

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo



DOCTORADO

“Efecto del juego en realidad virtual en el aprendizaje y la motivación STEM en estudiantes de secundaria”

Tesis
Que para obtener el grado de
Doctora en Ciencias Educativas

Presenta

Katia Larissa Jáuregui Hernández

Diciembre, 2025

Ensenada, Baja California, México



Universidad Autónoma de Baja California
Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo
Doctorado en Ciencias Educativas



**“Efecto del juego en realidad virtual en el aprendizaje y
la motivación STEM en estudiantes de secundaria”**

TESIS

Que para obtener el grado de

DOCTORA EN CIENCIAS EDUCATIVAS

Presenta

Katia Larissa Jáuregui Hernández

APROBADO POR:

Dr. Juan Carlos Rodríguez Macías
Director(a) de tesis

Dr. Carlos David Díaz López
Sinodal

Dra. Maday Alicia Coronel Santos
Sinodal

Dr. José Ángel González Fraga
Sinodal

Dr. Héctor Cardona Reyes
Sinodal





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo

Ensenada, B.C., a 14 de noviembre de 2025

ASUNTO: Voto aprobatorio al trabajo de tesis para el grado de Doctora en Ciencias Educativas

Dra. Rubí Surema Peniche Cetzal
Coordinadora de Investigación y Posgrado
Presente.

Después de haber efectuado una revisión minuciosa sobre el trabajo de tesis presentado por la C. **KATIA LARISSA JÁUREGUI HERNÁNDEZ**, me permito comunicarle que he dado mi **VOTO APROBATORIO** al mencionado trabajo.

Con base en lo anterior, dicho documento se considera listo para su defensa en el examen de grado de Doctor en Ciencias Educativas, con el trabajo titulado:

“EFECTO DEL JUEGO EN REALIDAD VIRTUAL EN EL APRENDIZAJE Y LA MOTIVACIÓN STEM EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA”.

Esperando reciba el presente de conformidad, quedo de usted.

Atentamente

Dr. Juan Carlos Rodríguez Macías



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo

Ensenada, B.C., a 14 de noviembre de 2025

ASUNTO: Voto aprobatorio al trabajo de tesis para el grado de Doctora en Ciencias Educativas

Dra. Rubí Surema Peniche Cetzal
Coordinadora de Investigación y Posgrado
Presente.

Después de haber efectuado una revisión minuciosa sobre el trabajo de tesis presentado por la **C. KATIA LARISSA JÁUREGUI HERNÁNDEZ**, me permito comunicarle que he dado mi **VOTO APROBATORIO** al mencionado trabajo.

Con base en lo anterior, dicho documento se considera listo para su defensa en el examen de grado de Doctor en Ciencias Educativas, con el trabajo titulado:

“EFECTO DEL JUEGO EN REALIDAD VIRTUAL EN EL APRENDIZAJE Y LA MOTIVACIÓN STEM EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA”.

Esperando reciba el presente de conformidad, quedo de usted.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'CDL', is written over a horizontal line.

DR. CARLOS DAVID DÍAZ LÓPEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo

Ensenada, B.C., a 14 de noviembre de 2025

ASUNTO: Voto aprobatorio al trabajo de tesis para el grado de Doctora en Ciencias Educativas

Dra. Rubí Surema Peniche Cetzal
Coordinadora de Investigación y Posgrado
Presente.

Después de haber efectuado una revisión minuciosa sobre el trabajo de tesis presentado por la **C. KATIA LARISSA JÁUREGUI HERNÁNDEZ**, me permito comunicarle que he dado mi **VOTO APROBATORIO** al mencionado trabajo.

Con base en lo anterior, dicho documento se considera listo para su defensa en el examen de grado de Doctor en Ciencias Educativas, con el trabajo titulado:

“EFECTO DEL JUEGO EN REALIDAD VIRTUAL EN EL APRENDIZAJE Y LA MOTIVACIÓN STEM EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA”.

Esperando reciba el presente de conformidad, quedo de usted.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "MADAY ALICIA CORONEL SANTOS", is written above a horizontal line.

DRA. MADAY ALICIA CORONEL SANTOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo

Ensenada, B.C., a 14 de noviembre de 2025

ASUNTO: Voto aprobatorio al trabajo de tesis para el grado de Doctora en Ciencias Educativas

Dra. Rubí Surema Peniche Cetzal
Coordinadora de Investigación y Posgrado
Presente.

Después de haber efectuado una revisión minuciosa sobre el trabajo de tesis presentado por la **C. KATIA LARISSA JÁUREGUI HERNÁNDEZ**, me permito comunicarle que he dado mi **VOTO APROBATORIO** al mencionado trabajo.

Con base en lo anterior, dicho documento se considera listo para su defensa en el examen de grado de Doctor en Ciencias Educativas, con el trabajo titulado:

“EFECTO DEL JUEGO EN REALIDAD VIRTUAL EN EL APRENDIZAJE Y LA MOTIVACIÓN STEM EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA”.

Esperando reciba el presente de conformidad, quedo de usted.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'JAGF', is written over a horizontal line.

DR. JOSÉ ÁNGEL GONZÁLEZ FRAGA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Investigación y Desarrollo Educativo

Ensenada, B.C., a 14 de noviembre de 2025

ASUNTO: Voto aprobatorio al trabajo
de tesis para el grado de Doctora en Ciencias Educativas

Dra. Rubí Surema Peniche Cetzal
Coordinadora de Investigación y Posgrado
Presente.

Después de haber efectuado una revisión minuciosa sobre el trabajo de tesis presentado por la **C. KATIA LARISSA JÁUREGUI HERNÁNDEZ**, me permito comunicarle que he dado mi **VOTO APROBATORIO** al mencionado trabajo.

Con base en lo anterior, dicho documento se considera listo para su defensa en el examen de grado de Doctor en Ciencias Educativas, con el trabajo titulado:

“EFECTO DEL JUEGO EN REALIDAD VIRTUAL EN EL APRENDIZAJE Y LA MOTIVACIÓN STEM EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA”.

Esperando reciba el presente de conformidad, quedo de usted.

Atentamente


DR. HÉCTOR CARDONA REYES

*Dedico esta tesis a mi familia,
por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.*

*“Si enseñamos a los estudiantes de hoy como enseñamos ayer,
les estamos robando el mañana”.*

— John Dewey

AGRADECIMIENTO A SECIHTI

Agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por la beca otorgada para la realización de mis estudios de doctorado. Este apoyo hizo posible el desarrollo de esta investigación y representa una contribución valiosa para el fortalecimiento de la educación, la ciencia y la innovación en México.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

Quisiera iniciar expresando mi más profundo agradecimiento al Dr. Juan Carlos Rodríguez Macías, quien ha sido mi guía desde mi paso por la maestría. Su acompañamiento constante, su compromiso y su forma tan humana y empática de comprender los procesos personales y académicos marcaron una gran diferencia en mi formación. Agradezco su disposición para escuchar, su apoyo genuino y su interés por el bienestar de quienes orienta.

Un agradecimiento especial a la Dra. Maday Alicia Coronel Santos, cuyo acompañamiento fue fundamental para dar claridad y solidez a esta tesis. Sus observaciones siempre fueron precisas y sus palabras alentadoras. Su compromiso durante las revisiones en el Seminario de Tesis fue decisivo para lograr este resultado.

A mis sinodales, Dr. Carlos David Díaz López, Dr. José Ángel González Fraga y Dr. Héctor Cardona Reyes, por el tiempo, la atención y la dedicación con la que revisaron este trabajo. Sus observaciones enriquecieron cada parte del proyecto y contribuyeron de manera significativa a consolidar su calidad académica.

A mis padres, María y Sebastián, por su amor incondicional y por enseñarme con su ejemplo que el esfuerzo y la constancia abren cualquier camino. Gracias por ser mi base, por impulsarme a seguir adelante y por creer en mí incluso en los momentos de duda.

A mis hermanos, Evelin y Sebastián, por su cariño y por estar siempre presentes. Gracias a mi hermana Evelin, quien me acompañó en muchas noches de desvelo; cuando tocaba trabajar hasta tarde, siempre se mantuvo despierta para hacerme sentir acompañada.

A José Ramón, por su amor, comprensión y apoyo incondicional durante todo este proceso. Gracias por permanecer a mi lado en los momentos más exigentes, por proporcionarme equipo y recursos que hicieron posible el desarrollo de esta investigación, y por creer en mí incluso cuando las jornadas eran largas y el cansancio se hacía presente. Su paciencia y ánimo fueron esenciales para culminar este logro.

Y principalmente, agradezco a Dios, por darme la vida, la salud y la fortaleza necesaria para llegar hasta aquí. Por guiar mis pasos, poner en mi camino a las personas correctas y recordarme siempre que todo esfuerzo tiene su recompensa.

