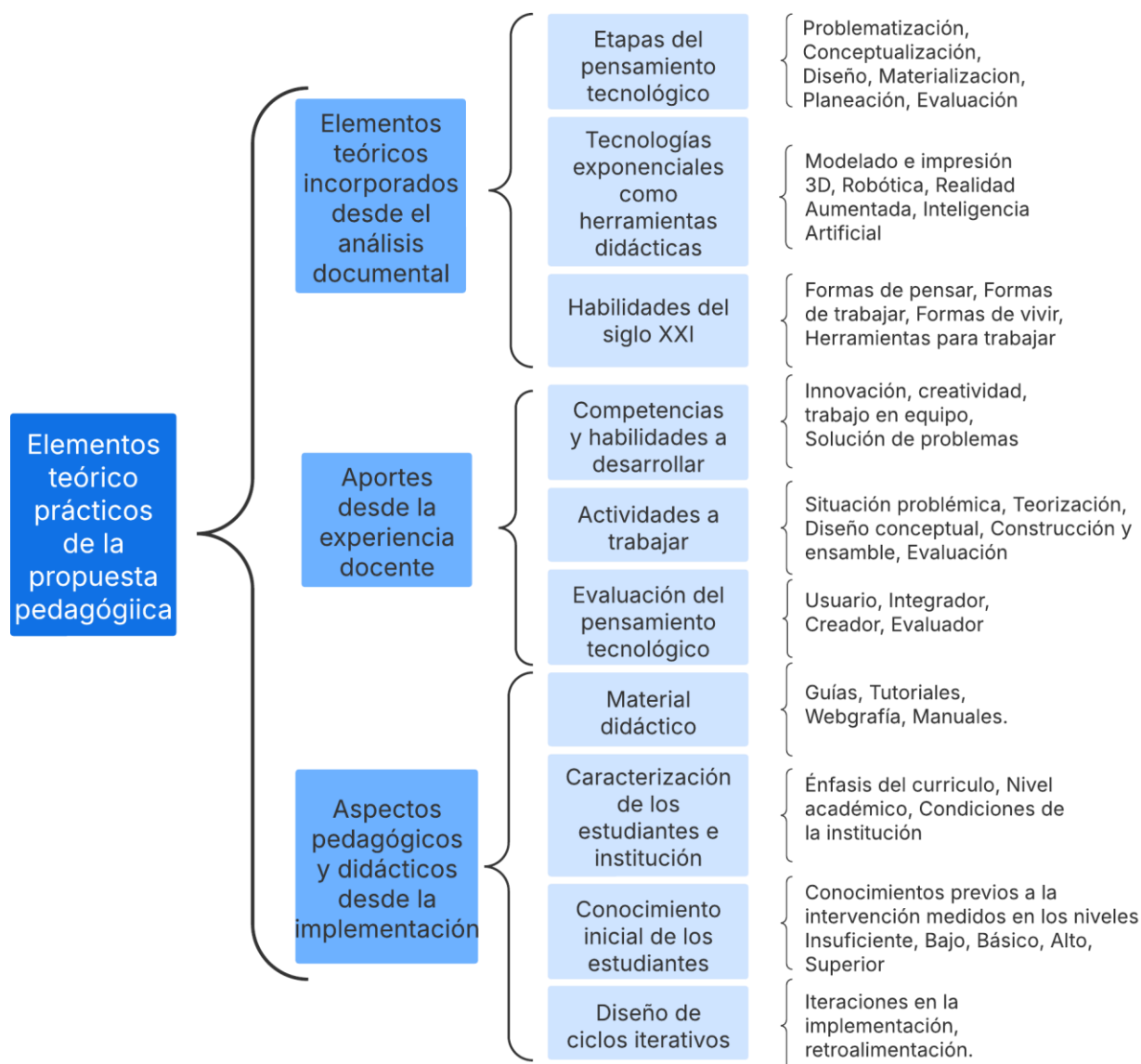
En primer lugar, se analizaron los elementos teóricos incorporados en la propuesta que se derivaron del análisis documental del primer objetivo de esta investigación; en segundo lugar, aportes desde la experiencia de los docentes que fueron recogidos en la encuesta semiestructurada y, en tercer lugar, los aspectos pedagógicos y didácticos recolectados desde la implementación realizada y explicada en el objetivo tres.

El análisis, consistió en determinar cuál fue el grado de incidencia de cada uno de los elementos determinados sobre el propósito de conducir a los estudiantes de educación media al desarrollo del pensamiento tecnológico. Esta incidencia se midió en un valor porcentual, estableciendo primero, el aporte en el diseño de la propuesta y luego, su grado de repercusión en los resultados obtenidos en la intervención.

Para encontrar coherencia, convergencias y divergencias, se realizó un análisis de triangulación entre estos aspectos, que dio validez a la propuesta y a los resultados obtenidos en su implementación. En el cuadro sinóptico de la figura 52, se muestran los elementos teórico prácticos incorporados a la propuesta, desde cada uno de los tres aspectos mencionados anteriormente.

**Figura 52**

*Elementos teórico-prácticos que incidieron en el desarrollo del pensamiento tecnológico*



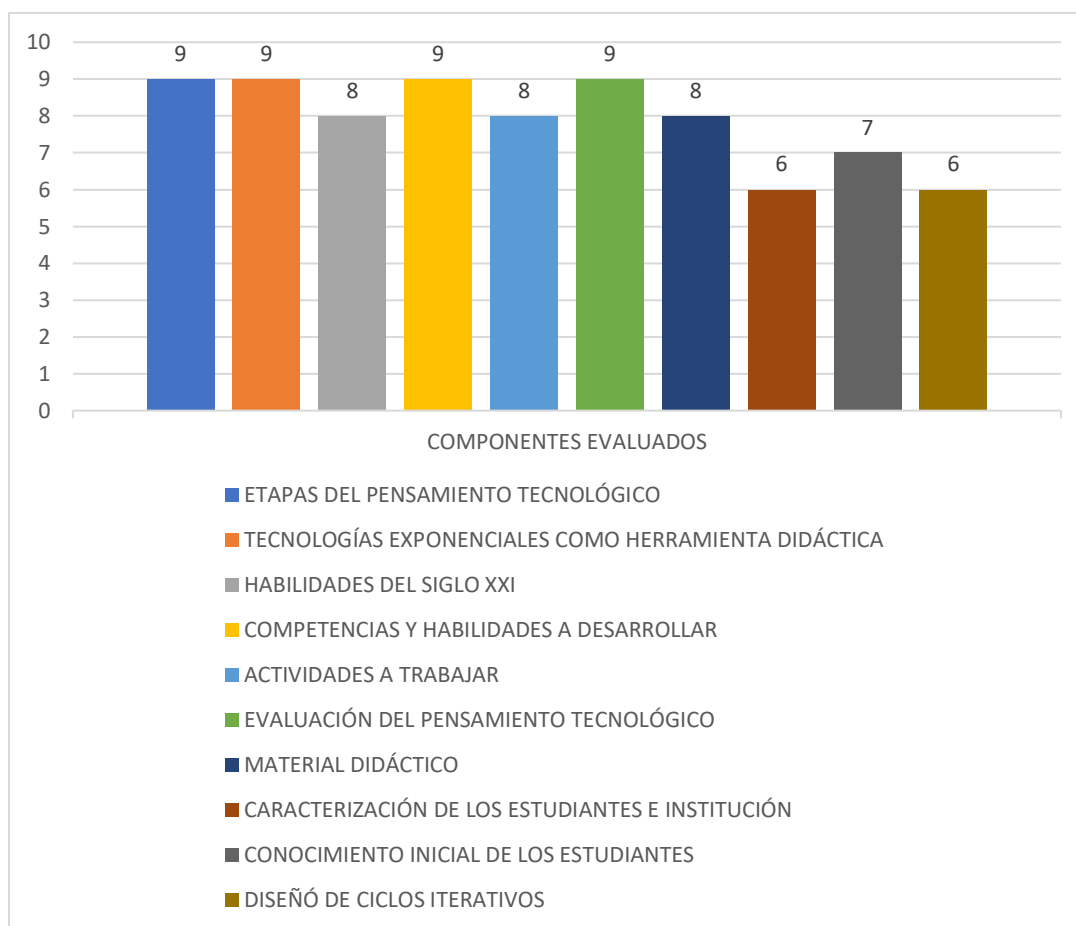
La determinación de los valores porcentuales de la incidencia de cada uno de los elementos descritos anteriormente, se hizo mediante una ponderación de ellos, a través de un cuestionario aplicado al finalizar la intervención, en el que se solicitó a estudiantes, docentes y expertos (285 en total), la valoración de cada ítem en una escala de 1 a 10, de acuerdo con su rol y participación dentro de la implementación. Para dar validez a los datos obtenidos con este



A partir de los datos recolectados con este cuestionario, se obtuvieron los siguientes valores de ponderación de cada uno de los elementos establecidos dentro de la propuesta pedagógica; estos datos consolidados, se muestran en la gráfica 25 con puntajes de 1 a 10.

### Gráfica 25

*Datos consolidados del cuestionario de evaluación de la propuesta*



En la gráfica, se puede observar que los componentes con mayor puntuación (9), son las etapas del pensamiento tecnológico, las tecnologías exponenciales como recursos pedagógicos, las competencias y habilidades a desarrollar y la evaluación del pensamiento tecnológico. Con un puntaje menor (8), se encuentran los elementos de habilidades del siglo XXI, actividades a trabajar y el material didáctico. Con un puntaje más bajo (7), el conocimiento inicial de los

estudiantes y, finalmente, con puntaje inferior (6), la caracterización y el diseño con ciclos iterativos.

Hay que recordar que todos estos elementos, fueron incorporados en el diseño y estructuración de la propuesta pedagógica, en las diferentes fases de la investigación, empezando por el análisis documental, continuando con la entrevista semiestructurada del segundo objetivo y finalizando con la implementación con los estudiantes de educación media de las instituciones intervenidas.

Posteriormente, estos datos se llevaron a porcentaje de incidencia, dentro de la implementación de la propuesta pedagógica, para poder hacerlos comparables con los resultados de las otras etapas de la investigación. Estos porcentajes se observan con los mismos elementos evaluados del cuestionario en la gráfica 26.

**Gráfica 26**

*Porcentaje de incidencia de cada uno de los elementos de la evaluación de la propuesta*



Desde esta perspectiva, y dando continuidad al análisis de los elementos teórico-prácticos que relacionan la incidencia de la propuesta pedagógica ejecutada con el desarrollo del pensamiento tecnológico, se procedió a hacer una triangulación entre los resultados del análisis documental, los datos obtenidos de la entrevista semiestructurada y los mostrados en el gráfico anterior, pertenecientes a la fase de implementación. Para este ejercicio, se tomaron los elementos coincidentes en los tres aspectos mencionados, con su respectivo peso porcentual dentro cada uno de ellos, los cuales, se muestran en la tabla 5, con sus pesos respectivos.

**Tabla 6**

*Elementos coincidentes entre análisis documental, entrevistas S.E. y cuestionario*

| ANÁLISIS DOCUMENTAL (DESCRIPCIÓN)           | %           | ENTREVISTA S.E. (ESTRUCTURACIÓN) | %           | CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN (IMPLEMENTACIÓN)         | %           |
|---------------------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------|-------------|
| PENSAMIENTO TECNOLÓGICO                     | 16%         | PENSAMIENTO TECNOLÓGICO          | 17%         | ETAPAS DEL PENSAMIENTO TECNOLÓGICO                  | 15%         |
| TECNOLOGÍAS EXPONENCIALES                   | 13%         | USO DE HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS | 12%         | TECNOLOGÍAS EXPONENCIALES COMO RECURSOS PEDAGÓGICOS | 11%         |
| HABILIDADES DEL SIGLO XXI                   | 8%          | HABILIDADES DEL SIGLO XXI        | 9%          | HABILIDADES DEL SIGLO XXI                           | 7%          |
| INNOVACIÓN, CREATIVIDAD, TOMA DE DECISIONES | 15%         | CREATIVIDAD E INNOVACIÓN         | 13%         | COMPETENCIAS Y HABILIDADES POR DESARROLLAR          | 14%         |
| MODELADO DIGITAL, IMPRESIÓN 3D              | 12%         | RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS          | 10%         | ACTIVIDADES PARA TRABAJAR                           | 10%         |
| NUEVOS PERFILES PROFESIONALES               | 7%          | ADAPTACIÓN AL CAMBIO             | 9%          | EVALUACIÓN DEL PENSAMIENTO TECNOLÓGICO              | 11%         |
| CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO                    | 8%          | ACCESO A LA TECNOLOGÍA           | 8%          | MATERIAL DIDÁCTICO                                  | 10%         |
| PROCESOS COGNITIVOS                         | 5%          | TRABAJO EN EQUIPO                | 7%          | CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTUDIANTES E INSTITUCIÓN    | 8%          |
| ESTRUCTURAS DE PENSAMIENTO                  | 8%          | METODOLOGÍAS ACTIVAS             | 8%          | CONOCIMIENTO INICIAL DE LOS ESTUDIANTES             | 9%          |
| EDUCACIÓN EN TECNOLOGÍA                     | 8%          | EDUCACIÓN EN TECNOLOGÍA          | 7%          | DISEÑO DE CICLOS ITERATIVOS                         | 8%          |
| <b>PORCENTAJE TOTAL</b>                     | <b>100%</b> |                                  | <b>100%</b> |                                                     | <b>100%</b> |

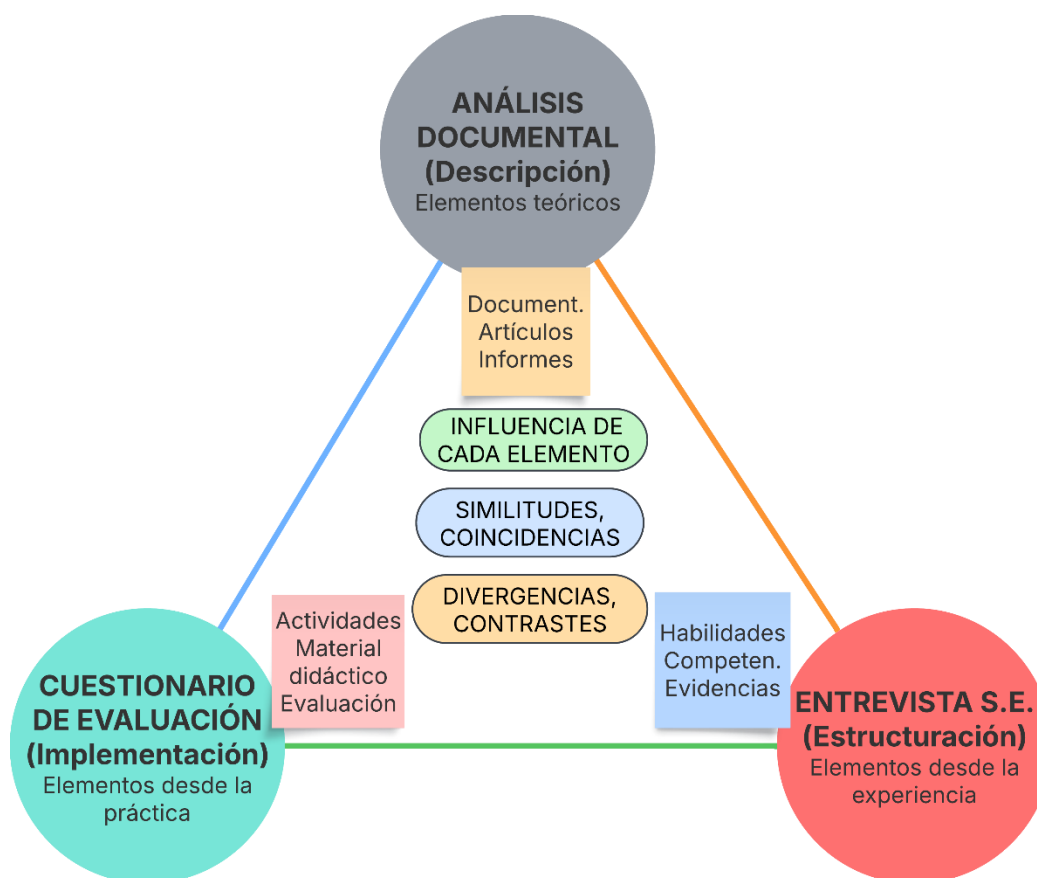
En la tabla anterior, podemos observar tres columnas, cada una con los elementos incorporados a la propuesta, desde los resultados de análisis documental, la entrevista semiestructurada y el cuestionario de evaluación; se aprecia también, sobre las filas, elementos con una coincidencia exacta, otros, equivalentes y unos, con los que se puede encontrar alguna analogía en cada uno de los aspectos analizados. Para contrastar estos resultados, se realizó una triangulación desde estos instrumentos de información, determinado allí, por un lado, el grado de



influencia de cada elemento, desde las tres fuentes analizadas y por otro, la coherencia, convergencias y divergencias de estos elementos desde tres perspectivas diferentes. La figura 54 muestra el esquema y elementos del análisis descrito anteriormente.