RESUMEN

El bajo logro académico y la desmotivación hacia las áreas STEM representan un problema persistente en la educación secundaria mexicana. Esta investigación analizó el efecto del uso de un juego educativo en realidad virtual (VR, por sus siglas en inglés) sobre el aprendizaje y la motivación STEM en estudiantes de tercer grado de una secundaria pública en México, mediante un diseño mixto de triangulación que combinó un estudio experimental con grupo de control y grupo experimental, y dos estudios cualitativos complementarios. Se aplicó el juego *STEM+VR* durante nueve sesiones, empleando instrumentos desarrollados y validados para medir conocimientos y motivación STEM antes y después de la intervención. Los resultados mostraron un efecto positivo y significativo en el aprendizaje STEM, con un incremento promedio del 13.5% en el grupo experimental, mientras que en la motivación STEM general no se observaron cambios estadísticamente significativos. El efecto del juego varió según el tipo de contenido, siendo más notorio en actividades de Ciencias y Tecnología que implicaron visualización tridimensional, manipulación directa de objetos, resolución de retos con sentido, y representación detallada de conceptos abstractos. Además, se realizó una primera propuesta de criterios para el diseño y selección de juegos educativos en VR, y se incluyen recomendaciones para integrar la VR en la educación secundaria desde una planificación pedagógica que preceda a la decisión tecnológica y que se alinee a las necesidades de la educación STEM.

Palabras clave: realidad virtual, aprendizaje STEM, motivación STEM, juegos educativos, educación secundaria, innovación educativa.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	27
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	30
1.1. Antecedentes asociados al aprendizaje y la motivación STEM	30
1.2. Antecedentes asociados al uso de juegos educativos en VR	36
1.3. Problematización	38
1.4. Preguntas de investigación	40
1.5. Hipótesis	41
1.6. Objetivo general	41
1.7. Objetivos específicos	42
1.8. Justificación	42
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	45
2.1. Aprendizaje STEM	45
2.1.1. Elementos que definen el enfoque STEM	46
2.1.2. Estrategias para la enseñanza STEM.....	48
2.2. Motivación STEM	49
2.2.1. Elementos que definen la motivación STEM.....	49
2.2.2. Estrategias de enseñanza asociadas a la motivación STEM.....	52
2.3. Realidad virtual	53
2.3.1. Historia y evolución.....	54
2.3.2. Concepto y características generales de la realidad virtual	55
2.3.3. Tipos de VR.....	57
2.3.4. Dispositivos de VR.....	58
2.4. El juego en VR como recurso educativo	60
2.4.1. Juegos educativos	60
2.4.2. Juegos educativos en VR.....	63
2.4.3. Teorías de aprendizaje alineadas con los juegos educativos en VR.....	64

2.4.4. Entornos de aprendizaje.....	65
2.4.5. Uso pedagógico de la tecnología	66
2.4.6. Teoría del flow.....	69
2.4.7. Criterios para la selección de juegos educativos en VR.....	72
2.4.7.1. Compatibilidad y acceso.....	75
2.4.7.2. Adecuación al público objetivo	76
2.4.7.3. Calidad del juego	78
2.4.7.4. Pedagogía y didáctica	79
2.4.7.5. Experiencia en VR.....	81
2.4.7.6. Usabilidad.....	83
2.5. Cierre del capítulo	84
<i>CAPÍTULO III: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA.....</i>	<i>86</i>
3.1. Definición del propósito y preguntas de análisis.....	86
3.2. Estrategias de búsqueda.....	87
3.3. Criterios de inclusión y exclusión.....	87
3.4. Selección de estudios.....	87
3.5. Estrategias de análisis de datos	89
3.6. Resultados de la RSL.....	89
3.6.1. ¿Cómo se distribuye la investigación sobre juegos educativos en VR en términos temporales y geográficos?	92
3.6.2. ¿En qué áreas y niveles educativos se han implementado juegos VR?	95
3.6.3. ¿Qué tipos de inmersión han sido investigados en los estudios que han utilizado juegos en VR?.....	98
3.6.4. ¿Qué beneficios asociados al uso de juegos educativos en VR se han identificado en la literatura especializada?	100
3.6.5. ¿Cuáles son los principales desafíos y limitaciones asociadas al uso de juegos educativos en VR identificados en la literatura especializada?	101
<i>CAPÍTULO IV: MARCO EMPÍRICO</i>	<i>103</i>
4.1. Antecedentes empíricos en STEM.....	103

4.2. Antecedentes empíricos en Ciencias	106
4.3. Antecedentes empíricos en Tecnología	112
4.4. Antecedentes empíricos en Ingeniería	115
4.5. Antecedentes empíricos en Matemáticas.....	117
<i>CAPÍTULO V: MARCO NORMATIVO Y CONTEXTUAL</i>	121
5.1. Normativa asociada con el enfoque STEM para la educación mexicana.....	121
5.2. Normatividad sobre la implementación de tecnología en educación secundaria en México.....	123
5.3. Características de la educación secundaria en México	125
5.4. Indicadores asociados a la educación secundaria en México	128
5.5. Indicadores sobre infraestructura tecnológica y equipamiento escolar en México.....	129
5.6. Cierre del capítulo	131
<i>CAPÍTULO VI: MÉTODO</i>	133
6.1. Diseño metodológico.....	133
6.2. Selección y descripción del centro escolar.....	136
6.3. Selección y descripción de los participantes de la investigación	139
6.4. Selección y descripción del juego educativo en VR utilizado en la investigación	141
6.4.1. Etapa 1: Evaluación de criterios esenciales para la selección del juego educativo en VR.....	142
6.4.2. Etapa 2: Evaluación de los criterios específicos para la selección del juego educativo en VR	145
6.4.3. Características del juego STEM + VR en función a los criterios de selección aplicados	148
6.5. Características del juego STEM+VR.....	151
6.5.1. Módulo de Ciencias	153

6.5.2. Módulo de Tecnología.....	157
6.5.3. Módulo de Ingeniería.....	161
6.5.4. Módulo de Matemáticas	165
6.6. Consideraciones éticas.....	168
<i>CAPÍTULO VII: ESTUDIO DE LAS PERCEPCIONES PREVIAS ASOCIADAS AL APRENDIZAJE Y MOTIVACIÓN STEM.....</i>	<i>171</i>
7.1. Objetivo del estudio	171
7.2. Diseño del estudio	172
7.3. Participantes del estudio	172
7.4. Técnica de recolección de datos: entrevista semiestructurada.....	173
7.5. Implementación y condiciones de aplicación del estudio	174
7.6. Resguardo y preparación de los datos del estudio.....	175
7.7. Análisis cualitativo del estudio	176
7.8. Resultados del estudio	176
7.8.1. Clases STEM	178
7.8.2. Motivación STEM	181
7.8.3. Aprendizaje STEM.....	186
7.8.4. Uso y experiencia previa con tecnología y juegos educativos	188
7.8.5. Expectativas sobre el uso educativo de juegos en VR.....	191
<i>CAPÍTULO VIII: EXPERIMENTO</i>	<i>194</i>
8.1. Objetivo del estudio	194
8.2. Diseño del estudio	194
8.3. Participantes del estudio	196
8.4. Diseño, desarrollo y validación de instrumentos de medición.....	197
8.4.1. Prueba de conocimientos STEM	198
8.4.1.1. Diseño y desarrollo de la prueba	198
8.4.1.2. Validación de la prueba	202

8.4.1.3. Resultados de la validación de contenido de la prueba de conocimientos STEM.....	206
8.4.2. Escala de motivación STEM	209
8.4.2.1. Diseño y desarrollo de la escala de motivación STEM.....	209
8.4.2.2. Validación de contenido de la escala de motivación STEM	211
8.4.2.3. Resultados de la validación de contenido de la escala de motivación STEM	213
8.4.3. Escala de motivación STEM asociada al juego en VR	217
8.4.3.1. Diseño y desarrollo de la escala de motivación STEM asociada al juego en VR.....	217
8.4.3.2. Validación de la escala de motivación STEM asociada al juego en VR...	219
8.4.3.3. Resultados de la validación de contenido de la escala de motivación STEM asociada al juego en VR	220
8.5. Pretest	221
8.6. Intervención	224
8.6.1. Preparación del espacio y equipo de VR.....	224
8.6.2. Dinámica de aplicación de las sesiones experimentales.....	226
8.6.3. Descripción de las sesiones experimentales	228
8.7. Postest	233
8.8. Análisis de datos del estudio experimental.....	234
8.9. Resultados asociados con el aprendizaje STEM.....	235
8.9.1. Efecto del juego en VR en el aprendizaje de conocimientos STEM.....	236
8.9.1.1. Grupo experimental: comparación intragrupo en la prueba de conocimientos STEM.....	238
8.9.1.2. Grupo de control: comparación intragrupo en la prueba de conocimientos STEM.....	240
8.9.1.3. Grupo experimental y Grupo de control: comparación intergrupo en la prueba de conocimientos STEM.....	241
8.9.1.4. Tamaño del efecto y porcentaje de cambio	242

8.9.2. Efecto del juego en VR en el aprendizaje de contenidos STEM por área del conocimiento	244
8.9.2.1. Grupo experimental: comparación intragrupo en la prueba de conocimientos STEM por área del conocimiento.....	245
8.9.2.2. Grupo de control: comparación intragrupo en la Prueba de Conocimientos STEM por área del conocimiento.....	247
8.9.2.3. Grupo experimental y grupo de control: comparación intergrupo en la Prueba de Conocimientos STEM por área del conocimiento.....	249
8.10. Resultados asociados a la motivación STEM.....	250
8.10.1. Motivación STEM.....	252
8.10.1.1. Grupo experimental: comparación intragrupo en los resultados de la escala de motivación STEM.....	253
8.10.1.2. Grupo de control: comparación intragrupo en los resultados de la escala de motivación STEM.....	254
8.10.1.3. Grupo experimental y grupo de control: comparación intergrupo en los resultados de la escala de motivación STEM.....	255
8.10.2. Motivación STEM autorreportada.....	258
8.10.2.1. Grupo experimental: comparación intragrupo en motivación STEM autorreportada.....	259
8.10.2.2. Grupo de control: comparación intragrupo en motivación autorreportada	259
8.10.2.3. Grupo experimental y grupo de control: comparación intergrupo en motivación STEM autorreportada	260
8.10.3. Motivación STEM asociada al juego en VR comparada con la motivación STEM.....	260
8.11. Análisis de correlaciones entre aprendizaje y motivación STEM.....	262
<i>CAPÍTULO IX: ESTUDIO DE LAS PERCEPCIONES ESTUDIANTILES SOBRE LA INTERVENCIÓN CON EL JUEGO EN VR.....</i>	<i>266</i>
9.1. Objetivo del estudio.....	266
9.2. Diseño del estudio	266

9.3. Participantes del estudio	267
9.4. Técnica de recolección de datos: entrevista semiestructurada.....	268
9.5. Implementación y condiciones de aplicación del estudio	269
9.6. Análisis cualitativo del estudio	269
9.7. Resultados del estudio	269
9.7.1. Evaluación de la intervención con el juego en VR.....	271
9.7.2. Aprendizaje STEM.....	276
9.7.3. Motivación STEM	278
<i>CAPÍTULO X: DISCUSIÓN</i>	280
10.1. ¿Qué diferencias se observan en el aprendizaje asociado a las áreas STEM entre estudiantes de secundaria en México que utilizaron un juego educativo en VR y aquellos que no lo utilizaron?	280
10.2. ¿Qué diferencias se observan en la motivación STEM entre estudiantes de secundaria en México que utilizaron un juego educativo en VR y aquellos que no lo utilizaron?.....	286
10.3. ¿Qué retos y posibilidades se identifican en la implementación de juegos educativos en VR en contextos de secundaria pública en México?	291
10.4. ¿Qué criterios metodológicos permiten identificar la pertinencia pedagógica de un juego educativo en VR en el contexto de la educación secundaria?	295
<i>CAPÍTULO XI: CONCLUSIONES.....</i>	302
11.1. Conclusiones generales.....	302
11.2. Alcance y limitaciones de la investigación.....	306
11.3. Futuras líneas de investigación.....	308
11.4. Recomendaciones para fortalecer el aprendizaje y la motivación STEM mediante juegos educativos en VR.....	310
<i>REFERENCIAS</i>	314
<i>ANEXOS</i>	341

Anexo 1	341
Anexo 2	344
Anexo 3	349
Anexo 4	349
Anexo 5	364
Anexo 6	365
Anexo 7	366

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Compatibilidad y acceso”.	76
Tabla 2 Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Adecuación al público objetivo”.	77
Tabla 3 Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Calidad del juego”.	79
Tabla 4 Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Pedagogía y didáctica del juego”.	81
Tabla 5 Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Experiencia en VR”.	82
Tabla 6 Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Usabilidad”.	83
Tabla 7 Estudios incluidos en el análisis y sus principales características.	90
Tabla 8	98
Clasificación de los dispositivos de VR utilizados en investigaciones de la RSL, según su grado de inmersión.	98
Tabla 9	129
Indicadores de infraestructura tecnológica y equipamiento educativo en educación básica (ciclo escolar 2023-2024).	129
Tabla 10	143

Criterios esenciales teóricos y su importancia para la selección del juego educativo en VR.	143
Tabla 11	146
Evaluación de juegos en VR con contenidos asociados a STEM.....	146
Tabla 12	172
Caracterización de los participantes del primer estudio cualitativo.	172
Tabla 13	173
Estructura del guion de entrevista semiestructurada del primer estudio cualitativo.	173
Tabla 14	177
Síntesis de unidades de análisis, categorías y códigos que organizan los resultados del primer estudio cualitativo.	177
Tabla 15	197
Métodos para la recolección de datos.	197
Tabla 16 Contenido del software STEM + VR por área temática.	199
Tabla 17	203
Perfil de los jueces participantes en la validación de la prueba de conocimientos STEM.	203
Tabla 18	206
Coefficientes de validez de contenido de la prueba de conocimientos STEM por criterio evaluado.	206
Tabla 19	210
Tabla de especificaciones e ítems de la escala “Motivación hacia áreas STEM”.	210
Tabla 20 Perfil de los jueces participantes en la validación de la escala de motivación STEM.	211
Tabla 21	212
Indicadores de niveles de calificación por criterio.	212
Tabla 22	214
Coefficientes globales obtenidos para la escala de motivación STEM.	214
Tabla 23	215
Resultados del cálculo de los índices de validez por ítem de la escala de motivación STEM.	215
Tabla 24	218

Escala de motivación STEM asociada al juego en VR.	218
Tabla 25 Descripción de las sesiones experimentales.	229
Tabla 26	236
Estadísticos descriptivos de las puntuaciones obtenidas en el pretest y postest de la prueba de conocimientos STEM en los grupos experimental y control.....	236
Tabla 27	237
Resultados de las pruebas de normalidad para las puntuaciones del pretest y postest en la prueba de conocimientos STEM.....	237
Tabla 28	239
Prueba t de Student para muestras relacionadas asociadas a la prueba de conocimientos: experimental pre y postest.	239
Tabla 29	240
Prueba t de Student para muestras relacionadas asociadas a la prueba de conocimientos: control pre y postest.....	240
Tabla 30	242
Resultados de calcular la prueba t para muestras independientes a las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en las pruebas de conocimientos STEM.....	242
Tabla 31	244
Resultados de las pruebas de normalidad para las puntuaciones del pretest y postest en la prueba de conocimientos STEM.....	244
Tabla 32	245
Estadísticos descriptivos de las puntuaciones obtenidas en el pretest y postest de la prueba de conocimientos STEM en el grupo experimental.....	245
Tabla 33	246
Comparaciones pretest y postest dentro del grupo experimental para las áreas STEM separadas.....	246
Tabla 34	247
Estadísticos descriptivos de las puntuaciones obtenidas en el pretest y postest de la prueba de conocimientos STEM en el grupo de control.	247
Tabla 35	248

Comparaciones pretest y postest dentro del grupo de control para las áreas STEM separadas.....	248
Tabla 36	249
Comparaciones pretest y postest entre el grupo experimental y el grupo de control para las áreas STEM separadas.....	249
Tabla 37	250
Estadísticos descriptivos de las puntuaciones obtenidas en las escalas de motivación STEM (general y por el juego).....	250
Tabla 38	251
Resultados de las pruebas de normalidad para las puntuaciones del pretest y postest respecto a la motivación de las áreas STEM.	251
Tabla 39	253
Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para los cambios del grupo experimental asociados a la motivación en general hacia las áreas STEM.....	253
Tabla 40	255
Resultados del cálculo de la prueba t de Student para muestras relacionadas asociadas a la motivación STEM general por tipo de etapa.	255
Tabla 41	255
Prueba U de Mann-Whitney para la motivación STEM para muestras independientes asociado a la motivación STEM general.	256
Tabla 42	256
Estadísticos de la prueba U de Mann-Whitney para la comparación de la motivación STEM intergrupo.....	256
Tabla 43	257
Resultados de la prueba t de Student para muestras independientes en la motivación STEM.	257
Tabla 44	261
Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para los cambios del grupo experimental asociados a la motivación STEM general y la motivación atribuida al juego en VR.	261
Tabla 45	262

Correlaciones P de Spearman significativas en variables asociadas a aprendizaje y motivación STEM.....	262
Tabla 46	264
Correlaciones de Spearman no significativas en variables asociadas a aprendizaje y motivación STEM.....	264
Tabla 47	267
Participantes del tercer estudio.	267
Tabla 48	268
Guion de entrevista semiestructurada sobre la experiencia en VR.	268

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	55
Principales hitos en la evolución de la realidad virtual.	55
Figura 2	67
Modelo TPACK.....	67
Figura 3 Representación del incremento de la complejidad de la conciencia debida a las experiencias de flujo.	70
Figura 4	85
Relación teórica entre los juegos educativos en VR, el aprendizaje STEM y la motivación STEM.....	85
Figura 5	88
Proceso de selección de documentos a incluir en la RSL.....	88
Figura 6	93
Distribución temporal de la investigación sobre juegos educativos en VR.	93
Figura 7 Distribución geográfica de la investigación sobre juegos educativos en VR encontrada en Scopus y WoS.	94
Figura 8 Implementación de juegos VR por nivel educativo.	95
Figura 9	97
Distribución de estudios según área del conocimiento.....	97
Figura 10 Componentes del Plan de Estudios Mexicano de 2022.	126
Figura 11	135