**Figura 54**

*Esquema y elementos del análisis de triangulación de instrumentos*

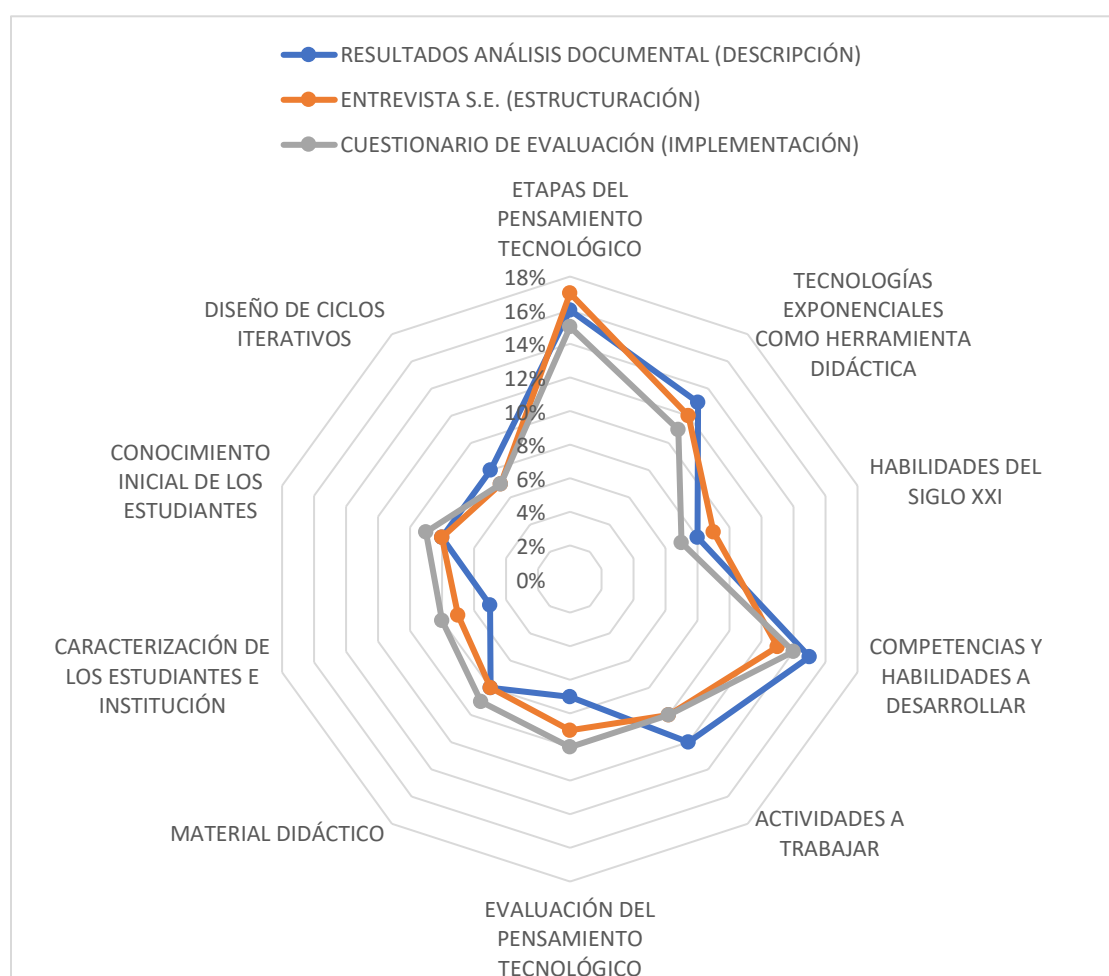


Para concluir el análisis y determinación de los elementos teórico-prácticos que tuvieron relevancia en el desarrollo del pensamiento tecnológico, se realizó un gráfico en el cual, se compararon los porcentajes de incidencia de cada elemento, desde los resultados de la descripción, la estructuración y la implementación de la propuesta. Las etiquetas alrededor del gráfico, muestran los principales elementos teórico-prácticos de la propuesta pedagógica que

incidieron en el desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes, las líneas tenues y los valores de porcentaje, indican el grado de incidencia de cada elemento y, las líneas de color, señalan la coherencia, las diferencias, contrastes y similitudes, vistos desde los aspectos de los tres instrumentos analizados.

### Gráfica 27

*Comparación de los resultados en las diferentes fases*



Analizando la gráfica anterior, vemos que los elementos con mayor incidencia (picos más grandes del gráfico) en el desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes de educación media, de acuerdo a los tres instrumentos contrastados, fueron las etapas implementadas para el

desarrollo del pensamiento tecnológico, las tecnologías exponenciales como recurso pedagógico y el desarrollo de habilidades del siglo XXI (McGaw, 2020), representadas estas últimas, en las habilidades y competencias a desarrollar en la propuesta pedagógica; con menor incidencia (picos medianos), las actividades a trabajar, el material didáctico (modelado e impresión 3D) y el nivel de desempeño de los estudiantes; con la incidencia más baja, la evaluación, el pensamiento tecnológico, el conocimiento inicial de los estudiantes junto con la caracterización y el diseño iterativo de ciclos.

Las coincidencias y coherencia de los resultados entre los instrumentos analizados, se pueden observar en los picos de cada color que se encuentran más próximos entre sí, por ejemplo, hay gran coherencia entre las etapas del pensamiento tecnológico, las tecnologías exponenciales como recurso pedagógico y las competencias y habilidades a desarrollar, una coherencia media entre competencias del siglo XXI, actividades a trabajar y material didáctico, y finalmente, la menor coherencia entre, evaluación del pensamiento tecnológico, caracterización de los estudiantes, conocimiento inicial y diseño de ciclos iterativos.

El análisis anterior, deja como conclusión, una gran coherencia, muchas similitudes y algunas diferencias en los resultados y en la determinación de los elementos teórico-prácticos que incidieron con el desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes de educación media, los cuales, fueron incorporados a la propuesta pedagógica en las diferentes fases de la investigación. En el siguiente capítulo, se describe la evolución de la propuesta en cada fase y la descripción detallada de cada uno de los elementos que la componen.

## **Capítulo V**

### **Discusión de los Resultados y Aportes al Conocimiento**

El análisis de todos los resultados del capítulo anterior, contribuyeron a construir los aportes de la investigación que están representados en tres aspectos importantes, por un lado, la estructuración y diseño de la propuesta; en segundo lugar, el uso de las tecnologías exponenciales como recurso pedagógico para el desarrollo del pensamiento tecnológico y otras estructuras de pensamiento y, por último, los elementos teórico-prácticos que se utilizaron durante la intervención, como guías, tutoriales, rúbricas y otros instrumentos que quedan como recurso para posteriores implementaciones. En este capítulo, se describe cada uno de estos aspectos, determinando así, la estructura y elementos fundamentales que permitieron fundamentar la propuesta pedagógica, como referente para futuros estudios e investigaciones.

#### **5.1. Estructuración y Diseño de la Propuesta Pedagógica**

El objetivo principal de esta investigación, se centró en fundamentar una propuesta pedagógica para conducir a los estudiantes de educación media al desarrollo del pensamiento tecnológico, con la integración del modelado digital e impresión 3D. Cada una de las fases del estudio, aportó elementos fundamentales desde lo teórico, la experiencia y la práctica, para poder estructurar y fundamentar dicha propuesta. A continuación, se hace un recorrido de la evolución que tuvo la estructura de la propuesta pedagógica, empezando por lo teórico, pasando por la estructuración, hasta llegar a la implementación en la que se recogieron algunos de los elementos más valiosos y aportes en desarrollo de todo el estudio. Finalmente, la evaluación por parte de estudiantes, docentes y expertos con la que se validó la incidencia de los elementos teórico-prácticos que contribuyeron al desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes de

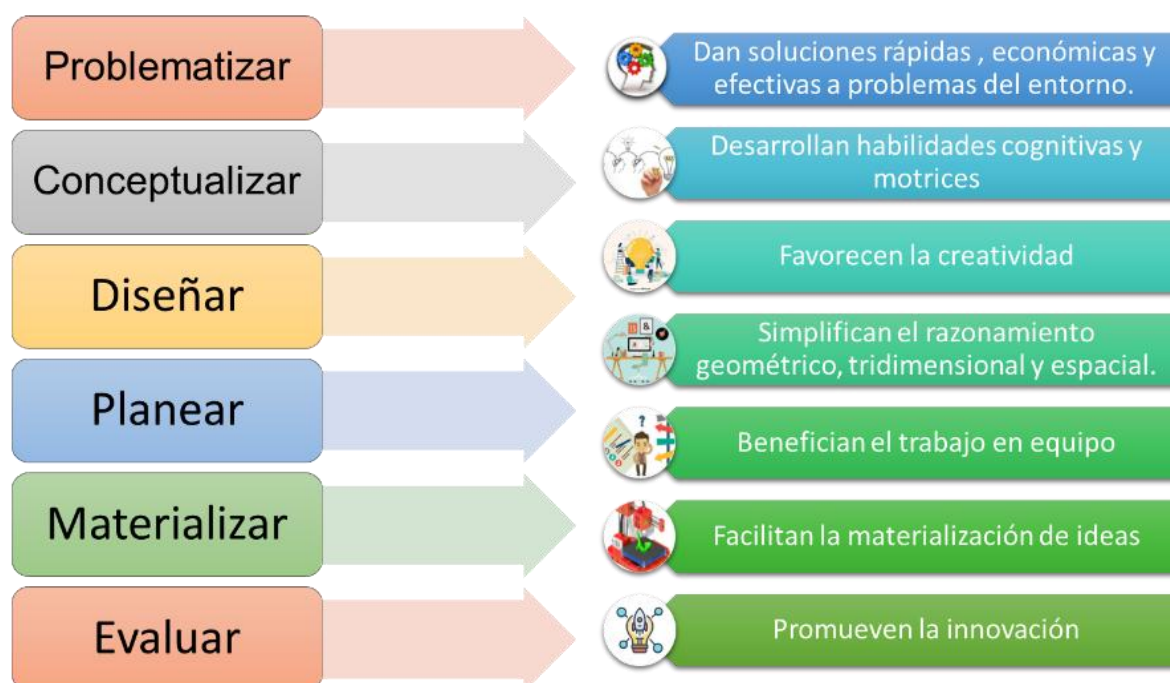
educación media y los aportes al conocimiento que dejaron como resultado el diseño e implementación de dicha propuesta.

### ***5.1.1 Diseño de la Propuesta desde lo Teórico***

Como se describió en el apartado de la metodología, la primera etapa de la investigación se desarrolló desde la revisión y estudio de la teoría, a través de una matriz de análisis documental, en la que se pudieron establecer las principales características del pensamiento tecnológico con sus respectivas etapas de desarrollo, la problematización, la conceptualización, el diseño, la planeación, la materialización y la evaluación (Leguizamón, 2021). También, se fundamentó el uso de las tecnologías exponenciales y el modelado digital e impresión 3D, como herramienta pedagógica y didáctica que cuenta con elementos que aportan en la construcción del conocimiento, habilidades y competencias que integran el desarrollo del pensamiento tecnológico, las cuales, fueron trabajadas en la implementación de la propuesta pedagógica con los estudiantes de educación media. Esto, permitió establecer una relación directa entre las etapas del desarrollo del pensamiento tecnológico y los beneficios del uso del modelado digital e impresión 3D, como herramienta pedagógica y didáctica (Camargo, 2021), encontrando coincidencias que aportaron, en una primera idea, para la estructuración de la propuesta pedagógica, como se observa en la figura 55.

**Figura 55**

*Relación y coincidencias entre las etapas del pensamiento tecnológico y los beneficios del modelado e impresión 3D*



En este análisis teórico, no solamente se encontró esta relación entre el pensamiento tecnológico y el modelado digital e impresión 3D, también, se pudo determinar que las tecnologías exponenciales, como la IA, el corte laser, el IoT, la realidad aumentada y la robótica, entre otras, pueden ofrecer bondades semejantes, al ser utilizadas como herramientas pedagógicas y didácticas en el desarrollo de diversas estructuras de pensamiento como, el computacional, el matemático, el de diseño y el científico, contribuyendo a que los estudiantes de educación media se proyecten en una sociedad que avanza, constantemente, en diversos campos del conocimiento (Llanga, 2021). Futuras investigaciones podrán determinar cuáles son estos beneficios, ofreciendo alternativas que fortalezcan las estructuras de pensamiento y contribuyan a desarrollar habilidades del siglo XXI en los estudiantes de educación media. De toda la revisión teórica de los aspectos descritos anteriormente, surge una primera versión de la

propuesta pedagógica, que contó con las etapas y elementos básicos de su estructura, como se puede observar en la figura 56.

**Figura 56**

*Primera versión de la propuesta pedagógica*



Como se puede observar, esta primera versión de la propuesta, solo contaba con las etapas del desarrollo del pensamiento tecnológico y una descripción general del propósito de cada una de ellas, incorporando el uso del modelado digital e impresión 3D, como recurso pedagógico.