Diseño metodológico de la investigación.....	135
Figura 12	139
Infraestructura y condiciones del espacio utilizado para la investigación.....	139
Figura 13	148
Figura 14	152
Interfaz de creación de avatares.....	152
Figura 15	154
Primer bloque de Ciencias: Clasificación de organismos.	154
Figura 16	155
Segundo bloque de Ciencias: Sistema solar.	155
Figura 17	157
Tercer bloque de Ciencias: La célula.	157
Figura 18	158
Primer bloque de Tecnología: Sostenibilidad y reciclaje.	158
Figura 19	159
Segundo bloque de Tecnología: Proceso de fabricación.	159
Figura 20	160
Tercer bloque de Tecnología: Componentes de un ordenador.	160
Figura 21	162
Primer bloque de Ingeniería: Escalas.	162
Figura 22	163
Segundo bloque de Ingeniería: Estructura y mecanismos de las fuerzas.	163
Figura 23	164
Tercer bloque de Ingeniería: Circuito eléctrico.....	164
Figura 24	165
Primer módulo de Matemáticas: Números naturales.....	165
Figura 25	166
Segundo módulo de Matemáticas: Pirámides y triángulos.....	166
Figura 26	168
Tercer módulo de Matemáticas: Poliedros.	168
Figura 27	195

Esquema del diseño experimental del estudio.....	196
Figura 28	224
Figura 29	227
Espacio experimental.	227
Figura 30	232
Fotografías tomadas durante las sesiones experimentales.....	232

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

- ANOVA** – Análisis de la Varianza
- AP STEM** – Alianza para la Promoción de STEM
- CEPAL** – Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- CK** – Conocimiento del Contenido
- CVR** – Razón de Validez de Contenido
- DOF** – Diario Oficial de la Federación
- EVA** – Entornos Virtuales de Aprendizaje
- EVI** – Entornos Virtuales Inmersivos
- GEQ** – Game Experience Questionnaire
- HMD** – Head-Mounted Display
- INEE** – Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación
- MEJOREDU** – Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación
- NEM** – Nueva Escuela Mexicana
- OECD** – Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
- ONU** – Organización de las Naciones Unidas
- PCK** – Conocimiento Pedagógico del Contenido
- PISA** – Programme for International Student Assessment (Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes)
- PK** – Conocimiento Pedagógico
- PLANEA** – Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes
- RSL** – Revisión Sistemática de la Literatura
- RV** – Realidad Virtual

SEP – Secretaría de Educación Pública

SPSS – Statistical Package for the Social Sciences

STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas)

TCK – Saberes de Contenidos Tecnológicos

TIC – Tecnologías de la Información y la Comunicación

TK – Conocimiento de la Tecnología

TPACK – Tecnología, Pedagogía y Conocimiento del Contenido

TPK – Conocimiento Pedagógico Tecnológico

UABC – Universidad Autónoma de Baja California

UNESCO – Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

VR – Virtual Reality (Realidad Virtual)

WoS – Web of Science

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje científico y tecnológico se ha consolidado como un pilar para el desarrollo social y económico de los países. Esto ha llevado a replantear las prioridades educativas a nivel nacional e internacional, con un énfasis particular en fortalecer las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés). Estas disciplinas son fundamentales para la formación académica e inserción profesional de los estudiantes, al tiempo que los preparan para afrontar los retos de un mundo en constante transformación (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2023b).

Evaluaciones internacionales y nacionales han evidenciado los bajos niveles de conocimiento que tienen los estudiantes en las áreas STEM y una disminución progresiva en la motivación hacia su aprendizaje. Esta situación reduce las posibilidades de que los estudiantes se formen en carreras universitarias vinculadas con áreas STEM y acentúa la brecha de aprendizaje y las competencias alcanzadas por los estudiantes (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OECD], 2023).

Frente a este panorama, surge la necesidad de incorporar estrategias de enseñanza que atiendan simultáneamente los bajos niveles de logro y la desmotivación en STEM. Una de las posibilidades es el uso de VR, la cual ha sido reconocida como una tecnología que facilita la observación de fenómenos que normalmente son abstractos, que permite explorar entornos que serían inaccesibles para ciertos grupos de población y experimentar situaciones inmersivas que ayudan a que los estudiantes se involucren más en su aprendizaje (Jensen y Konradsen, 2018).

Una forma de aprovechar estas posibilidades es a través de juegos educativos en

VR. Un juego educativo en VR puede entenderse como un entorno digital inmersivo diseñado con fines pedagógicos, donde se integran narrativa, retroalimentación y resolución de retos. Este tipo de juegos combinan la experiencia lúdica con la enseñanza de contenidos, lo que los convierte en una herramienta atractiva para aprender y mantener la motivación de los estudiantes (Sánchez y Quezada, 2021).

La revisión de la literatura permitió identificar que la mayoría de las investigaciones sobre el uso de juegos educativos en VR se han desarrollado en contextos asiáticos y europeos, donde se ha comprobado su potencial para mejorar la comprensión de conceptos complejos y abstractos, fortalecer la motivación y promover la participación activa del estudiante. Estos estudios, realizados principalmente en niveles superiores y con recursos tecnológicos avanzados, han permitido reconocer los beneficios de la VR cuando se integra de manera planificada en los procesos de enseñanza. Sin embargo, es necesario seguir investigando este tema en México, especialmente para contar con evidencia que confirme si los juegos en VR generan en la educación secundaria los mismos efectos positivos que se han observado en otros países con condiciones y contextos educativos particulares.

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue identificar el efecto del uso de un juego educativo en VR sobre el aprendizaje y la motivación STEM en estudiantes de secundaria en México. Se implementó un diseño mixto concurrente de triangulación de tres estudios: un experimento con grupo de control y grupo experimental, y dos estudios cualitativos que permitieron conocer las percepciones estudiantiles antes y después de la intervención. Además, se desarrollaron y validaron instrumentos específicos para la evaluación del aprendizaje y la motivación STEM.

El presente documento se organiza en once capítulos que desarrollan de manera progresiva los distintos componentes de la investigación. En primer lugar, el Capítulo I

presenta el planteamiento de la investigación, donde se expone el problema, los objetivos y la justificación. A continuación, el Capítulo II aborda el marco teórico, que integra los fundamentos conceptuales que sustentan la investigación. Seguido a esto, el Capítulo III describe la metodología y los resultados generales de la Revisión Sistemática de la Literatura, mientras que el Capítulo IV reúne los principales referentes empíricos que documentan experiencias previas relacionadas con el uso de juegos en VR y hallazgos asociados con aprendizaje y motivación STEM.

Posteriormente, el Capítulo V incorpora el marco normativo y contextual que permite situar la investigación en el entorno educativo de la educación secundaria en México. En lo que respecta al diseño metodológico, el Capítulo VI detalla el método general de investigación y los procedimientos aplicados en cada fase del estudio. Por su parte, los Capítulos VII y IX presentan los estudios cualitativos previos y posteriores a la intervención, respectivamente, en tanto que el Capítulo VIII expone el experimento y sus resultados. Finalmente, el Capítulo X discute los hallazgos en función de las preguntas de investigación y el Capítulo XI ofrece las conclusiones, así como las líneas de investigación futura que se derivan del trabajo realizado.

Partiendo de la premisa de que enseñar como ayer compromete el futuro, esta investigación busca comprender, desde la evidencia, el efecto que los juegos educativos en VR pueden tener en el aprendizaje y la motivación STEM en secundaria. Más que una certeza, se plantea como una exploración hacia nuevas formas de enseñar y aprender en la escuela pública mexicana.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Este capítulo comienza con la exposición de los antecedentes asociados a los problemas centrales que motivaron esta investigación: el bajo nivel de aprendizaje en contenidos de las áreas de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés) y la desmotivación hacia su aprendizaje en el nivel secundaria. A partir del análisis de la literatura y del contexto educativo nacional, se identificaron las principales causas, así como la necesidad de explorar nuevas estrategias didácticas que atiendan ambos problemas de forma innovadora. Posteriormente, se profundiza en los antecedentes generales sobre el uso de juegos educativos en realidad virtual (VR, por sus siglas en inglés), con el objetivo de reconocer los vacíos y oportunidades que dieron sustento a la investigación. Finalmente, se presentan las preguntas, hipótesis y objetivos, así como las razones que justifican la pertinencia de la investigación y sus aportaciones al campo del conocimiento de las ciencias educativas.

1.1. Antecedentes asociados al aprendizaje y la motivación STEM

La Alianza para la Promoción de STEM (AP STEM, 2019) identificó que, desde el nivel de secundaria, se presentan bajos niveles de logro en contenidos asociados a las áreas STEM, lo cual refleja una formación insuficiente en los fundamentos científicos y matemáticos que sustentan etapas posteriores del aprendizaje. Este rezago ha limitado el desarrollo de habilidades necesarias para continuar con trayectorias educativas vinculadas a la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas. Además, se reporta una disminución sostenida en la motivación hacia el aprendizaje de estas áreas del conocimiento.

Diversas evaluaciones estandarizadas han permitido conocer el panorama educativo nacional en el nivel de secundaria y evidenciar los retos asociados al aprendizaje de las áreas STEM. Entre las más recientes se encuentran: el Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (PLANEA) en 2017; los informes diagnósticos de la Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación (MEJOREDU) en 2023; y el Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA, por sus siglas en inglés) en el año 2022.

Los resultados en Matemáticas de la prueba PLANEA del 2017 arrojaron que el 64.5% de los estudiantes evaluados de tercer grado de secundaria se ubicó en el nivel de logro más bajo, mientras que el 21.8% alcanzó el nivel básico, el 8.6% un nivel satisfactorio y el 5.1% obtuvo un resultado sobresaliente. En esa misma evaluación, Baja California ocupó el lugar 24 de 29 entidades evaluadas (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación en México [INEE], 2019).