### **5.1.2 Diseño de la Propuesta desde la Recolección de Información**

En la segunda etapa de desarrollo de la propuesta pedagógica, se tomaron como insumo los elementos de la entrevista semiestructurada descrita en la metodología y resultados, allí, se pudieron recoger diferentes opiniones, conocimientos e información, desde la experiencia de los docentes y algunos expertos, a quienes se realizó la entrevista. El análisis de categorías permitió fortalecer la propuesta, en cuanto a las habilidades y competencias que se debían trabajar con los estudiantes de la educación media, en cada una de las etapas del desarrollo del pensamiento tecnológico, así como cuáles debían ser las actividades por implementar en cada una de ellas.

Los aportes, también permitieron identificar otras fortalezas y necesidades a desarrollar en los estudiantes, como la innovación, el trabajo en equipo y las habilidades digitales, que no se habían contemplado en la etapa anterior y que tienen mucha relación con el desarrollo de habilidades del siglo XXI, que hoy en día, se exigen para un buen desempeño en el ámbito académico y laboral. En esta segunda versión de la propuesta, se incluyeron, también, una prueba de entrada y una de salida, para poder determinar cuál era el aporte de la propuesta pedagógica en el desarrollo del pensamiento tecnológico y establecer al final, el nivel de desempeño alcanzado por cada uno de los estudiantes que hicieron parte de la intervención.

Cada uno de los elementos incorporados en las diferentes fases del estudio, se recopilarán y describirán en la versión final de la propuesta, con el objeto de tener una visión integral del principal resultado de esta investigación. La figura 57, muestra la estructura de la propuesta pedagógica y sus elementos en esta etapa de la investigación, teniendo en cuenta que también se recogen los aportes hechos, desde lo teórico en la primera etapa del estudio.

**Figura 57**

*Segunda versión de la propuesta, aportes desde la recolección de información con entrevista S.E*





En esta etapa, también se pudo establecer la importancia del desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes de la educación media, las dimensiones en las que se puede realizar la formación, las evidencias de aprendizaje que responden al pensamiento tecnológico, así como los hallazgos emergentes, relacionados con estrategias didácticas, la importancia de la innovación, la creatividad y el trabajo en equipo y algunos factores que pueden incidir negativamente en el logro de los aprendizajes esperados.

### ***5.1.3 Diseño de la Propuesta desde la Implementación***

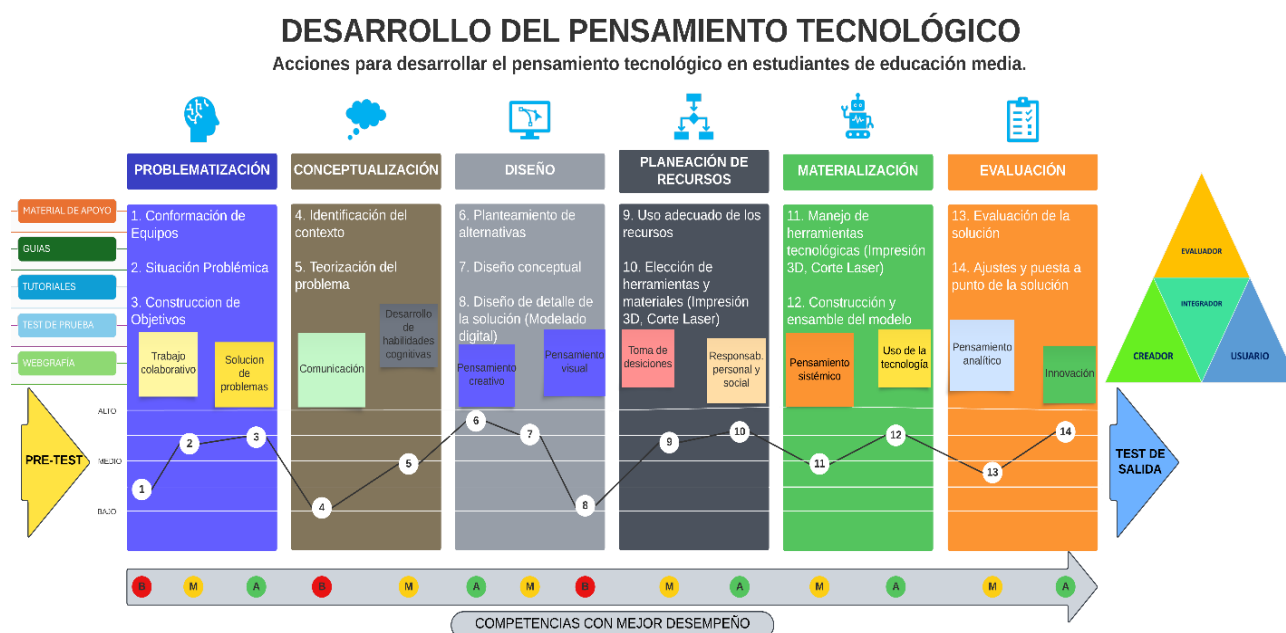
Esta etapa de la investigación fue la que mayores aportes ofreció al desarrollo de la propuesta pedagógica, dado que, al realizar la implementación en el contexto real, surgen diversas inquietudes, preguntas, y factores del entorno que influyen directamente en el cómo poner en funcionamiento dicha propuesta. Esto, obliga a encontrar soluciones prontas y reales para que el proceso de implementación fluya y no se vea afectado por la improvisación o falta de elementos, que son fundamentales en el contexto real. Dichos elementos, corresponden a materiales de apoyo, como guías, tutoriales, bibliografía, así como las herramientas y equipos de impresión 3D, material de impresión, equipos de cómputo, entre muchos otros.

Para esto, fue necesario diseñar guías de trabajo, rubricas de evaluación, tutoriales de manejo de los equipos, como también, realizar visitas para ver y corroborar la disponibilidad de estos recursos por parte de las instituciones educativas. Todo lo anterior, se realizó con anticipación, al inicio de la intervención, pero también, dichos elementos empezaron a ser importantes dentro de la propuesta y se integraron a la misma. En esta fase de la investigación, se incluyeron los materiales de apoyo, las rúbricas de evaluación para cada etapa de la propuesta, la evaluación de los aprendizajes y el nivel de desempeño al final del proceso, con los estudiantes.

La figura 58 muestra la evolución de la estructura de la propuesta en esta etapa y sus principales elementos.

**Figura 58**

*Tercera versión de la propuesta, aportes desde la implementación*



En esta etapa, se destaca la forma en que se plantea la evaluación de los aprendizajes durante cada una de las etapas del proceso, para poder determinar en cuál de ellas se obtuvieron los mejores resultados, así como los de menor desempeño por parte de los estudiantes. Esta información fue recolectada a través de la bitácora de observación cuantitativa, que se había planteado desde la metodología y, con base en ella, se realizaron las gráficas en las que se mostró, de forma cuantitativa, el resultado obtenido en cada una de las instituciones, en donde se realizó la intervención. Bajo esta estructura, se desarrolló la implementación con los ajustes previos que se dieron por la necesidad, al ser aplicada en un contexto real. También, fueron importantes los aportes que, desde cada una de las instituciones intervenidas, se obtuvieron, lo cual, fue descrito en el apartado de resultados, determinando así las particularidades de cada

contexto y población, como algo para tener en cuenta a ajustar en la propuesta, luego de la intervención y con los aportes en la evaluación de estudiantes, docentes y expertos en la siguiente etapa del desarrollo de la investigación.

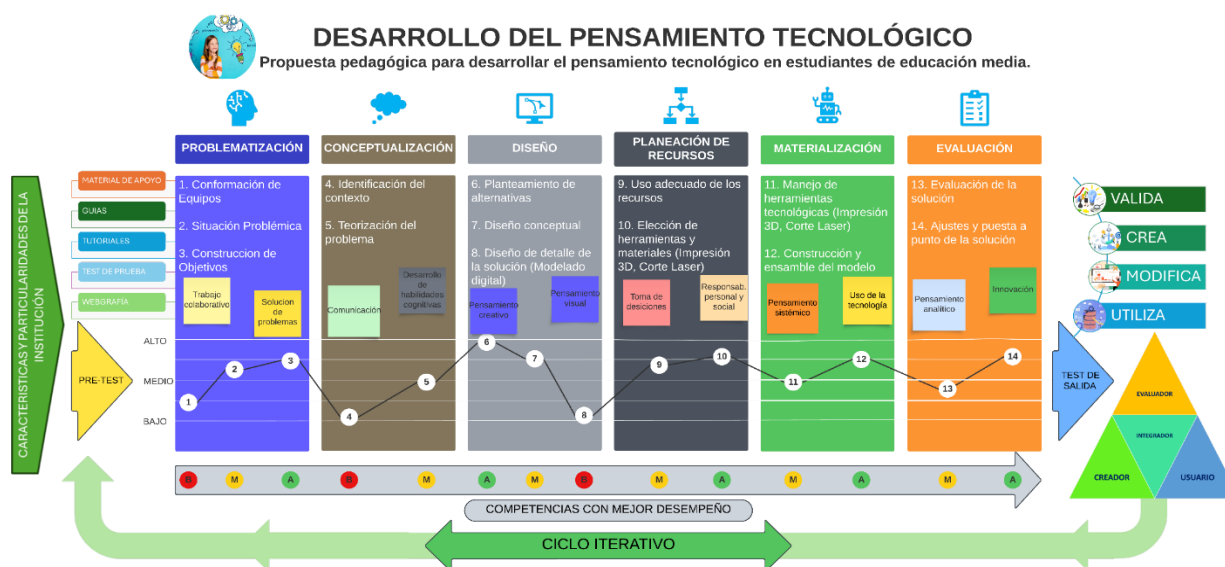
#### ***5.1.4 Diseño de la Propuesta desde la Evaluación***

Una vez realizada la intervención en las instituciones educativas y analizada la información que se recolectó a través de la bitácora de observación cualitativa, se sometió la propuesta pedagógica a un análisis y evaluación por parte de las 285 personas que hicieron parte del estudio, dentro de los que se encontraban los estudiantes, los docentes y reconocidos expertos en el campo de la educación en tecnología. Este proceso se llevó a cabo mediante el formulario de evaluación que fue descrito en el apartado de resultados del objetivo cuatro, con el fin de contrastar los aportes obtenidos con el análisis documental, la estructuración y la intervención, integrando así, los elementos desde lo teórico, la experiencia y la práctica en las diferentes fases del estudio.

De este ejercicio, surgieron elementos importantes a ser tenidos en cuenta para el desarrollo de futuras intervenciones, como las características y particularidades de cada institución educativa, las evidencias de aprendizaje que dan cuenta del nivel de desempeño de los estudiantes al final del proceso, que se resumieron en la forma en que se presenta el resultado, ya sea como uso, modificación, creación o validación de la solución planteada para resolver el problema trazado al inicio de las etapas del desarrollo del pensamiento tecnológico. A continuación, en la figura 59, se muestra la estructura de la propuesta pedagógica, incluyendo los elementos mencionados anteriormente, los cuales, fortalecen y dan mayor solidez a la investigación realizada, en la cual, el principal producto, se proyecta como una gran alternativa para el desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes de la educación media.

**Figura 59**

*Cuarta versión de la propuesta, aportes desde la evaluación y validación*



También, en esta versión final, como resultado de la intervención y aporte de los expertos y estudiantes, se incluyó la posibilidad de que, una vez realizada la implementación, esta se pueda repetir en un ciclo iterativo, en el cual, en cada repetición se puedan identificar cuáles fueron las competencias con menor desempeño para cada etapa del desarrollo del pensamiento tecnológico, de modo que, en la siguiente intervención, se pueda hacer énfasis en mejorar estos desempeños y obtener unos resultados del aprendizaje más satisfactorios. Dependiendo de las particularidades del grupo a intervenir con la propuesta pedagógica y de las condiciones de cada institución educativa, estos ciclos podrían ser los periodos académicos o los años escolares en cada nivel de educación.

## 5.2. Descripción de la Versión Final de la Propuesta

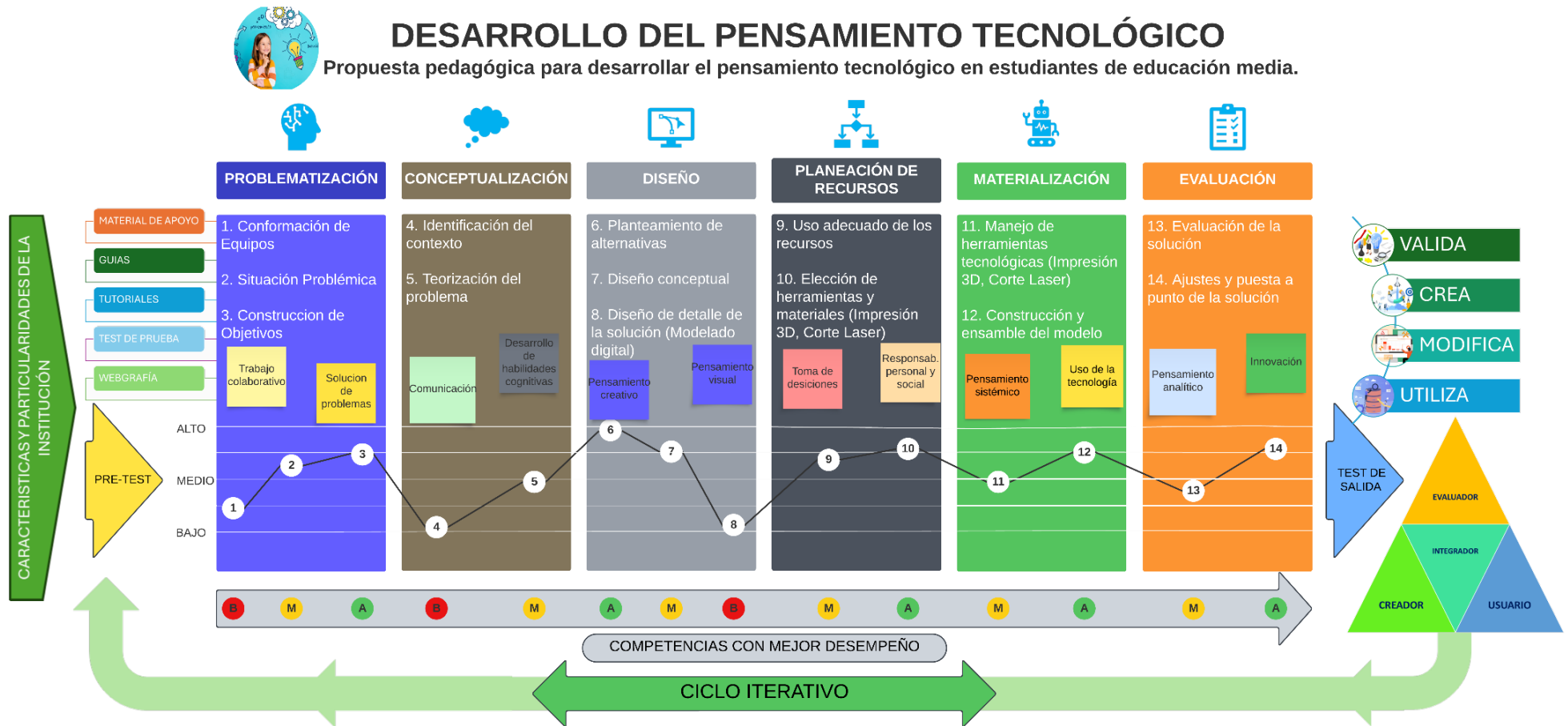
Buscando tener una comprensión más detallada de la propuesta final, a continuación, se describirán cada uno de los elementos que la componen; estos, incluyen las etapas, las

actividades y competencias a desarrollar, los resultados de aprendizaje en cada fase, las pruebas de entrada y salida, el material de apoyo, las características de las instituciones educativas, los niveles de desempeño y el ciclo iterativo para las intervenciones.