Por su parte, MEJOREDU (2023) realiza la aplicación de evaluaciones diagnósticas al inicio de cada ciclo escolar. En 2023, los resultados de Matemáticas en el nivel secundaria mostraron una tendencia descendente en el desempeño conforme se avanza de grado escolar. Esta situación refleja rezagos persistentes en el desarrollo de competencias matemáticas básicas, especialmente entre quienes cursan los grados superiores de secundaria y en contextos con mayores condiciones de vulnerabilidad educativa. En dicha evaluación, el 70.7% de los estudiantes de tercer grado se clasificó con prioridad alta de atención, al ubicarse en el nivel de logro más bajo.

En el plano internacional, PISA es una iniciativa de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, por sus siglas en inglés) para evaluar la capacidad de los estudiantes de 15 años para aplicar conocimientos de Matemáticas, Lectura y Ciencias a contextos reales. Los resultados de la prueba aplicada en 2022

reflejaron que, en Matemáticas, el 66% de los estudiantes evaluados se ubicó en el nivel de logro más bajo (nivel 1). Esto significa que el 34% alcanzó el nivel 2 o superior, mientras que en otros países miembros de la OECD, el 69% de sus estudiantes se ubicaron en estos niveles. Además, solo el 1% alcanzó los niveles más altos (5 o 6), lo que posiciona a México muy por debajo del promedio internacional (OECD, 2023).

Los resultados en Ciencias de la misma prueba, indicaron que el 51% de los estudiantes se ubicó en el nivel de conocimiento más bajo y el 49% alcanzó el nivel 2 o superior, frente al 76% del promedio de la OECD. De igual forma, menos del 1% logró alto desempeño (OECD, 2023). Asimismo, el país enfrenta retos relacionados con el desarrollo de habilidades tecnológicas, digitales y computacionales, fundamentales para la participación en contextos marcados por la automatización y la digitalización (AP STEM, 2019).

Si bien las evaluaciones nacionales e internacionales se han concentrado en Matemáticas y Ciencias, los resultados trascienden de manera directa a las áreas STEM. La ausencia de indicadores específicos en Ingeniería y Tecnología no implica que estas áreas estén exentas del problema, ya que el bajo dominio de conocimientos matemáticos y científicos limita la posibilidad de que los estudiantes comprendan los contenidos asociados al resto de las áreas STEM (AP STEM, 2019; Bybee, 2013).

La falta de motivación STEM también constituye un desafío en la educación secundaria en México. De acuerdo con la OECD (2023), la mayoría de los estudiantes mexicanos muestra desmotivación por las Matemáticas y las Ciencias, así como una baja percepción de pertenencia e interés escolar, factores que afectan su desempeño académico. A nivel nacional, MEJOREDU (2023) ha identificado que quienes presentan rezago en estas áreas también reportan bajos niveles de satisfacción con su experiencia académica. Además, la

AP STEM (2019) advierte que muchos estudiantes no encuentran sentido en lo que aprenden ni logran establecer vínculos con su entorno, lo que debilita su motivación y continuidad en trayectorias científicas. Asimismo, argumenta que la desmotivación hacia las áreas STEM suele asociarse con experiencias negativas relacionadas con las Matemáticas.

Al respecto, Moreno-García et al. (2022) identificaron que muchos estudiantes de secundaria presentan ansiedad ante esta asignatura, manifestada como tensión, temor y rechazo hacia situaciones que implican su uso. Dado que las matemáticas constituyen una base esencial para el aprendizaje de la Ciencia, la Tecnología y la Ingeniería, esta reacción emocional contribuye a la desmotivación de los estudiantes para involucrarse en actividades propias del enfoque STEM.

Sobre las características del aprendizaje STEM, éste se caracteriza por su naturaleza compleja y abstracta, al involucrar procesos cognitivos de alto nivel que requieren la integración de diversas disciplinas. Además, este tipo de aprendizaje demanda la comprensión profunda de conceptos interrelacionados, el uso del razonamiento lógico y la capacidad de aplicación del conocimiento (Han et al., 2015).

Desde una perspectiva pedagógica, el aprendizaje de las áreas STEM implica su articulación en torno a problemas que promuevan la exploración, la experimentación y la conexión entre teoría y práctica (Bybee, 2013; Domenech-Casal et al., 2019). Autores como Andrade (2021) y Gras y Alí (2023) coinciden en que la comprensión de estos contenidos exige contextualización y vinculación con el entorno, pues solo de esa manera los estudiantes logran dotar de sentido al conocimiento abstracto y transferirlo a nuevas situaciones. De este modo, el aprendizaje STEM se concibe como un proceso activo, interdisciplinario y orientado a la resolución de problemas, que integra tanto el pensamiento

crítico como el uso intencionado de la tecnología.

No obstante, la enseñanza de las áreas STEM en México, en la mayoría de los casos, se mantiene fragmentada por disciplina, centrada en la transmisión de información y en la evaluación de resultados memorísticos, más que en procesos de indagación y aplicación. Al respecto, Flores-Camacho (2011) señala que, particularmente en el área de las Ciencias, prevalecen modelos de enseñanza que reducen la actividad científica a la repetición de conceptos o procedimientos, sin promover la comprensión de los fenómenos ni su relación con la vida cotidiana. De manera similar, las clases de Matemáticas continúan orientadas a la repetición y resolución mecánica de ejercicios, a la memorización de fórmulas; es decir, actividades con escasa atención a la comprensión conceptual y al vínculo con problemas reales (MEJOREDU, 2023; Secretaría de Educación Pública [SEP], 2022c).

Ante esta realidad, se evidencia la necesidad de incorporar estrategias de enseñanza que conecten el conocimiento con la experiencia, fomenten la curiosidad y fortalezcan el sentido del aprendizaje científico y tecnológico en los estudiantes. En esta línea, la UNESCO (2023b) ha subrayado la relevancia de enfoques pedagógicos activos e inclusivos que favorezcan el desarrollo de competencias STEM para responder a los desafíos de un mundo digitalizado. Por su parte, la SEP (2022a) impulsa la Nueva Escuela Mexicana (NEM), orientada al desarrollo integral de los estudiantes mediante metodologías activas, saberes contextualizados y el uso responsable de tecnologías que fortalezcan el pensamiento crítico y la creatividad.

Una de las principales limitaciones para la implementación de nuevas estrategias de enseñanza es la falta de infraestructura tecnológica en una gran proporción de escuelas mexicanas. La pandemia por COVID-19 visibilizó carencias en el acceso a dispositivos electrónicos, conectividad y plataformas digitales. A esto se suman las brechas sociales,

regionales y de alfabetización digital que afectan tanto a los estudiantes como al personal docente (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2020; SEP, 2022a).

No obstante, la integración de tecnología educativa constituye una vía necesaria para renovar los procesos de enseñanza y aprendizaje en secundaria. Más que un obstáculo, las restricciones de infraestructura pueden entenderse como un punto de partida para diseñar estrategias pedagógicas innovadoras que aprovechen los recursos disponibles y favorezcan experiencias de aprendizaje más activas y contextualizadas.

En este sentido, la UNESCO (2023a; 2023b) y la SEP (2022a; 2022c) destacan que el uso pedagógico de la tecnología puede fortalecer la participación estudiantil, el pensamiento crítico y la motivación, siempre que se vincule con metodologías activas y con los propósitos del currículo. Entre las alternativas que se inscriben en esta perspectiva, los juegos educativos en VR representan una propuesta con alto potencial didáctico, al combinar realismo, implicación, interactividad y elementos del juego.

Un juego educativo en VR puede definirse como un entorno digital tridimensional diseñado con fines pedagógicos, donde los estudiantes exploran, resuelven retos y aplican conocimientos mediante experiencias significativas (Jensen y Konradsen, 2018; Sánchez y Quezada, 2021). Estas características se alinean con las necesidades educativas previamente descritas, al fortalecer la comprensión de contenidos complejos mediante la implicación directa, y al promover la motivación a través del uso del juego y de la tecnología como medios para potenciar el aprendizaje.

Diversos estudios han analizado sus alcances; por ejemplo, Martín-Gutiérrez et al. (2017) han documentado que los juegos educativos en VR permiten representar fenómenos de forma visual e inmersiva, lo cual podría facilitar el acceso a contenidos abstractos o

complejos. Asimismo, autores como Akman y Cakir (2019), Andersen et al. (2022) y Silva-Díaz et al. (2021) reportan que estos entornos pueden favorecer la implicación del estudiante, así como el desarrollo de autonomía, concentración y motivación.

1.2. Antecedentes asociados al uso de juegos educativos en VR

Con el objetivo de identificar el estado del arte sobre el uso de juegos en VR con fines educativos, se realizó una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) bajo las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) de Moher et al. (2009). Para esta revisión se consultaron las bases de datos Scopus y Web of Science (WoS) y se incluyeron 71 artículos empíricos que utilizaron juegos en VR en contextos educativos y cuya población objetivo fueran estudiantes (*el procedimiento detallado de la RSL se encuentra en el Capítulo III*).

En esta revisión se identificó que la investigación sobre juegos educativos en VR presenta una distribución geográfica concentrada principalmente en Asia y Europa. Dentro de estas regiones, destacan países como Taiwán y el Reino Unido, que lideran la producción científica con el mayor número de investigaciones identificadas. Mientras que América Latina cuenta con una participación limitada, representada por un número reducido de estudios, entre ellos dos realizados en México.

A pesar del incremento de investigaciones sobre juegos educativos en VR observado entre 2019 y 2023, la mayoría de los estudios identificados se ha realizado en educación superior (60.8%), solo el 14.9% se desarrolló en el nivel secundaria. Esta escasa representación resulta relevante si se considera que la secundaria constituye una etapa crítica para el desarrollo cognitivo y la orientación vocacional hacia áreas científicas y tecnológicas (AP STEM, 2019).

Sobre los beneficios del uso de juegos educativos en VR, Butt et al. (2018), Du et al. (2020) y Wegener et al. (2012) evidenciaron mejoras en la comprensión de conceptos abstractos al permitir a los estudiantes visualizar y manipular fenómenos complejos, mientras que Akman y Cakir (2019) y Rai et al. (2019) reportaron incrementos en la motivación y la participación activa durante el aprendizaje. De igual forma, Oestergaard et al. (2012) y Wu et al. (2020) destacaron la utilidad de estos entornos para la práctica de habilidades técnicas en espacios controlados, y Agbo et al. (2023a) junto con Cao et al. (2019) señalaron su aporte al trabajo colaborativo y al desarrollo de habilidades sociales. Asimismo, Adefila et al. (2015) y Chou et al. (2022) identificaron efectos positivos en la empatía y la toma de decisiones, al situar a los estudiantes en escenarios que exigen reflexión y respuesta ante dilemas reales.

Por otro lado, entre los principales desafíos asociados al uso de juegos educativos en VR, se identificó la falta de adecuación de los contenidos a los programas educativos, lo que ha dificultado su integración alineada al currículo. Autores como Oestergaard et al. (2012) y Wegener et al. (2012) señalan que esta desconexión entre la propuesta tecnológica y las necesidades educativas reales limita el aprovechamiento de la VR en contextos escolares. Asimismo, Salovaara-Hiltunen et al. (2019) reportaron que la limitación de recursos tecnológicos en muchas instituciones educativas restringe su implementación sistemática, mientras que la escasa experiencia previa de estudiantes y docentes en el uso de estas herramientas genera bajos niveles de familiarización. Esta situación ha mostrado que los procesos de adopción requieren acompañamiento formativo y estrategias didácticas que favorezcan la apropiación tecnológica.

En lo metodológico, la mayoría de los estudios evalúan el aprendizaje, principalmente, a partir de la percepción de los estudiantes mediante encuestas o

cuestionarios de satisfacción, sin incluir mediciones objetivas de desempeño o pruebas estandarizadas. Además, se observa que el número de sesiones suele ser reducido, en algunos casos limitadas a una sola experiencia de uso. Gran parte de las investigaciones se apoya en muestras pequeñas y diseños cuasiexperimentales o cualitativos. Finalmente, autores como Cipresso et al. (2018) y Radianti et al. (2020) han documentado complicaciones fisiológicas asociadas al uso prolongado de visores de VR, como mareo, fatiga visual y molestias derivadas de la exposición, que condicionan la duración de las sesiones y la frecuencia de empleo en el aula.

1.3. Problematización

De acuerdo con los antecedentes presentados, se identificó un problema que afecta al nivel secundaria en México: la combinación entre bajos niveles de logro en el aprendizaje de contenidos asociados a las áreas STEM y la desmotivación hacia su aprendizaje.

Entre las causas que lo explican se encuentra la escasa incorporación de tecnología educativa y de estrategias didácticas activas en el aula, así como la permanencia de enfoques pedagógicos centrados en la repetición mecánica y en contenidos descontextualizados (SEP, 2022a; Silva-Díaz et al., 2021). A estas causas se suman barreras estructurales como la falta de infraestructura tecnológica, la limitada formación docente y las desigualdades de acceso a recursos digitales que persisten en México (CEPAL, 2020; SEP, 2022a).

Frente a este panorama, resulta necesario plantear alternativas viables que permitan implementar estrategias innovadoras incluso en contextos con limitaciones tecnológicas y formativas, y que sirvan para favorecer el aprendizaje y la motivación STEM en estudiantes

de secundaria, ya que dicho nivel educativo representa una etapa decisiva para el desarrollo del pensamiento científico y la continuidad en trayectorias académicas vinculadas con dichas áreas del conocimiento (AP STEM, 2019).

Una de estas propuestas es el uso de juegos educativos en VR, que ha mostrado beneficios alineados con las necesidades de aprendizaje y motivación STEM; tales como la mejora en la comprensión de contenidos complejos y abstractos, el incremento de la participación activa y el fortalecimiento de la motivación y el compromiso con el aprendizaje (Akman y Cakir, 2019; Jiang et al., 2021). A pesar de estos resultados positivos, aún no se dispone de suficiente evidencia que permita determinar si dichos beneficios se reproducen bajo las condiciones curriculares y escolares en el contexto de secundarias en México.

La escasa presencia de investigaciones sobre juegos educativos en VR en los niveles educativos básicos evidencia una brecha en el campo. Mientras la mayoría de los estudios se han centrado en contextos universitarios, en México persiste la necesidad de generar evidencia empírica sobre su efecto en secundaria, donde los desafíos de aprendizaje y motivación STEM son más pronunciados. Asimismo, se observa que, aunque los juegos educativos en VR se han aplicado en distintas disciplinas, su uso suele centrarse en contenidos aislados, sin articularse en una perspectiva integradora propia del enfoque STEM. Esta fragmentación temática muestra que aún no se ha explorado con suficiente profundidad el uso de juegos educativos en VR como estrategia para fomentar el aprendizaje y la motivación STEM.

En el ámbito metodológico, la mayoría de los estudios previos han evaluado el aprendizaje con base en percepciones o cuestionarios de satisfacción, sin incorporar pruebas objetivas de desempeño. También se observan muestras pequeñas, ausencia de

grupos de comparación y escaso detalle en los procedimientos metodológicos.

Adicionalmente, se ha documentado que muchos de los juegos educativos en VR no están alineados con los programas escolares, lo que dificulta su integración al currículo (Oestergaard et al., 2012; Wegener et al., 2012).

Los antecedentes revisados muestran que, si bien, los juegos educativos en VR han demostrado beneficios en contextos internacionales, su aplicación sigue concentrada en niveles superiores y con diseños metodológicos limitados. Esto evidencia la necesidad de desarrollar investigación contextualizada y con mayor rigor metodológico. Dichos estudios deben considerar la alineación curricular, las condiciones reales de la educación secundaria mexicana y las posibles limitaciones técnicas o fisiológicas del uso de VR, como el mareo o la fatiga visual. Además, resulta esencial que la selección de los juegos responda a criterios pedagógicos y no únicamente lúdicos, de modo que se construya una base empírica sólida sobre su efecto en el aprendizaje y la motivación STEM.

Frente a este panorama, en esta investigación se propuso identificar el efecto del uso de juegos educativos en VR sobre el aprendizaje y la motivación STEM en estudiantes de secundaria en México. Esto mediante una propuesta metodológica mixta que incluye dos estudios cualitativos y un estudio experimental puro. Se parte de la hipótesis de que, al integrar un juego educativo en VR para la enseñanza STEM, es posible contribuir a la mejora del aprendizaje y de la motivación STEM en estudiantes de secundaria en México.

1.4. Preguntas de investigación

I. ¿Qué diferencias se observan en el aprendizaje asociado a las áreas STEM entre estudiantes de secundaria en México que utilizaron un juego educativo en VR y aquellos que no lo utilizaron?

II. ¿Qué diferencias se observan en la motivación STEM entre estudiantes de secundaria en México que utilizaron un juego educativo en VR y aquellos que no lo utilizaron?

III. ¿Qué retos y posibilidades se identifican en la implementación de juegos educativos en VR en contextos de secundaria pública en México?

IV. ¿Qué criterios metodológicos permiten identificar la pertinencia pedagógica de un juego educativo en VR en el contexto de la educación secundaria?

1.5. Hipótesis

H1. El uso de un juego educativo en VR tiene un efecto positivo significativo en el aprendizaje asociado a las áreas STEM de los estudiantes de secundaria participantes, de manera que el grupo experimental obtendrá mejores resultados en la prueba de conocimientos STEM en comparación con el grupo de control. La diferencia entre los resultados del postest en ambos grupos será significativa.

H2. El uso de un juego educativo en VR tiene un efecto positivo significativo en la motivación asociada al aprendizaje de las áreas STEM de los estudiantes de secundaria participantes, de manera que el grupo experimental obtendrá puntuaciones más altas en la escala de motivación STEM en comparación con el grupo de control. La diferencia entre los resultados del postest en ambos grupos será significativa.

1.6. Objetivo general

Determinar el efecto del uso de un juego educativo en VR sobre el aprendizaje y la motivación asociados a las áreas STEM en estudiantes de secundaria en México.