Para poder visualizar mejor dichos elementos, en la figura 60, se presenta el esquema de la propuesta final en un formato ampliado, en la que se puede observar cada uno de ellos. En el esquema, las etapas están representadas por los bloques grandes de colores, dentro de estos bloques se observan las actividades a desarrollar en cada etapa (texto blanco) y las etiquetas de colores dentro de estos bloques representan las habilidades y competencias que se trabajan en cada una de estas fases. Los círculos blancos numerados con líneas indican los resultados del aprendizaje de los estudiantes en el desarrollo de cada actividad, los círculos de color verde, amarillo y rojo son los niveles de desempeño en cada etapa, los demás bloques e íconos tienen su propia descripción sobre el esquema.

**Figura 60**

*Descripción detallada de la propuesta pedagógica*



Continuando con la descripción de la propuesta, en seguida, se explica cada uno de los elementos mostrados en el esquema anterior, algunos de ellos ya expuestos en apartados anteriores de este documento.

### ***5.2.1 Etapas de Desarrollo del Pensamiento Tecnológico en la Propuesta***

Como se ha relacionado en diferentes partes del documento, las etapas constituyen la columna vertebral de la propuesta, son la ruta que sigue el estudiante con el propósito de integrar conocimientos que lo lleven a desarrollar el pensamiento tecnológico (problematización, conceptualización, diseño, planeación, materialización y evaluación), encontrando gran afinidad con las ventajas que nos ofrece el uso de las tecnologías exponenciales, como recurso pedagógico. Dentro de la propuesta, cada una de estas etapas tiene definidas unas actividades a trabajar y unas competencias o habilidades por desarrollar en los estudiantes.

**Problematización.** En esta etapa es fundamental que el estudiante desarrolle una estructura que le permita reconocer las condiciones del problema e indicar una posible solución con sus conocimientos, desde lo tecnológico de forma objetiva (Calle, 2019). Para esta sección, se plantean tres actividades que son, la conformación de equipos de trabajo, el análisis de la situación problémica y la construcción de los objetivos. en busca de solucionar la situación. El propósito en esta parte de la propuesta, es el de fortalecer el trabajo en equipo y la resolución de problemas, como competencias a desarrollar en los estudiantes.

**Conceptualización.** Luego de problematizar, el estudiante debe tener la capacidad de seleccionar, clasificar y sistematizar las variables y requerimientos del problema. Allí, se proponen actividades, como la identificación del contexto y la teorización del problema, con el fin de proponer la meta o producto a obtener, como solución final (Niño, 2019). Con estas

actividades, se pretende que el estudiante fortalezca la comunicación y el desarrollo de habilidades cognitivas en el orden de lo tecnológico.

**Diseño.** Por medio de este ejercicio, el estudiante debe tener la capacidad de imaginar y concebir sus ideas en busca de la solución al problema planteado (Arbeláez, 2019). Las actividades allí propuestas, van desde el planteamiento de alternativas, el diseño conceptual y el de detalle de la solución que se debe plasmar en un modelo digital, si esta es la tecnología que estamos utilizando. En la ejecución de estas actividades, el individuo desarrolla la creatividad y el pensamiento visual.

**Planeación de recursos.** En esta fase, se busca que se adquiera la habilidad de seleccionar los procesos, las herramientas y los materiales para llevar a cabo la implementación de la solución planteada en los pasos previos (Merchán, 2021). Las acciones que allí se trabajan son, la selección adecuada de los recursos, herramientas y materiales, como la impresión 3D o el corte láser (como sucedió en algunas de las instituciones intervenidas). Con estas acciones, se está trabajando la toma de decisiones y la responsabilidad personal y social, como competencias a fortalecer.

**Materialización.** Es aquí donde el estudiante debe poner en práctica sus habilidades con la integración de la tecnología, para elaborar el artefacto o producto que hace parte de la solución al problema. En este escenario, el estudiante debe manejar por su cuenta, las herramientas de impresión 3D (corte láser u otras), para llegar a la construcción y ensamble del artefacto, objeto o sistema tecnológico propuesto, para solucionar la situación planteada al inicio del proceso (Costa, 2019). Aquí, los estudiantes afianzan el pensamiento sistémico y el uso de la tecnología.



**Evaluación.** En este nivel de desarrollo del proceso, es cuando el estudiante evalúa la solución, realiza ajustes y pone a punto el artefacto o modelo desarrollado, con el fin de optimizar y lograr que el resultado encontrado sea efectivo (Leguizamón, 2021). En esta parte, el estudiante pone en práctica el pensamiento analítico y la innovación para mejorar los resultados obtenidos en un principio.

Explicadas las etapas de la propuesta se puntualizan, a continuación, los demás elementos que aparecen en el esquema y que terminan de configurar el proceso y ejecución en su implementación.

### ***5.2.2 Características y Particularidades de la Institución***

Este elemento de la propuesta hace referencia a situaciones particulares del contexto o de las instituciones que pueden afectar los resultados de la implementación de la propuesta pedagógica. Por ejemplo, si la institución cuenta con la tecnología exponencial de la que se va a hacer uso (modelado digital e impresión 3D, corte láser u otra), si el currículo cuenta con algún énfasis o enfoque en particular (electrónica, robótica, programación, etc.), si los estudiantes hacen parte de las clases regulares o de algún grupo especial (centro de interés, club de tecnología, semillero de investigación, etc.), entre otras situaciones que se pueden presentar y que en lo posible se deben identificar previamente a la intervención para realizar los ajustes pertinentes.

### ***5.2.3 Material de Apoyo.***

En la fase de implementación de la propuesta, fue necesario diseñar una serie de materiales requeridos para ponerla en práctica; esto incluyó guías para cada una de las etapas, con las actividades a trabajar, tutoriales y videotutoriales con explicaciones sobre el uso del software y la calibración, configuración y puesta en marcha de los equipos de impresión 3D, las

pruebas de entrada y salida para medir el desempeño de los estudiantes que se explicaron en el apartado de intervención y material bibliográfico en físico y digital para complementar algunos temas y necesidades conceptuales o procedimentales de los estudiantes. Todo este material de apoyo, se encuentra en el anexo I de esta investigación.

#### ***5.2.4 Nivel de Desarrollo del Pensamiento Tecnológico con la Propuesta***

En la parte derecha del esquema, aparecen dos bloques de gran importancia, en el primero, aparecen los criterios de evaluación (usa, modifica, crea, valida) de las soluciones encontradas para resolver la situación problemática por parte de los estudiantes; estos criterios, permiten determinar si dicha solución corresponde a un uso, una modificación, una creación o una validación de una respuesta que alguien más haya propuesto previamente. Lo anterior, permite, una vez finalizada la intervención, ubicar al estudiante en los niveles de usuario, integrador, creador o evaluador, de acuerdo con el desarrollo de la solución encontrada y según los criterios de evaluación, mencionados anteriormente.

#### ***5.2.5 Resultados de Aprendizaje de Cada Etapa.***

Estos son los resultados del aprendizaje de los estudiantes en el desarrollo de cada actividad; están representados por los círculos blancos, unidos con líneas negras e indican cual fue el nivel de desempeño del estudiante (alto, medio, bajo) de cada una de las actividades realizadas. Esta valoración se hace con los criterios que aparecen en la bitácora de observación cualitativa, la cual, se describió en el apartado de intervención y que se puede encontrar en el anexo G de este documento. Esto, permite visualizar el progreso y comparar los resultados obtenidos en otros contextos o en una segunda intervención.

### **5.2.6 Niveles de Desempeño.**

Los círculos de color verde, amarillo y rojo, son los niveles de desempeño en cada etapa, y resumen los resultados de aprendizaje a través de todo el proceso; aparecen en esta parte del esquema porque son el referente para realizar ajustes, reforzar conocimientos o adaptar metodologías en futuras intervenciones; van muy relacionadas con los ciclos iterativos que se proponen para mejorar los aprendizajes. cada vez que se realice la implementación.

### **5.2.7 Ciclo Iterativo**

Una vez finalizado el proceso y superadas todas las etapas de la propuesta pedagógica, desde la experiencia de los docentes y expertos en educación en tecnología, se propone incluir ciclos de intervenciones periódicas, teniendo en cuenta, especialmente, las etapas y actividades en las que los resultados de aprendizaje no fueron los mejores. Dependiendo de las condiciones y dinámicas institucionales, estos periodos de intervención, pueden ser los periodos académicos, semestres, ciclos de formación o años escolares. La idea es que, en cada ciclo de intervención, los estudiantes vayan mejorando sus resultados, hasta llegar a un nivel satisfactorio en el desarrollo del pensamiento tecnológico.

## **5.3. Uso de Tecnologías Exponenciales como Herramientas Didácticas**

En el apartado del marco conceptual referente a las tecnologías exponenciales (López, 2019), se mostraron alrededor de 27 de ellas, que están empezando a tener un gran desarrollo e impacto en diversos campos del conocimiento; el desarrollo de esta investigación permitió utilizar el modelado digital e impresión 3D, como recurso pedagógico, para desarrollar el pensamiento tecnológico de los estudiantes de educación media. El uso de esta y otras tecnologías en la educación, ha demostrado tener gran impacto, ventajas y bondades en el aprendizaje, especialmente, de las nuevas generaciones.

El uso de tecnologías, como la inteligencia artificial, la realidad aumentada o virtual, el *big data*, *blockchain*, o el modelado e impresión 3D, entre otras, usadas como herramientas didácticas en el aprendizaje, tiene múltiples beneficios que conectan, de forma articulada, con los estudiantes y con las habilidades y competencias que se esperan de las personas que se desenvuelven en la sociedad actual. Algunos de los provechos más destacados para el aprendizaje y la educación, en general, se describen en los siguientes apartados.

- Personalización del aprendizaje: tecnologías como la inteligencia artificial (IA) o el *big data*, permiten adaptar los contenidos educativos al ritmo, estilo y necesidades de cada estudiante, ofreciendo una experiencia más personalizada. También, ofrecen la posibilidad de tener valoraciones en tiempo real sobre los resultados del aprendizaje, dando la opción de adaptar las plataformas para que el estudiante aprenda, de acuerdo con sus fortalezas y debilidades.
- Mayor interacción y motivación: herramientas como la realidad virtual (VR) y la realidad aumentada (AR), hacen que el aprendizaje sea más inmersivo y atractivo, facilitando la comprensión de temas complejos, mediante experiencias prácticas. Por medio de ellas, es posible visualizar objetos o entornos que en la práctica sería improbable tener en el salón de clases. Estas tecnologías son de uso cada vez más frecuente en los entornos virtuales de aprendizaje.
- Aprendizaje basado en datos: el *big data* permite analizar el rendimiento de los estudiantes en tiempo real, identificando áreas de mejora y brindando retroalimentación inmediata. Esto es de gran ayuda, ya que los docentes se centran en el desarrollo, planeación y ajustes de las clases, de acuerdo con las necesidades de aprendizaje que presenten los estudiantes.
- Desarrollo de habilidades del siglo XXI: el uso de tecnologías exponenciales en la educación, es de gran importancia y va de la mano con el desarrollo tecnológico y la formación de

ciudadanos del mañana, puesto que fomenta competencias clave, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y la alfabetización digital, preparando a los estudiantes para los desafíos del futuro.

- **Accesibilidad y democratización del conocimiento:** mediante la utilización de plataformas y entornos virtuales de aprendizaje, es posible facilitar el acceso a la educación de calidad, sin importar la ubicación geográfica y promoviendo la inclusión educativa. Esto, sin embargo, está sujeto a otros factores, como la conectividad, la adquisición de equipos y la mejora en las redes de conexión a internet.
- **Simulación y experimentación segura:** muchas prácticas o equipos de laboratorios en educación, no solamente son costosos, sino que, muchas veces, representan riesgos para los practicantes u otras personas. En disciplinas como la medicina, la ingeniería o la ciencia, los entornos virtuales de aprendizaje permiten realizar simulaciones sin riesgo, mejorando la comprensión a través de la práctica, reduciendo, no solamente el riesgo, sino los costos en el aprendizaje en diversos estudios.
- **Colaboración global y aprendizaje conectado:** nos encontramos en la era de la globalización y, el aprendizaje, no puede ser ajeno a estas dinámicas. El uso de tecnologías, como el *blockchain*, para certificaciones digitales y plataformas de aprendizaje en línea, permite a los estudiantes conectarse y aprender con personas de todo el mundo. A través de estas tecnologías, permite además, crear comunidades de aprendizaje virtuales, en las que la colaboración e interacción, potencian, considerablemente, los resultados de aprendizaje.
- **Automatización de tareas administrativas:** la parte administrativa de la educación, es una de las más beneficiadas, y estos beneficios, redundan en el aprendizaje de los estudiantes. La IA, por ejemplo, se puede encargar de tareas repetitivas, como la corrección de exámenes o la

gestión de registros académicos, permitiendo a los docentes, enfocarse en estrategias pedagógicas más efectivas. Esto, se convierte en un gran aliado para docentes y estudiantes, porque descarga de este tipo de tareas a las personas y permite que ellas se concentren en aspectos, como la creatividad o la innovación, muy de la mano con las intenciones que se buscan en la revolución industrial 5.0.

- Fomento del aprendizaje autónomo: la autoformación o formación de forma autónoma, ha empezado a tomar fuerza en diferentes contextos, como el académico, laboral y tecnológico. Plataformas de educación impulsadas por IA y la gamificación, promueven el aprendizaje autodirigido, en el que los estudiantes toman el control de su proceso formativo. Muchas personas llegan a aprender nuevos idiomas o técnicas de programación usando estas plataformas, que no están direccionadas por una persona o institución.
- Reducción de la brecha entre teoría y práctica: el acceso a tecnologías, como el modelado digital, puede ser útil en contextos de aprendizaje, en el que se requiere construir modelos, artefactos o prototipos. La combinación con otras, como la impresión 3D, simulaciones y laboratorios virtuales, permite aplicar los conocimientos en contextos reales, mejorando la retención del aprendizaje. Además, se desarrollan habilidades tecnológicas que son necesarias para mejorar la productividad y la eficacia en la búsqueda de soluciones a las problemáticas actuales.