1.7. Objetivos específicos

- I. Establecer criterios para la selección de juegos educativos en VR con base en lo reportado en la literatura especializada y en las necesidades propias de la investigación.
- II. Diseñar y validar una prueba de conocimientos STEM con base en los contenidos del juego en VR seleccionado y alineada con el currículo nacional de secundaria.
- III. Diseñar y validar una escala para medir la motivación hacia el aprendizaje de las áreas STEM, dirigida a estudiantes de secundaria en México.
- IV. Diseñar y validar una escala para medir la motivación hacia el aprendizaje de las áreas STEM asociada al juego educativo en VR, dirigida a estudiantes de secundaria en México.
- V. Comparar el nivel de aprendizaje y motivación STEM entre estudiantes del grupo experimental y del grupo de control, antes y después de la intervención con el juego en VR.
- VI. Explorar las percepciones de los estudiantes del grupo experimental respecto a su experiencia previa en relación con su aprendizaje y motivación STEM.
- VII. Explorar las percepciones de los estudiantes del grupo experimental respecto a su experiencia con el juego en VR, considerando los cambios percibidos en su aprendizaje y motivación STEM.
- VIII. Identificar los retos y oportunidades asociadas a la implementación de juegos educativos en VR en un contexto de secundaria pública en México.

1.8. Justificación

La relevancia de la investigación se justifica en sus aportaciones teóricas, metodológicas y sociales asociadas al aprendizaje y motivación STEM. Desde el plano teórico, se amplía el conocimiento existente a partir de una RSL que organiza, caracteriza y analiza estudios empíricos sobre juegos en VR en diferentes contextos educativos. Este proceso permitió

identificar vacíos conceptuales, enfoques predominantes y limitaciones metodológicas, así como reconocer las condiciones bajo las cuales se puede favorecer la comprensión de contenidos y la motivación en estudiantes.

Asimismo, se desarrolla una propuesta teórica de criterios para la selección y valoración de juegos educativos en VR, derivada del análisis de referentes empíricos, fundamentos pedagógicos y las necesidades propias de la investigación. Su finalidad es ofrecer una base que oriente la elección de juegos en VR dentro del contexto educativo, al considerar las necesidades reales de su aplicación en el aula. Finalmente, los hallazgos derivados de la investigación contribuyen a profundizar la comprensión sobre los procesos de aprendizaje y motivación STEM en entornos de enseñanza mediada por juegos en VR.

En el plano metodológico, la investigación aporta un diseño que responde a limitaciones comunes en los estudios previos, como la ausencia de grupos equivalentes de comparación, la falta de rigor experimental y la evaluación del aprendizaje únicamente a partir de percepciones. En este marco, se realizan aportaciones asociadas al desarrollo y validación de contenido, de tres instrumentos para la recolección de datos: una prueba de conocimientos STEM, basada en los contenidos curriculares y en el juego educativo seleccionado; una escala de motivación STEM general, y una escala de motivación atribuida al juego educativo en VR.

Las decisiones metodológicas representan una aportación al desarrollo de estudios más rigurosos y contextualizados sobre el uso de juegos educativos en VR. Este trabajo propone un diseño mixto que integra un experimento y dos estudios cualitativos, incorpora las condiciones reales del aula, alinea los contenidos del juego con el currículo oficial, selecciona el juego a utilizar bajo criterios establecidos, y contempla factores técnicos y logísticos que influyen en la implementación. Asimismo, establece estrategias para el uso

con recursos limitados y considera medidas preventivas ante posibles efectos fisiológicos, lo que contribuye a generar evidencia sólida y aplicable en contextos escolares.

Por su parte, en el plano social, la información derivada del estudio podrá orientar futuras decisiones educativas y de política pública, al ofrecer bases empíricas que contribuyan al diseño de estrategias que fortalezcan el aprendizaje y la motivación STEM mediante recursos tecnológicos. De igual forma, puede resultar de utilidad para docentes, directivos y desarrolladores de materiales didácticos interesados en implementar o crear juegos educativos en VR de manera pertinente y alineada con los propósitos curriculares.

En un sentido más amplio, la investigación busca aportar a la construcción de entornos escolares más activos y acordes con las necesidades de las nuevas generaciones, al considerar el juego en VR como una herramienta pedagógica que puede responder a los desafíos actuales del aprendizaje y la motivación en las áreas STEM en el sistema educativo mexicano.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

El presente capítulo establece el marco teórico que sustenta la investigación. En él se desarrollan los conceptos fundamentales asociados al aprendizaje STEM, la motivación hacia las áreas STEM y el uso pedagógico de los juegos educativos en entornos de VR. Asimismo, se presentan las principales teorías del aprendizaje que respaldan su aplicación y los criterios considerados para la selección del juego educativo en VR utilizado en esta investigación.

2.1. Aprendizaje STEM

El acrónimo STEM hace referencia a las disciplinas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, y se ha extendido progresivamente a distintos ámbitos educativos, profesionales y sociales (Han et al., 2015). Este enfoque emergió como una respuesta estratégica en Estados Unidos ante la necesidad de fortalecer la formación científica y tecnológica de la población, con el objetivo de sostener la competitividad en sectores clave. Lo que comenzó como una agrupación funcional de disciplinas ha transitado hacia un modelo formativo con orientación transdisciplinaria, en el que los límites entre áreas se diluyen para dar lugar a experiencias integradas, situadas y conectadas con la realidad social y productiva (AP STEM, 2019).

La expansión del enfoque STEM responde a necesidades formativas vinculadas con el desarrollo económico y científico. El National Research Council (2011) plantea que fortalecer la enseñanza de las áreas STEM desde los niveles básicos representa una estrategia clave para impulsar la innovación, elevar la productividad y mantener la

competitividad frente a los cambios tecnológicos. Este organismo advierte que una preparación sólida en estas disciplinas permite enfrentar con mayor capacidad los desafíos de un entorno global en transformación, al tiempo que favorece la participación activa en sectores estratégicos para el crecimiento nacional.

La educación STEM se ha definido como un enfoque integral e interdisciplinario de enseñanza y aprendizaje que busca articular estas cuatro áreas para favorecer la comprensión profunda, el desarrollo de habilidades científicas y la aplicación del conocimiento en contextos reales (Han et al., 2015). Esta se sostiene en una serie de características clave que permiten diferenciarla de los enfoques tradicionales y fortalecer su propuesta formativa. Entre los elementos que definen este enfoque se encuentran: (1) articulación disciplinaria, (2) contextualización del conocimiento, (3) centralidad del estudiante, (4) desarrollo de habilidades clave y (5) uso intencionado de la tecnología (AP STEM, 2019).

2.1.1. Elementos que definen el enfoque STEM

Sobre la *articulación disciplinaria*, esta se fundamenta en la integración estructurada de STEM como áreas que se relacionan para abordar fenómenos complejos y abstractos. Han et al. (2015) señalan que esta articulación permite construir una comprensión más sólida al conectar conceptos de diferentes campos mediante proyectos interdisciplinarios. Esta característica rompe con la fragmentación curricular, fomenta la transferencia de conocimiento y responde a la naturaleza multifacética de los problemas actuales.

En relación con la *contextualización del conocimiento*, Andrade (2021) sostiene que la contextualización interdisciplinaria favorece la comprensión profunda, ya que los estudiantes enfrentan situaciones que requieren aplicar conocimientos de manera coherente.

Por su parte, Gras y Alí (2023) coinciden en que el vínculo con el entorno permite que el aprendizaje sea más significativo, al conectar los contenidos escolares con realidades concretas y con problemáticas cercanas a la vida cotidiana o a desafíos globales.

Sobre la *centralidad del estudiante*, Domenech-Casal et al. (2019) afirman que este enfoque redefine la relación pedagógica al desplazar al docente del rol de transmisor al de facilitador. Se espera que los estudiantes planteen preguntas, experimenten, colaboren y propongan soluciones, en lugar de limitarse a reproducir contenidos. Esta centralidad favorece el desarrollo de la autonomía, la iniciativa y la capacidad de tomar decisiones fundamentadas.

Asimismo, la formación bajo este enfoque busca el *desarrollo de habilidades y la adquisición de conocimientos*, y promueve competencias necesarias para participar de forma crítica y activa en una sociedad basada en el conocimiento. Bybee (2013) y Honey et al. (2014) coinciden en que la educación STEM debe propiciar el desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración, la comunicación efectiva y la alfabetización científica. Estas habilidades permiten a los estudiantes adaptarse a escenarios diversos, resolver problemas complejos y contribuir de manera informada en distintos ámbitos sociales y profesionales.

Además, en el aprendizaje STEM se busca hacer *uso intencionado de la tecnología*, ya que la incluye como un componente central en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Domenech-Casal et al. (2019) explican que su incorporación no se limita a un apoyo visual o didáctico, sino que transforma la forma en que los estudiantes interactúan con el conocimiento. Mediante recursos digitales, simulaciones, laboratorios virtuales y herramientas de programación, la tecnología permite explorar fenómenos, modelar

soluciones y ampliar las posibilidades del aula tradicional. Esta característica potencia el aprendizaje autónomo, la experimentación y la innovación.

2.1.2. Estrategias para la enseñanza STEM

La enseñanza de las áreas STEM se apoya en metodologías activas e integradoras que permiten abordar su complejidad desde distintos enfoques (Connor et al., 2015). Una de las estrategias más consolidadas es el *aprendizaje basado en problemas y proyectos* que plantea desafíos auténticos que requieren colaboración, análisis y construcción de soluciones. Este enfoque permite integrar saberes, desarrollar propuestas concretas y conectar los contenidos escolares con las necesidades del entorno (Hmelo-Silver, 2004).