A manera de conclusión, el uso de tecnologías exponenciales en la educación, potencia la enseñanza y el aprendizaje, haciéndolos más eficientes, accesibles y alineados con las necesidades del mundo actual y futuro. Se conecta con los estudiantes de hoy, llamados nativos digitales (Romero et al., 2022) y promueve las habilidades del siglo XXI, que son de vital conocimiento para la vida académica, a corto y mediano plazo.

## 5.4. Aportes Teóricos

Los aportes teóricos de esta investigación van en diferentes sentidos, teniendo en cuenta que el desarrollo del pensamiento tecnológico en estudiantes de educación media es fundamental para la formación de ciudadanos críticos, creativos e innovadores, en una sociedad digitalizada. La propuesta pedagógica orientada a fortalecer esta estructura de pensamiento, está respaldada por teorías del aprendizaje y la implementación realizada, que permiten su aplicación efectiva en diferentes contextos educativos. En este apartado, se exponen los aportes teóricos que sustentan dicha propuesta, las contribuciones a la conceptualización del pensamiento tecnológico y las estrategias didácticas que facilitan su desarrollo en la educación media.

### 5.4.1 *Fundamentación Teórica de la Propuesta*

Esta propuesta pedagógica, de enfoque cognitivo, se fundamenta en los principios de las estructuras de pensamiento para el aprendizaje (Armenta, 2022), que han demostrado ser eficaces en la enseñanza de la tecnología y el desarrollo de habilidades cognitivas superiores, como el pensamiento, el lenguaje y la inteligencia. Mediante la propuesta, los estudiantes demostraron que el aprendizaje se construye activamente a través de la interacción con el entorno; en este sentido, la aplicación de tecnologías y la experimentación, permitieron a los participantes comprender conceptos tecnológicos, de manera significativa.

También, fue fundamental el referente de metodologías, como el aprendizaje basado en problemas (ABP) y en proyectos (ABP) (Villalobos, 2022), las cuales, son extrapolables para promover la resolución de problemas reales, mediante el uso de tecnología, fomentando la creatividad y el pensamiento tecnológico en los estudiantes. Aunque estas metodologías no se tomaron de forma literal, sí fueron incorporados algunos de sus elementos, como la

problematización y el planteamiento de alternativas, para dar solución a las situaciones planteadas.

Por otra parte, fue esencial el uso de herramientas tecnológicas, en primer lugar, para brindar información y comunicación, como facilitadores en el proceso de aprendizaje, dado que, en un mundo interconectado, el conocimiento se adquiere a través de redes de información digital, sabiendo que la implementación de plataformas tecnológicas en la educación media, favorece el acceso a conocimientos globales y fomenta el aprendizaje colaborativo.

En segundo lugar, el uso del modelado digital e impresión 3D, como recurso pedagógico para simplificar los procesos de diseño y materialización, adquiriendo habilidades tecnológicas y centrando al estudiante más en el proceso, que en el uso de la tecnología. Lo anterior, no solo ayuda a crear una estructura de pensamiento más sólida, sino que permite a los estudiantes aplicar el pensamiento tecnológico en contextos multidisciplinarios.

#### ***5.4.2 Contribuciones a la Conceptualización del Pensamiento Tecnológico***

El pensamiento tecnológico, definido como la capacidad de comprender, diseñar y aplicar soluciones tecnológicas de manera reflexiva y eficiente, involucra diferentes aspectos, que es clave tener en cuenta, como la identificación y resolución de problemas, el uso crítico y ético de la tecnología, la comprensión de sistemas y procesos, así como la innovación y creatividad en el diseño de soluciones. Desarrollar estas capacidades, no es tarea fácil, e implica fortalecer muchos procesos cognitivos en los estudiantes, de forma simultánea, por lo cual, desde la estructuración de la propuesta pedagógica, se incorporaron dos elementos claves que pueden contribuir a que los estudiantes mejoren estos conocimientos y se refuerce la conceptualización del pensamiento tecnológico.



Estos dos elementos, están relacionados y parten de la identificación de los vacíos conceptuales, identificados en la revisión literaria y análisis documental, en los que se pudo establecer, como primer elemento, que las etapas del pensamiento tecnológico se proponen, de forma lineal, limitar la posibilidad de hacer ajustes o mejoras al proceso. En este sentido, la estructuración de la propuesta pedagógica propone ciclos iterativos, que permiten optimizar los procesos, especialmente en las etapas en las que no se hayan alcanzado los mejores resultados, con el fin de lograr un crecimiento continuo de las diferentes habilidades y competencias en los estudiantes, mediante intervenciones repetitivas que los conduzcan a un mejor desarrollo del pensamiento tecnológico.

El segundo elemento o vacío, tiene que ver con la definición de los niveles de desarrollo del pensamiento tecnológico (usuario, integrador, creador, evaluador), que se proponen de forma separada y excluyente. Lo que surge de la propuesta pedagógica en este sentido, es que estos niveles de desarrollo, pueden estar integrados y deben evaluarse de forma compuesta, desde los niveles propuestos. Es decir, una solución a un problema tecnológico, puede tener elementos de usuario, integrador, creador o evaluador y no estar clasificada, específicamente, en una de ellas. Para facilitar este proceso, la propuesta sugiere mirar si el estudiante usó, modificó, creó o validó alguna solución previa, o si esta tiene componentes desde los cuatro puntos de vista mencionados. Este elemento, dentro de la propuesta, contribuye a la discusión y planteamiento de la posibilidad de redefinir estos niveles, de acuerdo con la forma en que ha venido evolucionando el pensamiento tecnológico y la misma tecnología.

Por último, hay dos elementos más que, en muchos casos, no se mencionan o se les da la relevancia que tienen, pero que tienen importancia si se tiene en cuenta las habilidades del siglo XXI, pues hacen parte de ellas y de las necesidades de formación de los estudiantes, proyectados

a desempeñarse en los ámbitos educativos y laborales futuros. Se trata de la creatividad y la innovación, que desempeñan un papel clave en el desarrollo del pensamiento tecnológico, ya que permiten a los estudiantes idear soluciones novedosas, mejorar procesos y adaptarse a los constantes cambios en el ámbito tecnológico. Algunos aspectos clave por su importancia, tienen que ver con los aspectos que se describen a continuación.

- Fomento del pensamiento divergente: la creatividad impulsa la generación de múltiples soluciones para un mismo problema, promoviendo la experimentación y la originalidad. Este proceso es fundamental en el planteamiento de alternativas y formulación de posibles soluciones, dentro de las que se puede seleccionar la que mejor se adapte a las condiciones, recursos y herramientas disponibles.
- Capacidad de adaptación: la innovación, permite a los estudiantes ajustar y mejorar sus proyectos tecnológicos, en función de nuevas necesidades o avances científicos. Lo anterior, permite un mejoramiento continuo de las soluciones y un crecimiento del conocimiento y desarrollo tecnológico a nivel escolar inicialmente, pero que puede repercutir y trascender en otros contextos.
- Desarrollo de habilidades emprendedoras: un pensamiento tecnológico, basado en la creatividad y la innovación, fomenta la iniciativa personal, la autonomía y el desarrollo de proyectos con impacto social y económico. Esto es fundamental, y cada día, toma más fuerza, ya que uno de los principios de la revolución industrial 5.0, es el diseño de soluciones a la medida del usuario, lo cual, se facilita con diferentes emprendimientos, apoyados en la creatividad, que no solo dan soluciones efectivas a problemas particulares, sino que contribuyen al crecimiento económico y estabilidad laboral de las personas.

- Fortalecimiento de la resolución de problemas: al estimular la creatividad, los estudiantes pueden encontrar soluciones tecnológicas más eficientes y adaptadas a contextos específicos. Por ejemplo, en proyectos de robótica educativa, los estudiantes pueden diseñar y programar dispositivos para resolver problemas de la vida cotidiana, como sistemas de riego automatizados o robots asistentes para personas con discapacidad.

### 5.5. Estrategias Pedagógicas para el Desarrollo del Pensamiento Tecnológico

La estructuración e implementación de la propuesta, permitió incluir diversos elementos, no solo desde lo pedagógico, sino también, desde lo didáctico, con el propósito de fomentar el pensamiento tecnológico en estudiantes de educación media, con estrategias basadas en el uso de tecnologías exponenciales. Dentro de las diferentes estrategias y prácticas incorporadas a la propuesta, se describen a continuación las más relevantes.

- Uso de entornos de aprendizaje digital: en línea con el mismo propósito de la investigación, el uso de recursos digitales, dentro de la propuesta, se hace ineludible, puesto que contribuye a fortalecer las habilidades que se quieren desarrollar con la propuesta. Por esta razón, la utilización de plataformas interactivas, simuladores, software de modelado y otros recursos digitales, es esencial, puesto que permiten la experimentación en escenarios realistas. Un ejemplo de esto, es el uso de videotutoriales, programas, como *Tinkercad*, para el diseño o *Creality Print*, para la configuración de parámetros y ejecución de la impresión en 3D.
- Integración de la robótica y la programación: muchos de los proyectos desarrollados por los estudiantes en la implementación de la propuesta, integraron conocimientos y habilidades en el diseño y construcción de prototipos robóticos o que involucraban la programación de tarjetas electrónicas, como componentes para la automatización. Esta integración, fortaleció el desarrollo de la lógica computacional, que contribuye al desarrollo del pensamiento

tecnológico en los estudiantes, a través de lenguajes de programación, accesibles, como *Scratch*, *Python* y *Arduino*.

- Talleres de diseño y fabricación digital: la materialización de artefactos, prototipos y objetos tecnológicos, es un trabajo que motiva a los estudiantes cuando logran ver sus ideas plasmadas en un modelo real. En este sentido, el modelado e impresión 3D para la creación de soluciones, es clave en el proceso de fortalecer estos aprendizajes. La implementación de proyectos con impresoras 3D, no solo es funcional en asignaturas técnicas, sino en áreas en las que se requiere entender conceptos complejos, ya que permite simplificar el razonamiento geométrico, tridimensional y espacial, dando soluciones rápidas y efectivas para comprender diferentes significados.
- Aprendizaje colaborativo: este tipo de aprendizaje da lugar al trabajo en equipo; una de las habilidades más apetecidas, hoy en día, en entornos académicos y laborales, ya que muchas empresas e instituciones prefieren a integrantes que sepan trabajar de forma colaborativa, así no tengan los mejores conocimientos en un área específica. El uso de plataformas lúdicas que fomentan la motivación y la participación activa, potencian el trabajo en equipo y son primordiales en la estructuración de propuestas pedagógicas, como la desarrollada en esta investigación.

A manera de resumen, podemos afirmar que el pensamiento tecnológico es una estructura de pensamiento esencial para los estudiantes de educación media en el siglo XXI. La integración de metodologías pedagógicas innovadoras, respaldadas por teorías del aprendizaje y tecnologías exponenciales, permite potenciar estas habilidades y preparar a los jóvenes para enfrentar los desafíos de la sociedad digital. La aplicación de estrategias didácticas adecuadas, garantiza un

aprendizaje significativo, equitativo y orientado al desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras con impacto social y económico positivo.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

Este trabajo, permitió fundamentar una propuesta pedagógica para conducir al desarrollo del pensamiento tecnológico a los estudiantes de educación media, con la integración del modelado digital e impresión 3D, como recurso pedagógico, tomada a modo de tecnología educativa. En su desarrollo, se dieron numerosos aciertos, aportes y dificultades que abren el camino hacia nuevas investigaciones, relacionadas con el desarrollo de las diversas estructuras de pensamiento, mediante el uso de diferentes tecnologías exponenciales, llevadas a la educación. En ese sentido, se dan las siguientes conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación descrita en este documento.

### **Conclusiones**

*En cuanto a las estructuras de pensamiento.*

El desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes de educación media beneficia el aprendizaje, al descubrir diferentes formas de usar la tecnología, no solo como medios de información o comunicación, sino como herramientas para la resolución de problemas del entorno, proyectando esta estructura de pensamiento hacia la vida académica y laboral. La propuesta pedagógica desarrollada no solo busca que los estudiantes hagan un uso adecuado de la tecnología, también que la integren a nuevas situaciones y se propongan diseñar soluciones novedosas a problemas y necesidades acordes al contexto y herramientas disponibles, generando y consolidando la producción de tecnología propia.

Los resultados obtenidos en las diferentes fases de la investigación son concluyentes y confirman un aporte en el desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes, mediante la propuesta que los condujo durante el proceso. Tanto los aportes teóricos, como los recopilados desde la experiencia, y los recolectados en la práctica, dan cuenta de la coherencia, la

integralidad, las convergencias y similitudes, desde las diferentes fuentes y puntos de vista de donde se tomó la información para su respectivo análisis.

Se lograron describir los elementos de la educación 5.0, que contribuyen al desarrollo del pensamiento tecnológico, los cuales, fueron incorporados a la propuesta pedagógica y proporcionan fundamentación a la misma, aportando discusión y generando nuevos conocimientos, en lo relacionado con las estructuras de pensamiento, y el uso de las tecnologías exponenciales, como tecnologías educativas. Estos aportes, se dan desde lo teórico y lo práctico, puesto que la investigación estuvo soportada en el análisis documental, la consulta, desde la experiencia de docentes y expertos de educación en tecnología, y los resultados en el ejercicio práctico de los estudiantes en la implementación.

La propuesta pedagógica, resultado de la investigación, es flexible y extrapolable a otros contextos e instituciones educativas, así como adaptable a otras tecnologías exponenciales, como el corte laser, el IoT, la realidad aumentada y la robótica, aportando en el desarrollo de diversas estructuras de pensamiento, como el computacional, el de diseño, el sistémico y el crítico. También se pueden dar combinaciones de muchas de estas tecnologías, como sucedió en varias de las instituciones, en donde se llevó a cabo la implementación, lo cual fue enriquecedor para la propuesta y permitió integrar varios elementos que le dieron mayor universalidad y alcance a la investigación.

*En relación con lo pedagógico y didáctico.*

La integración de herramientas tecnológicas en la educación se ha dado desde hace varias décadas, pero su efectividad siempre ha estado ligada a las intenciones pedagógicas que se proponen para desarrollar determinados conocimientos en los estudiantes, es decir, las simples

herramientas no logran su propósito si no hay detrás de ella una estrategia que impulse las metas de aprendizaje planteadas. La propuesta pedagógica descrita e implementada en este estudio mostró importantes avances en lo relacionado con el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes que participaron del ejercicio, constituyéndose como referente para futuras intervenciones e investigaciones relacionadas con la integración de las tecnologías exponenciales como medios didácticos y pedagógicos en la construcción de conocimientos y estructuras de pensamiento.

En la implementación de la propuesta pedagógica, a integración del modelado digital e impresión 3D mostró ser efectivo como recurso pedagógico para el desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes de educación media, ya que favoreció diferentes aspectos en cada una de las etapas, por ejemplo, encontrar soluciones rápidas y efectivas a los problemas planteados (problematizar), desarrollar habilidades cognitivas y motrices en los estudiantes (conceptualizar), proponer soluciones diversas y creativas (diseñar), beneficiar el trabajo en equipo (planear), facilitar la materialización de ideas (materializar) y promover la innovación y evaluación de ideas (evaluar). Las pruebas de entrada y salida muestran avances que van entre el 10% y el 30% para las diferentes etapas del que se desarrollan en la propuesta. En el análisis de resultados se expuso el grado de impacto de esta tecnología exponencial para cada una de las fases mencionadas anteriormente, del mismo modo en la implementación aparecen las actividades relacionadas con su integración durante el proceso.

El uso del Modelado digital e impresión 3D también favoreció la creatividad y la innovación según las opiniones y observación hechas por los participantes y el análisis realizado en la evaluación de la propuesta, valdría la pena medir el nivel de impacto en estas dos habilidades en futuras intervenciones con instrumentos adecuados para este propósito, sin



embargo, es importante considerar que las tecnologías exponenciales pueden ser un factor determinante en el fortalecimiento de estas y otras de las llamadas habilidades para el siglo XXI.

*Conocimiento transferible.*

Durante la investigación, la revisión documental y la indagación a los actores del proceso justificaron la necesidad de proponer estrategias con el propósito contribuir al avance científico y tecnológico desde la educación, lo cual se evidencia en los bajos resultados de los grupos de investigación en desarrollo tecnológico e innovación, especialmente en países con economías en crecimiento como Colombia. La propuesta surgida de este estudio contribuye a formar a los estudiantes de educación media en el uso, apropiación y desarrollo de las tecnologías exponenciales, que hoy se convierten en herramientas que pueden ayudar a mejorar, tanto el aprendizaje y los conocimientos en el ámbito educativo e investigativo, como la innovación y la productividad, en el campo laboral y económico.

La implementación de la propuesta, no solo permitió recoger información importante, sino que generó elementos teórico-prácticos que enriquecieron los procesos y la hicieron más realista, dentro del contexto escolar. Recursos, como el material de apoyo o la bitácora de observación, son herramientas que facilitan a docentes y expertos de la educación en tecnología, su posible aplicación en otros contextos y condiciones, generando mayor trascendencia e impacto de la investigación en el corto y mediano plazo.

La investigación, también permitió relacionar los elementos teórico-prácticos que más influyeron en el desarrollo del pensamiento tecnológico de los estudiantes, mediante la comparación de resultados de las diferentes fases del estudio. Estos elementos fueron incorporados a la propuesta pedagógica y se consolidaron como fundamentos de la misma,

fortaleciendo la coherencia y ratificando el proceso investigativo, realizado en los diferentes escenarios de discusión y validación del estudio.

La educación media es una etapa fundamental en la formación académica, puesto que en ella exploran algunas alternativas de formación vocacional y opciones de profesionalización, preparando a los estudiantes para integrarse a la educación superior. Esta investigación y su propuesta pedagógica permite explorar estas posibilidades, especialmente en el papel de los jóvenes quienes serán los responsables a corto y mediano plazo de proponer y desarrollar las soluciones a las problemáticas de nuestra sociedad en diferentes escenarios, haciendo uso de las tecnologías exponenciales como herramientas innovadoras y eficientes en el crecimiento y la transformación en lo social y económico.

Los conocimientos previos de los estudiantes son fundamentales y marcan la pauta del nivel de desempeño que pueden llegar a lograr, por lo que una exploración de estos saberes, es necesaria para el diseño y desarrollo de las actividades, dentro de la propuesta pedagógica, adaptando, ajustando y rediseñando algunos procesos, sin perder la esencia, para que mejoren los resultados en el aprendizaje de los estudiantes que hagan parte de su implementación.

Los conocimientos y experiencia del docente sobre el uso de las tecnologías exponenciales, como el modelado digital e impresión 3D, que se deseen incorporar en la propuesta pedagógica, son de vital importancia para poder implementarla, haciendo claridad que la estructura de la propuesta es flexible y se puede adaptar al uso de diferentes alternativas, en cuanto a tecnologías disponibles y saberes de los docentes. La propuesta pedagógica es en sí, la estructura que se propone para desarrollar el pensamiento tecnológico, pero su contenido, elementos y recursos, pueden ser remplazados por otros, de acuerdo con las necesidades de aprendizaje y el contexto en el cual se implemente.

Los estudiantes que no están condicionados por los resultados o calificaciones suelen tener mejor desempeño en algunas de las etapas del desarrollo del pensamiento tecnológico, como el diseño, la materialización y la evaluación de la solución, ya que en ellos, existe curiosidad y un deseo genuino por aprender sobre el uso y la apropiación de las tecnologías exponenciales que hacen parte del avance del conocimiento. Es importante poder determinar qué motiva a estos estudiantes a querer aprender sobre estas tecnologías y qué factores han influido para que se despierte esta curiosidad e interés.

### **Aportes de la investigación**

La propuesta pedagógica como resultado principal de esta investigación hace importantes aportes teóricos relacionados con las estructuras de pensamiento que han demostrado ser eficaces en la enseñanza y el desarrollo de habilidades cognitivas superiores, como el pensamiento, el lenguaje y la inteligencia. Con esta propuesta, los estudiantes demostraron que el aprendizaje se construye activamente a través de la interacción con el entorno y las herramientas tecnológicas; en este sentido, la aplicación de tecnologías y la experimentación, facilitaron a los participantes la comprensión de conceptos y el desarrollo de procesos tecnológicos, de manera significativa.

Desde los vacíos conceptuales, esta investigación propone en primer lugar la integración de los niveles de desempeño de los participantes durante y al final del proceso, lo cual permite identificar de manera precisa los elementos que no permitieron alcanzar los resultados de aprendizaje esperados. En segundo lugar, el uso de ciclos iterativos durante las intervenciones de la propuesta tiene el propósito de fortalecer los resultados de menor desempeño, es decir, cada ciclo de implementación conducirá a que los estudiantes desarrollen de manera más eficaz la estructura del pensamiento tecnológico a través de sus diferentes etapas.

Se destaca en esta propuesta pedagógica la inclusión de diferentes elementos para su implementación tales como las etapas, las actividades, los desempeños, los materiales de apoyo, las rubricas de evaluación, bitácora de seguimiento y todo lo necesario para su implementación en otros contextos, además de su posible uso como modelo para otras propuestas encaminadas al desarrollo de estructuras de pensamiento con la integración de tecnologías exponenciales. Lo anterior da mayor flexibilidad y adaptabilidad de la propuesta a otros espacios académicos y al uso de otras herramientas didácticas, sin depender de una tecnología en particular o del aprendizaje de unos conocimientos en específico.

La forma gráfica en que se muestra la propuesta pedagógica posibilita una manera diferente de asimilarla, desde una visión global, entendiendo todos sus componentes, hasta una revisión particular de todos sus elementos en detalle, esto logra por una parte tener un panorama general desde su estructuración y otro particular de los recursos y materiales necesarios para su implementación, lo cual puede ser útil tanto para docentes como para directivos o encargados de gestionar la educación en las instituciones educativas.

El uso de tecnologías exponenciales como herramientas para la educación en tecnología que conduzca al desarrollo del pensamiento tecnológico, aporta en la implementación de estrategias didácticas innovadoras y de gran impacto en los estudiantes, los cuales muestran gran interés y curiosidad por adquirir conocimientos actuales, avanzados y en algunos casos desconocidos para ellos, lo cual motiva el aprendizaje y mejora considerablemente los resultados al final de la intervención, comparado con otras estrategias que denotan menor participación activa de quienes hacen parte del proceso.

La propuesta pedagógica también surge como un insumo orientado a alimentar la discusión y el debate en lo relacionado con las orientaciones sobre la educación en tecnología

desde los ministerios de educación, aportando elementos valiosos desde lo teórico y desde lo práctico en la búsqueda de mejorar los aprendizajes esenciales en la proyección de los estudiantes de educación media a la educación superior. Estos elementos están relacionados con la orientación vocacional y la profesionalización que se pueda derivar de intervenciones educativas con la integración de tecnología como facilitador del aprendizaje en diferentes campos del conocimiento.

Esta investigación hace una importante contribución a la línea de investigación de pedagogía y didáctica explorando el campo de las tecnologías educativas, permitiendo examinar las posibilidades del uso de las tecnologías exponenciales, como herramientas didácticas que aporten en la construcción y desarrollo de las estructuras de pensamiento, que faciliten los aprendizajes y que fomenten el desarrollo de las habilidades del siglo XXI, en diferentes contextos educativos.

La Divulgación de la propuesta pedagógica con pares académicos y expertos, dio a conocer este estudio y sus posibles beneficios; de igual manera, las socializaciones en la línea de investigación, dieron cabida al debate y la discusión sobre la pertinencia y posibles beneficios de este tipo de investigaciones a nivel doctoral, como sus contribuciones al contexto académico e investigativo de la universidad.

Desde la perspectiva de la propuesta pedagógica, que es el principal aporte de este estudio, se busca fortalecer el aprendizaje práctico y experiencial, impulsando el desarrollo de habilidades tecnológicas, al permitir la creación y prueba de prototipos en un entorno seguro y controlado. Esto, ayuda a contextualizar los conocimientos y pretende hacer que las personas estén mejor preparadas para enfrentar situaciones en su futuro académico y laboral. También,

examina la posibilidad de ir renovando las prácticas educativas en las instituciones, actualizando sus metodologías y haciendo uso de recursos, acordes con las características de la educación 5.0.

El desarrollo de esta investigación promueve que, en las instituciones educativas, se gestione la compra de equipos de impresión 3D, corte laser, software de modelado digital, kits de electrónica, entre otros, como herramientas para la implementación de propuestas, que puedan dar continuidad a este tipo de proyectos.

La propuesta pedagógica, contribuye a la actualización de los proyectos educativos institucionales (PEI) y currículos educativos, si se implementa y toma la decisión para desarrollar procesos educativos con la integración de tecnologías exponenciales. Esto, puede generar un impacto importante si, además, se crea, dentro de las instituciones, modelos administrativos que vayan en la misma dirección y optimicen los procesos de gestión institucionales en beneficio de los estudiantes.

Esta investigación, también incentiva la creación y participación en diferentes grupos de aprendizaje, como centros de interés, clubes de tecnología o semilleros de investigación en las instituciones educativas, para desarrollar proyectos de robótica, electrónica, impresión 3D y tecnologías exponenciales, con materiales de apoyo que pueden ser diseñados por los mismos estudiantes, promoviendo el aprendizaje desde el interés propio y la curiosidad por adquirir nuevos conocimientos por parte de los estudiantes.

Los docentes que hicieron parte de la intervención adquirieron experiencia y conocimientos para la implementación de la propuesta en diversos contextos, así como la divulgación de la experiencia con otros docentes. Los aprendizajes se dieron en varios aspectos,

como la gestión, la implementación de propuestas educativas, el desarrollo de material didáctico y el uso de tecnologías exponenciales en la educación.

### **Recomendaciones**

Queda pendiente por explorar el uso de los ciclos iterativos, ya que por limitación del tiempo solo fue posible hacer una retroalimentación y ajustes de la propuesta, pero no se realizó un nuevo ciclo de intervención en el que se pudieran comparar los resultados con el primero para poder comprobar su efectividad. Posteriores investigaciones podrán corroborar cual es el grado de impacto y los niveles de desarrollo del pensamiento tecnológico con más de un ciclo en la implementación.

Es importante realizar implementaciones de la propuesta pedagógica con la integración de otras tecnologías exponenciales, pues a pesar de que se alcanzaron a usar algunas como el corte laser o la robótica, no fue posible hacer una comparación entre estas para determinar la influencia o no del tipo de tecnología utilizado. En futuras intervenciones será interesante realizar esta comparación para de acuerdo con las observaciones hacer los ajustes necesarios a la propuesta.

La implementación de la propuesta pedagógica para fortalecer las etapas del desarrollo del pensamiento tecnológico en los estudiantes de educación media, que se describió en este estudio, se debe hacer de forma gradual, teniendo en cuenta los saberes previos, los énfasis educativos de cada institución y las herramientas tecnológicas, pedagógicas y didácticas disponibles en cada contexto educativo.

La implementación de la propuesta en contextos diferentes se puede dar siempre que se hagan las adaptaciones necesarias. Es importante saber con cuáles recursos y herramientas se

cuenta, cuál es la formación de los docentes y cómo se desarrolla el currículo de las instituciones, para hacer los ajustes pertinentes, con el propósito de mejorar el progreso de los estudiantes, en relación con los conocimientos que ya poseen desde su experiencia y aprendizajes previos.

Es importante que las herramientas didácticas y pedagógicas a incorporar en la propuesta, sean accesibles, tanto por su disponibilidad, como por su posible costo de adquisición. Por ejemplo, el uso de software libre para el modelado 3D, puede facilitar la implementación, además de buscar que estas aplicaciones sean intuitivas y adecuadas para el nivel educativo de los estudiantes que han de participar en la intervención.

La experiencia mostró que los estudiantes que no estaban condicionados por las notas académicas, presentaron mayor disposición a aprender sobre el uso de las tecnologías exponenciales y lograron importantes resultados en diferentes etapas del proceso. Por esto, fomentar la experimentación y el aprendizaje por descubrimiento, permite que los estudiantes exploren distintas soluciones a través del diseño iterativo y la prueba de prototipos, que se proponen como soluciones a diferentes problemáticas, desde lo tecnológico. La creación de clubes o centros de interés en las instituciones educativas puede ser un buen camino para explorar la implementación de la propuesta pedagógica.

Es recomendable que el diseño de las actividades y propuestas de trabajo vincule proyectos con problemas reales y el contexto de los estudiantes, ya que diseñar actividades en las que ellos aborden necesidades concretas, como la creación de prótesis impresas en 3D, estructuras sostenibles o materiales didácticos para su propio aprovechamiento, ayuda a motivar y comprometer a los participantes en el ejercicio de pensar tecnológicamente. Las soluciones encontradas, se convierten en objetos tecnológicos, con los que los estudiantes generan un



vínculo, incluso emocional, al darse cuenta de las capacidades y fortalezas que han desarrollado para solucionar situaciones de su entorno.

Se hace necesario que, al final del proceso, se haga una socialización de los proyectos con la comunidad educativa, con el fin de determinar y evaluar su impacto, mediante rúbricas que valoren la creatividad, la funcionalidad y la viabilidad de los diseños, promoviendo la mejora continua. Esto, no solamente motiva a los estudiantes, sino que los fortalece en su discurso, su argumentación y la defensa de las soluciones que han planteado, encontrando posibles oportunidades para la mejora y optimización de los resultados obtenidos.

La experiencia y conocimientos de los docentes, son determinantes en los resultados que se dan en la implementación de la propuesta, por eso, se hace necesario formar a los docentes en el uso de las tecnologías exponenciales que se vayan a utilizar dentro del proceso, incluidos los recursos digitales y metodologías, para asegurar un desarrollo efectivo que conduzca a los estudiantes a desarrollar los aprendizajes que se esperan y sin que las tecnologías exponenciales se conviertan en un obstáculo que produzca un efecto contrario al propósito inicial.

La estructura de la propuesta pedagógica, resultado de esta investigación, puede ser objeto de mejoras con el uso de herramientas de IA, orientado al aprendizaje autónomo y la autogestión de recursos, facilitando su funcionamiento y brindando la posibilidad de hacerla más universal, con su implementación en la web, ampliando su cobertura y generando un mayor impacto en las intervenciones que se deriven de este estudio. El uso de medios digitales para el manejo de la información y la comunicación durante la investigación se dio de manera tangencial, ya que la organización y gestión de estos recursos en plataformas digitales requiere de gran experticia, dedicación de tiempo e inversión económica para su funcionamiento.

Esta investigación abre un camino para el debate, la discusión y el desarrollo de nuevas investigaciones relacionadas con la integración de tecnologías exponenciales (robótica, realidad aumentada, nanotecnología, inteligencia artificial, big data, entre otras) como herramientas didácticas orientadas al desarrollo de diversas estructuras de pensamiento como el científico, computacional, de diseño, matemático, sistémico, en diferentes contextos educativos y con distintos grados de escolaridad, con el propósito de mejorar los aprendizajes y preparar a los estudiantes de acuerdo a las necesidades académicas o laborales que demanda el presente y futuro cercano.

### **Dificultades**

Algunas actividades, como la implementación de la propuesta o la entrevista a docentes, se deben planear, teniendo en cuenta los tiempos y las dinámicas institucionales, puesto que es el investigador quien debe adaptarse a las condiciones que le ofrecen las directivas y los cronogramas educativos establecidos por las Secretarías de Educación o el Ministerio de Educación Nacional.

El uso de equipos, como impresoras 3D, software de modelado y otros recursos tecnológicos, requieren de gran preparación para verificar su funcionamiento y disponibilidad. Esto, se debe hacer con anterioridad, para garantizar que, durante la intervención, no se presenten fallas que retrasen los procesos y desmotiven a los participantes, por no poder usarlos según lo planeado. También, es importante contar con los permisos y autorizaciones para su uso por parte de los responsables, dentro de las instituciones educativas, puesto que son elementos de carácter institucional y su custodia está a cargo de los docentes o directivos.

Los tiempos de cada fase de la investigación son limitados, por lo que es necesario hacer una buena planeación de las actividades a trabajar, de lo contrario, se corre el riesgo de no

desarrollar completamente alguno de los procesos planteados en el estudio, impactando directamente el proceso metodológico y los resultados del ejercicio investigativo.

Algunos procesos y recursos requieren de tiempo y adquisición de productos que demandan la gestión de recursos económicos, especialmente en las instituciones de educación pública en las cuales estos procesos toman tiempo, es necesario tener en cuenta estas dificultades en el momento de pretender implementar propuestas como la descrita en esta investigación, con el propósito de planear bien los tiempos de ejecución y obtener los resultados planteados y metas propuestas en el inicio.

## Referencias

- Acero, O. (2020). *Educación 4.0: tendencias en la ruta del aprendizaje en la educación superior del siglo XX*. La Formación en los Posgrados en Educación: Aportes desde el Humanismo, el Currículo, la Epistemología y la Educación 4.0 en América Latina.
- Ahmed, V. (2020). *Abordar las cuestiones sistémicas globales al mismo tiempo que se implementan los ODS en el nivel de país*. Estado global de los ODS. Southern Voice.
- Álamo, J. B. (2019). *Educación para la Sostenibilidad en España*. Fundación Alternativas y Red Española para el Desarrollo.
- Alonso, A. (2019). *Análisis filosófico-metodológico de la Investigación en Educación: la perspectiva de las Ciencias de Diseño*. UDC.
- Alonso, T. (2021). *Educación para el desarrollo sostenible : una visión crítica desde la pedagogía*. Revista complutense de educación, 249-259.
- Álvarez, I. N. (2019). *Generación y transferencia deficiencia, tecnología e innovación como claves de desarrollo sostenible y cooperación internacional en América Latina*. Fundación Carolina.
- Ambriz, G. S. (2023). *La administración en México: Tendencias en la sociedad del conocimiento*. UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
- Apella, I. &. (2022). *El cambio tecnológico y las tendencias del mercado laboral en América Latina y el Caribe: un análisis basado en las tareas*. Revista CEPAL, 65-86.
- Arbeláez, E. M. (2019). *Filosofía del diseño. Una perspectiva hermenéutica sobre la creación objetual*. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/4674>.

- Armenta, C. G. (2022). *Aprendizaje basado en los tipos de pensamiento según la psicología para conocer la importancia de los docentes en el proceso de enseñanza aprendizaje*. Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula, 1-4.
- Arnon, S. (. (2019). *Visible light communication*. Cambridge University Press.
- ASTM. (2020). *Fabricación aditiva. Diseño. Requisitos, directrices y recomendaciones*. ASTM.
- Asunción, S. (2019). *Metodologías Activas: Herramientas para el empoderamiento docente*. Revista Docentes 2.0, 7(1), 65–80.
- Ayamga, M. A. (2021). *Multifaceted applicability of drones: A review*. Technological Forecasting and Social Change, 167-177.
- Balusamy, B. K. (2021). *Big Data: Concepts, Technology, and Architecture*. John Wiley & Sons.
- Bello, C. R. (2019). *La realidad aumentada: lo que debemos conocer*. Tecnología Investigación y Academia, 5(2), 257-261.
- Benavente, R. P. (2019). *Formación Integral en competencias para Impresión 3D. III Congreso Nacional de innovación educativa y de docencia en red*. Editorial Universitat Politècnica de Valencia.
- Bernardi, M. S. (2021). *La ley de Moore*. Serie web (Bachelor's thesis).
- Blomberg, O. (2019). *Concepts of cognition for cognitive engineering*. International Journal of Aviation Psychology.
- Borrás, G. O. (2019). *Insignias digitales como acreditación de competencias en la Universidad*. Universidad Politecnica de Madrid.

- Bruner. (2019). *Acción, pensamiento y lenguaje (Compilació de José Luis Linaza)*. Alianza editorial.
- Büch, T. (2019). *Ciência, Tecnologia e Sociedade, e o Contexto da Educação Tecnológica*. Florianópolis, Editora da UFSC, 1998, 319 . Web, 6(14), 244-247.
- Bybee, R. W. (2019). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA.
- Castro Irigorri, C. A., Ariño Martín, L. A., Hernández Gomez O.J. Fernández, J. L., López García, D. R., Martínez Martínez, R., ... & Tenorio Fornés, A. (2019). *Blockchain en la universidad: TIC 360°*. Mountain View: CRUE.
- Caballero, González Y. A., García. Valcárcel Muñoz. Repiso, A. M. (2020). *Fortaleciendo el pensamiento computacional y habilidades sociales mediante actividades de aprendizaje con robótica educativa en niveles escolares iniciales*. Pixel-Bit.
- Cabero, A. J. (2019). *Las tecnologías de la información y comunicación y la formación inicial de los docentes: modelos y competencias digitales*. Profesorado: Revista de Currículum y Formación de Profesorado, 247-268.
- Calle Álvarez, G. Y., y Agudelo Correa, I. D. (2019). *Resolución de problemas con tecnología en un ambiente de aprendizaje colaborativo wiki en la educación media*. Revista Logos Ciencia & Tecnología, 11(2), 151-165.
- Camargo, A. F. (2021). *Tecnologías 4.0: El desafío de la educación media en Colombia*. Societas, 1-29.
- Campanario, S. (2017). *Modo esponja: Cómo absorber con creatividad el impacto del cambio acelerado. El viaje del aprendizaje permanente*. Sudamericana.

- Capel, C. (2020). *Manual de prácticas de ingeniería genética*. Universidad de Almería.
- Carrillo, L. P. (2022). *TIC y diversidad funcional : conocimiento del profesorado de las Islas Canarias*. Revista interuniversitaria de formación del profesorado, p. 283-299.
- Carro, S. J. (2022). *El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0: una revisión sistemática y perspectivas futuras*. Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento, 10-24.
- Casado, C. M. (2019). *Filosofía de la técnica y de la tecnología*. CTS: Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad, 14(40), 309-312.
- Casey, B., & Jones, R. (2019). *Neurobiology of the Adolescent Brain and Behavior: Implications for Substance Use Disorders*. Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 1189-1201.
- Castillo, M. R. (2022). *Manufactura esbelta en la Industria 5.0*. Memorias Científicas y Tecnológicas, 87-95.
- Castleton, A. (2021). *Actantes, Simetría y Circunstancia: Ortega y Gasset y la teoría del Actor-Red (ANT)*. Éndoxa, 47.
- CEPAL. (2022). *Un camino digital para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe*. Copyright © Naciones Unidas.
- Cevallos, M. O. (2019). *Las habilidades comunicativas, una necesidad formativa del profesional del Siglo XXI*. Yachana Revista Científica, 130-137.

- Charris, M. A. (2022). *Sociedad del conocimiento y sociedad de la información: dos paradigmas para un mismo referente epistemológico para el avance científico y tecnológico*. Revista de Filosofía, 39(102), 332-345.
- Clark, T. F. (2021). *Bryman's social research methods*. Oxford university press.
- CONPES.3988. (2020). *Tecnologías Para Aprender: Política Nacional para Impulsar la Innovación en las Prácticas Educativas a Través de las Tecnologías Digitales*. Departamento Nacional de Planeación.
- Corbalán, R. (2019). *Enseñanza Digital en los Estados Unidos: Ventajas y Desventajas*. BKLCC.
- Córdoba, H. R. (2019). *Retos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en ciudades y territorios del siglo XXI*. Territorios en formación, 1-5.
- Corral, M. M. (2020). *Sociedad 5.0 y tecnologías emergentes al 2030*. Revista Sistemas, 4-10.
- Costa, J. A. (2019). *Procesos de manufactura con tecnología 3D*. CTS Cafe.
- Creswell, J. (2021). *A concise introduction to mixed methods research*. SAGE publications.
- Crouch, V., & Cutcliffe, K. (2022). *Disrupting the traditional academic development model: Technology Demonstrators*. ASCILITE Publications.
- Cuestas, P., y Saez, V. (2020). *Tecnologías digitales, comunidades virtuales y nuevas formas de leer¿Qué está pasando en el sector editorial juvenil en Argentina?* Revista Álabe, 1-19.
- Curto, M. M. (2022). *La Aproximación Europea a las Microcredenciales*. Revista Electrónica Calidad en la Educación Superior, 13(2), 107-126.



- Cuzme, L. J. (2022). *Aplicaciones de la Nanotecnología en la Industria de Software*. Domino de las Ciencias.
- Davidson, C. (2022a). *The new college classroom*. Harvard University Press. Harvard University Press.
- Davidson, C. (2019). *How Technology and Brain Science Will Transform Schools and Business for the 21st Century*. Penguin Books.
- Davidson, C. (2022b). El impacto de las tecnologías exponenciales en el futuro de la educación. *Puentes Digitales*, 25-46.
- Dávila, G. G. (2022). *Venciendo los desafios para la inclusión de mujeres en STEM*. Actas del Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas, (pp. 44-47).
- Deehan, J., & MacDonald, A. (2024). *Australian teachers' views on how primary science education can be improved*. The Australian Educational Researcher, 51(4), 1255-1272.
- Del Pino, O. M. (2020). *Aprendizaje experiencial, interiorizar haciendo*. Revista digital de educación y formación del profesorado, 17(1), 1-7.
- Delgado, M. L. (2019). *Aprendizaje centrado en el estudiante, hacia un nuevo arquetipo docente*. Enseñanza & Teaching: 37, 1, 2019, 139-154.
- Díaz, M. J. (2020). *Perfiles docentes en el contexto de la transformación digital de la escuela*. Bordón: Revista de pedagogía, 151-173.
- DigComp. (2022). *Marco de Referencia de la Competencia Digital*. Oficina de Publicaciones de la Comisión Europea.

- Dorner, B. H. (2023). *Conceptual review on scientific reasoning and scientific thinking*. *Current Psychology*, 42(6), 4313-4325.
- ECESI. (2019). *Transformado la Educación Estadounidense: Aprendizaje potenciado por la Tecnología (TIC)*. ECESI.
- Einevoll, G. T. (2019). *The scientific case for brain simulations*. *Neuron*, 735-744.
- Enguita, M. F. (2023). *La Quinta Ola. La transformación digital del aprendizaje, de la educación y de la escuela*. . Ediciones Morata.
- Ernesché. (2019). *La 5ta revolución tecnológica en Japón*. *Revista Observatorio Iberoamericano de la Economía y la Sociedad de Japón*.
- Fernández, M. (2020). *Análisis de estrategias metodológicas docentes apoyadas en el uso de TIC para fomentar el Aprendizaje Cooperativo del alumnado universitario del Grado de Pedagogía*. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 34-46.
- Falcinelli, C. V. (2022). *La Psicología Educativa*. Punto Rojo Libros.
- Fernández; González, D. y Verdeja, L. F. (2022). *Nanoestructuras y nuevos materiales*. CSIC, 50-62.
- Feron, K. L. (2018). *Organic bioelectronics: materials and biocompatibility*. *International journal of molecular sciences*, 19-28.
- Franco, J. (2023). *Educación y tecnología: solución radical: historia, teoría y evolución escolar en México y en Estados Unidos*. Siglo XXI.

- Froehlich, D. E. (2020). *Linking quantitative and qualitative network approaches: A review of mixed methods social network analysis in education research*. Review of research in education, 44(1), 244-268.
- Furman, M. (2019). *Educar mentes curiosas : la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia : documento básico, XI Foro Latinoamericano de Educación*. Santillana.
- Gómez. M. (2021). *Homo Faber*. Plumilla Educativa,, 28(2), 7-12.
- Gómez. P. (2023). *Metodologías activas aplicando tecnologías digitales (Vol. 8)*. Narcea Ediciones.
- Gallo, A. C. (2020). *Análisis Exploratorio de los Factores de Transformación Digital en las Organizaciones Educativas*. ECACEN.
- Gardner, H. E. (2019). *Multiple Intelligences: New Horizons in Theory and Practice*. Hachette UK.
- Gastelú, C. A., Cordero-Guzmán, D. M., Ortiz, J. L., Alvarado, A. M. (2019). *Influencia de factores sobre la manifestación de la ciudadanía digital*. Revista Prisma Social, (26), 27-49.
- Giménez, S. (2024). *Educación maker: Creando un aprendizaje activo y significativo*. Editorial Autores de Argentina.
- González, y Páramo, J. M. (2018). *Cuarta revolución industrial, empleo y estado de bienestar*. Anales de la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas Ministerio de Justicia., (pp. 89-113).

- Gove, M. (2019). *New 3D printers to boost STEM and design teaching*. UK Department for Education.
- Granillo, M. R. (2021). *El desarrollo tecnológico en las revoluciones industriales*. Ingenio Y Conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún, 8(16), 41-52.
- Hong, S. (2022). *The Internalization of Science and Technology in the earlier stage of Economic Development in South Korea*. Ministry of Strategy and Finance (MOSF).
- Hannig, S. (2020). *Más allá del futuro del trabajo*. Fundación para el progreso, 1-14.
- He, B. Y. (2020). *Brain-computer interfaces*. Neural engineering, 131-183.
- Herrera, A. N. (2020). *El modelado e impresión 3D, la tecnología de la industria 4.0*. # ashtag, (15), 87-99.
- Hong, Q., & Pluye, P. (2019). *A conceptual framework for critical appraisal in systematic mixed studies reviews*. Journal of mixed methods research, 13(4), 446-460.
- ISTE. (2019). *Tecnologías digitales: la respuesta de Australia a la educación informática basada en disciplinas*. ISTE.
- Jara, I. O. (2020). *Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación*. Documento para discusión número IDB-DP-00-776. BID.
- Jiménez-Pitre, I., Molina-Bolívar, G., y Gámez Pitre, R. (2023). *Visión sistémica del contexto educativo tecnológico en Latinoamérica*. Región Científica, 1-3.
- Juárez, Pulido M., Rasskin-Gutman, I., y Mendo-Lázaro, S. (2019). *El aprendizaje cooperativo, una metodología activa para la educación del siglo XXI: una revisión bibliográfica*. Revista Prisma Social, (26), 200-210.

- KISTEP (2019). *Report on the Survey of Research and Development in Science and Technology*. Korea Institute of S&T Evaluation and Planning.
- Kopetz, H., & Steiner, W. (2022). *Internet of things. In Real-time systems: design principles for distributed embedded applications*. Springer International Publishing.
- Koul, R. B. (2021). *Teaching 21st Century Skills*. Springer.
- Krauskopof, D. (2019). *El desarrollo psicológico en la adolescencia: las transformaciones en una época de cambios*. Adolescencia y salud,, 1(2), 23-31.
- Lara, G. S. (2019). *El desarrollo del hardware para la realidad virtual*. RISTI-Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (31), 106-117.
- Larson, R. (2022). *Globalization, Societal Change, and New Technologies: What They Mean for the Future of Adolescence*. Journal of Research on Adolescence, 1-30.
- Leguizamón, G. M. (2021). *Estudios sobre educación en tecnología y desarrollo del pensamiento tecnológico*. UPTC.
- Llanga Vargas E. F., Montesdeoca Mozo, D. M., y León Pérez, S. F. (2019). *El pensamiento y razonamiento como un proceso cognitivo en el desarrollo de las ideas*. Caribeña de Ciencias Sociales.
- Lodi, M., y Martini, S. (2021). *Computational thinking, between Papert and Wing*. Science & education, 4(30), 883-908.
- López, J. (2019). *La gran Transición, retos y oportunidades del cambio tecnológico exponencial*. Fondo de cultura económica.

- López, J. (2021). *Las tecnologías exponenciales en el desarrollo de nuevas competencias laborales*. Horizontes Revista de Investigación en Ciencias de la Educación, 5(20), 205-214.
- López, J. (2020). *Una propuesta de modelo educativo para las organizaciones exponenciales*. Revista Tecnología, Ciencia y Educación, (17), 149-179.
- Mantilla, A. L. (2019). *Industria 5.0: ¿Vuelve el hombre al centro de los procesos de producción?* Universidad EAFIT, 56-67.
- McGaw, B. C. (2020). *Assessment and teaching of 21st century skills*. Springer.
- Meller, P. (2019). *Claves para la educación del futuro: Creatividad y pensamiento crítico*. Catalonia.
- MEN. (2008). *Guia 30. Ser competente en tecnología: ¿una necesidad para el desarrollo!* Ministerio de Educación Nacional.
- MEN. (2022). *Orientaciones curriculares para el Área de Tecnología e Informática en Educación Básica y Media*. MEN.
- Meraz, R. A. (2020). *Ciencia, tecnología y energías renovables: una aproximación a sus concepciones y contradicciones*. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS, 15(45).
- Mercader, U. J. (2017). *El futuro del trabajo en la era de la digitalización y la robótica*. Tirant lo Blanch.
- Merchán, C. A. (2021). *Estudios sobre educación en tecnología y desarrollo del pensamiento tecnológico*. UPTC.

Min Ciencias. (2021). *La Ciencia en Cifras. Resultados Generales de Grupos e Investigadores.*

Min ciencias.

Molano, D. (2022). *La robótica educativa: una interdisciplina didáctica integradora para la enseñanza.* Universidad Santo Tomás.

Molina, B. M. (2022). *Trayectorias de aprendizaje adaptativo de estudiantes de cuarto básico a través de una plataforma educativa para aprender ciencias.* Pontificia Universidad Católica de Chile.

Molina-Vásquez, R. (2022). *Entornos personalizados de aprendizaje: estrategia pedagógica y tecnológica para la educación virtual. In-Red 2022 - VIII Congreso Nacional de Innovación Educativa y Docencia en Red (págs. 1276-1290).* Editorial Universitat Politècnica de València.

Monsalve-Lorente, L., y Aguasanta-Regalado, M. E.. (2020). *Nuevas ecologías del aprendizaje en el currículo: la era digital en la escuela.* Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa-RELATEC, 19(1), 139-154.

Montoya, J. W. (2019). *La individuación y la técnica en la obra de Simondon.* Editorial Aula de Humanidades.

Morales, F. C. (2020). *Sociedad del conocimiento.* Economipedia, 22-35.

Moreira, M. A. (2019). *El diseño y desarrollo de materiales didácticos electrónicos. Un proyecto para la educación de adultos en Canarias.* IV Congreso de Nuevas Tecnologías de la Información y de la Comunicación para la educación.

- Mota, M. D. (2021). *Aproximación a un marco de referencia teórico del cambio tecnológico*. Digital Ciencia@ UAQRO., 4(6), 54-62.
- MSIP. (2018). *Regulation for Government R&D Management*. National Science & Technology Council. MSIP.
- Mumford. (2021). *The transformations of man*. Routledge.
- Muñoz, Y. O. (2020). *La aplicación de factores de crecimiento en el desarrollo de la Ingeniería de tejidos óseos*. Mediceletrónica.
- NCS. (2018). *The United States National CAD Standards*. NCS.
- Niño, J. A. (2019). *Una mirada a la enseñanza de conceptos científicos y tecnológicos a través del material didáctico utilizado*. Revista Espacios, 15-23.
- Noland, J. K. (2021). *Prospects and challenges of the hyperloop transportation system: A systematic technology review*. IEEE Access, 439-458.
- OECD. (2019 a). *PISA 2019 Assessment and Analytical Framework, Science, Reading Mathematic and Financial Literacy*. OECD Publishing.
- OECD. (2019 b). *Stat extracts*. OECD Publishing.
- Orta, K. S. (2021). *Propuestas para la enseñanza en el área de educación tecnológica: el mundo de los objetos técnicos*. Ministerio de Educación Argentina.
- Oszlak, O. (2020). *El Estado en la era exponencial*. Instituto Nacional de Administración Pública.



- Pardo, I. D. (2021). *Más allá de la Industria 5.0: Realidad y Deseo*. Encuentros Multidisciplinares, 2-6.
- Pérez Porto, J. G. (2021). *Definición de Homo habilis, Qué es?, Significado y Concepto*.  
<https://definicion.de/homo-habilis/>.
- Pérez-Paredes, P., y Zapata-Ros, M.. (2018). *El pensamiento computacional como alfabetización de la cultura digital*. RED. Revista de Educación a Distancia, 58.
- Perissé, M. C. (2022). *Enseñanza Activa: Modelo de aprendizaje vivencial*. Ciencia y Técnica Administrativa, 4-12.
- Pisano, P. (2022). *Crítica y oportunidad de la inteligencia artificial*. MIT Technology Review, 1-4.
- Pluye, P. G. (2019). *Understanding divergence of quantitative and qualitative data (or results) in mixed methods studies*. International Journal of Multiple Research Approaches, 1, 58-72.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.5172/mra.455.3.1.58>
- Poldrack, R. A. (2017). *Scanning the horizon: towards transparent and reproducible neuroimaging research*. Nature reviews neuroscience, , 115-126.
- Poquet, C. R. (2020). *Cuarta revolución industrial, automatización y afectación sobre la continuidad de la relación laboral*. Ediciones Universidad de Salamanca.
- Porcelli, A. M. (2020). *Un nuevo statu quo económico, industrial y social: La Quinta Revolución Industrial y Sociedad 5.0.(Parte I)*. Doctrina en dos Páginas, Diario DPI Suplemento Derecho y Tecnologías N° 56-04., 56-75.

- Portillo, J. R. (2021). *Cambio tecnológico exponencial y los ODS*. Revista Mexicana De Política Exterior, 155-166.
- Presti, D. A. (2020). *Desarrollo de dispositivos ópticos integrados por escritura láser para tecnologías fotónicas*. Universidad de Quilmes.
- Quintanilla, M. A. (2017). *Tecnología: Un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*. Fondo de cultura Económica.
- Quiroga, L. P. (2019). *Ventajas y desventajas de las tic en la educación “Desde la primera infancia hasta la educación superior”*. Revista Educación y Pensamiento, 77-85.
- Ramirez, J. L. (2020). *Investigación y educación superior*. Lulu.com.
- Ramírez, M. O. (2021). *Conceptos Generales Sobre Gestión de Conocimiento, Tecnología e Innovación*. Revista Digital Negoteck., 1-6.
- Ray, D. (2022). *Economía del desarrollo*. Antoni Bosch Editor.
- Reimers, F. (2022). *Reformas educativas del siglo XXI para un aprendizaje más profundo: Una perspectiva internacional*. Narcea Ediciones.
- Ridley, M. (2021). *Genoma*. Santillana.
- Rivera, C. M. (2019). *Impacto de la educación superior en el desarrollo socio-económico de Colombia*. CORE, 1-36.
- Rodríguez, E. (2019). *La 5ta revolución tecnológica en Japón*. Observatorio Iberoamericano de la Economía y la Sociedad de Japón.

- Romero, López G., Guaña-Moya, J., Pinos-Romero, K., Fernández-Sánchez, E., y Arteaga-Alcívar, Y. A. (2022). *Nativos digitales y modelos de aprendizaje*. Polo del conocimiento, 7(3), 653-668.
- Rúa, R. E. (2021). *3D Printing as a Didactic Tool for Teaching some Engineering and Design Concepts*. Ingeniería, 23(1), 70-83.
- Ruiz. (2020). *Teoría del Curriculum: Diseño, Desarrollo e Innovación Curricular*. Editorial Universitas.
- Ruiz, I. E. (2019). *Computación cuántica: Aplicaciones prácticas que la computación clásica no puede solucionar*. Escuela Politecnica Superior.
- Salazar. R. (2019). *Bienestar y desarrollo: evolución de dos conceptos asociados al bien vivir*. Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, 21(2), 288-312.
- Saborío, J. C. (2021). *Impacto del Programa Nacional de Innovaciones Educativas en la formación de los estudiantes del Tercer Ciclo de la Educación Secundaria*. Revista El Labrador, 5-13.
- Salazar y López, Y. P. (2020). *Características de un Docente Innovador: Siete claves para una buena práctica docente*. Revista Scientific, 254-275.
- Saldivia, O. Á. (2018). *Propuesta pedagógica para la comprensión del espacio tridimensional utilizando realidad aumentada*. In XXIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (págs. 1-10). Tandil.
- Salguero, Q. P. (2019). *Fundamentos de la Biología Sintética*. Universidad de Sevilla.
- Salim, I. M. (2019). *Exponential Organizations*. Diversion Publishing - IPS.

- Samán, A. C. (2020). *Los cambios tecnológicos y sus potenciales efectos en la formación de los estudiantes*. Instituto de Extrapolítica y Transhumanismo, 1-9.
- Sánchez, I. R. (2021). *La Sociedad de la Información, Sociedad del Conocimiento y Sociedad del Aprendizaje. Referentes en torno a su formación*. Bibliotecas. Anales de investigación, 12(2), 231-239.
- Sancho, G. J. (2019). *De la tecnología para aplicar a la tecnología para pensar: implicaciones para la docencia y la investigación*. Universidad de Extremadura
- Saorín, Luis. Cecile Meier, Jorge de la Torre-Cantrero, Carlos Carbonell-Carrera, Dámari Melián. (2019). *Competencia Digital: Uso y manejo de modelos 3D tridimensionales digitales e impresos en 3D*. Edmectic: Revista de Educación Mediática y TIC, 30-35.
- Schmelkes, S. y Águila, G. (2019). *La educación multigrado en México*. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- Somolinos, C. S. (2022). *La impresión 4D como tecnología facilitadora de la robótica blanda*. Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros, 123-136.
- Song, J. (2020). *La relación entre la educación universitaria y el mercado laboral: El caso de Corea del Sur*. Universidad de Barcelona.
- Song, C., Liu, Q., Deng, S., Li, H., & Kitamura, Y. (2019). *Cryogenic-based CO2 capture technologies: State-of-the-art developments and current challenges*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 101, 265-278.
- Suárez, A. (2018). *Introducción a la Psicología de los Procesos Cognoscitivos*. Curso Procesos Cognoscitivos Básicos.

- Sunyaev, A. (2020). *Cloud computing. Internet Computing*. A. & Sunyaev, Principles of Distributed Systems and Emerging Internet-Based Technologies (págs. 195-236.).
- Tapscott, D. (2019). *La revolución blockchain. Descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global*. Ediciones Deusto.
- Tipan, A. V. (2023). *Industria 5.0, revisión del pasado y futuro de la producción y la industria*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 1059-1070.
- Toural, C., y López, X. (2019). *Presentación dossier: Historia de los nuevos medios digitales*. Revista Internacional de Historia de la Comunicación, (13), 7-10.
- Ushakova, T. (2022). *Acceso al empleo en la Agenda 2030*. Noticias Cielo, 1-5.
- Vargas, E. L. (2019). *La memoria y su importancia en los procesos cognitivos en el estudiante*. Cuadernos de Educación y Desarrollo, 110.
- Vázquez, E. (2021). *Medios, recursos didácticos y tecnología educativa*. UNED.
- Vera, M. M. (2023). *Los desafíos de la Tecnología Educativa*. RiiTE Revista interuniversitaria de investigación en Tecnología Educativa, 1-5.
- Videla, R. R. (2021). *Diseño e implementación de entorno educativo STEM en estudiantes de tercer año básico: abordaje enactivo y ecológico de la experiencia de aprendizaje*. Revista de estudios y experiencias en educación, 20(44), 408-427.
- Vilches, P. A. (2021). *Contribuciones de la Educación Científica a la Ciencia de la Sostenibilidad y los ODS*. Ponencia presentada en el XIX ENEC, 14-23.
- Villalobos. (2022). *Metodologías Activas de Aprendizaje y la ética Educativa*. Revista Tecnológica-Educativa Docentes, 2.0, 13(2), 47-58.

Waissbluth, M. (2019). *Educación para el siglo XXI: El desafío latinoamericano*. Fondo de Cultura Económica.

WEF. (2023). *Future of Jobs Report*. World Economic Forum.