Por su parte, el *aprendizaje por diseño* organiza el proceso educativo en torno a la creación de soluciones. A través de etapas como la identificación del problema, el desarrollo de ideas y la evaluación de prototipos, los estudiantes exploran distintas posibilidades de respuesta ante situaciones reales (Domínguez et al., 2019; SEP, 2022c).

El *aprendizaje indagatorio* o descubrimiento promueve la exploración científica mediante la observación, la formulación de hipótesis, la recopilación de información y la validación de resultados. Este enfoque estimula el pensamiento crítico, el análisis riguroso y el desarrollo de habilidades asociadas con la investigación (Bybee, 2013).

El *aprendizaje contextualizado* vincula el contenido con experiencias cercanas al entorno de los estudiantes. Esta estrategia favorece la comprensión al trabajar con fenómenos sociales, ambientales o culturales que resultan significativos para quienes aprenden (Gras y Alí, 2023).

Por su parte, la *integración tecnológica* representa una herramienta clave en el enfoque STEM. Tecnologías como la realidad virtual, la realidad aumentada, los

laboratorios virtuales, la robótica o la programación ofrecen nuevas formas de representar, experimentar y transformar el conocimiento. Estas herramientas permiten diseñar experiencias interactivas, explorar conceptos abstractos y aplicar soluciones en escenarios simulados o reales (Akçayir y Akçayir, 2017; Domenech-Casal et al., 2019).

Cada una de estas estrategias responde a los principios pedagógicos para la enseñanza STEM, al transformar el rol del estudiante, renovar las prácticas docentes y propiciar ambientes de aprendizaje centrados en la acción, el análisis y la creación de soluciones con sentido. En suma, el enfoque STEM implica una transformación profunda en las formas de enseñar y aprender, mediante la integración de disciplinas, metodologías activas y tecnologías con una orientación contextualizada y práctica. Sin embargo, para que estas propuestas realmente favorezcan el aprendizaje, es necesario considerar un elemento clave del proceso educativo: la motivación del estudiante (Connor et al., 2015).

2.2. Motivación STEM

Schunk (2012) plantea que existe una relación recíproca entre motivación y aprendizaje: la motivación influye en la calidad y cantidad de lo que los estudiantes aprenden, y el aprendizaje, a su vez, refuerza o modifica su motivación para seguir aprendiendo. Por tanto, la motivación constituye un componente esencial en los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que orienta la conducta de los estudiantes y determina el grado de esfuerzo que están dispuestos a invertir para alcanzar sus metas académicas. Borrás (2015) la define como el conjunto de factores que impulsan a un individuo a actuar.

2.2.1. Elementos que definen la motivación STEM

La motivación hacia las áreas STEM puede comprenderse desde los principios de la Teoría

de la Autodeterminación (Ryan y Deci, 2000), el Modelo de Motivación Académica de Vallerand et al. (1992), y de la relación que hace Schunk (2012) entre motivación y aprendizaje. En suma, dichas teorías y modelos explican cómo los factores internos y externos influyen en la disposición de los estudiantes para aprender. Además, establecen que la motivación se desarrolla a lo largo de un continuo que va desde la amotivación, en la que no existe interés o propósito para actuar, hasta la motivación intrínseca, caracterizada por el compromiso genuino con el aprendizaje. En este marco, se distinguen dos dimensiones de la motivación para el aprendizaje STEM: intrínseca y extrínseca.

La motivación intrínseca, según Ryan y Deci (2000), se refiere a la tendencia natural de los individuos a participar en actividades por el interés, el disfrute o la satisfacción inherente que generan. Vallerand et al. (1992) precisan que esta motivación puede manifestarse en tres formas: motivación intrínseca al conocimiento, asociada al placer de aprender y comprender nuevos contenidos; motivación intrínseca al logro, relacionada con la satisfacción de superar retos y alcanzar metas; y motivación intrínseca a la estimulación, vinculada al disfrute de las sensaciones derivadas de la actividad. En el contexto de STEM, estas dimensiones se traducen en el interés por comprender fenómenos o resolver problemas, el disfrute que surge al involucrarse activamente en experimentos o desafíos intelectuales, y la satisfacción personal al dominar contenidos complejos o alcanzar objetivos de aprendizaje.

El interés, entendido como la curiosidad o atracción que despiertan ciertos temas, fomenta la atención y la persistencia en la tarea, factores que predicen la profundización en el aprendizaje (Simon et al., 2015; Vallerand, 1992). El disfrute se refiere al placer derivado de la actividad misma, fortalece la implicación voluntaria y la concentración sostenida, lo que a su vez refuerza el compromiso con el aprendizaje. Por su parte, la satisfacción

personal refleja la experiencia de competencia y autonomía que se produce al alcanzar metas o resolver con éxito una tarea académica (Ryan y Deci, 2000; Vallerand et al., 2015).

La motivación extrínseca se define como la realización de una actividad con el propósito de alcanzar un resultado externo al acto de aprender (Schunk, 2012). Ryan y Deci (2000) explican que esta forma de motivación varía según el grado en que la conducta se ha internalizado; es decir, en qué medida los individuos asumen los motivos externos como propios. En este marco, los autores distinguen cuatro formas de regulación: externa, introyectada, identificada e integrada. Sin embargo, la regulación integrada, que representa el nivel más alto de autodeterminación, suele ser poco observable en contextos escolares, ya que implica que el individuo haya incorporado completamente el valor de la actividad a su sistema de creencias e identidad personal, lo cual se desarrolla con mayor frecuencia en etapas adultas. Por esta razón, en esta investigación se consideran únicamente tres formas de regulación extrínseca: externa, introyectada e identificada.

La regulación externa representa el nivel más bajo de autodeterminación y se caracteriza por una conducta controlada por recompensas o castigos, donde la acción se realiza para cumplir con demandas o evitar consecuencias negativas. La regulación introyectada implica una presión interna, en la cual los estudiantes actúan para evitar sentimientos de culpa o para mantener su autoestima. Aunque el control ya no es completamente externo, la conducta aún no se percibe completamente autónoma. Finalmente, la regulación identificada refleja un nivel más alto de internalización, ya que el estudiante reconoce el valor personal o la utilidad de la actividad y elige realizarla porque considera que contribuye a sus metas o intereses personales (Ryan y Deci, 2000).

En el contexto de esta investigación, la motivación extrínseca se entiende a través de recompensas tangibles, reconocimiento social y expectativas profesionales. Las

recompensas tangibles, como calificaciones o certificados, representan una forma de regulación externa, en la que la conducta depende de incentivos externos. Aunque estas pueden reforzar el desempeño, su uso excesivo puede reducir la motivación intrínseca al desplazar el foco del aprendizaje hacia la recompensa (Ryan y Deci, 2000; Schunk, 2012; Vallerand, 1992).

El reconocimiento social, vinculado con la regulación introyectada, se asocia con la búsqueda de aprobación y estima por parte de docentes, familiares o compañeros; cuando esta validación se percibe como auténtica y asociada al esfuerzo, puede facilitar la internalización del valor académico y promover formas autónomas de motivación. Finalmente, las expectativas profesionales, relacionadas con la regulación identificada, reflejan el grado en que los estudiantes valoran el aprendizaje como medio para alcanzar metas personales o laborales futuras. En este caso, la conducta se mantiene porque el individuo reconoce el valor instrumental del esfuerzo académico, lo que fortalece su persistencia y compromiso con las disciplinas STEM (Ryan y Deci, 2000; Schunk, 2012; Vallerand, 1992).

2.2.2. Estrategias de enseñanza asociadas a la motivación STEM

Se ha documentado que ciertas estrategias de enseñanza permiten crear ambientes propicios para la motivación al propiciar la competencia, la autonomía y las relaciones sociales. Entre estas estrategias se encuentran: la formulación de metas progresivas, la retroalimentación continua, la posibilidad de tomar decisiones dentro de las tareas, la adaptación de actividades al nivel del estudiante, y la incorporación de dinámicas colaborativas (Gras y Alí, 2023).

En este sentido, las metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje por diseño y la indagación científica han mostrado un efecto positivo en la motivación académica, al favorecer el protagonismo del estudiante y permitirle vincular los contenidos escolares con experiencias reales y desafiantes (AP STEM, 2019). Asimismo, se ha observado que la integración de tecnologías interactivas, especialmente aquellas que permiten retroalimentación inmediata y entornos personalizados, puede fortalecer tanto la motivación intrínseca como la extrínseca (DeKeyrel et al., 2000).

Una estrategia que ha cobrado especial relevancia en la motivación es el uso de recursos lúdicos o basados en el juego. Estos recursos permiten movilizar distintas dimensiones de la motivación al ofrecer desafíos graduales, objetivos claros, recompensas simbólicas y espacios para la exploración individual o colectiva. Cuando estos elementos se integran de forma coherente con los propósitos pedagógicos, pueden mejorar la disposición de los estudiantes hacia el aprendizaje, su compromiso sostenido y su percepción de competencia (DeKeyrel et al., 2000).

En este marco, los juegos educativos en VR representan una propuesta prometedora, al reunir varios de estos elementos en experiencias inmersivas. Su potencial para combinar desafíos, narrativa, interactividad, retroalimentación y adaptación los convierte en una herramienta integral para fortalecer la motivación y el aprendizaje STEM de los estudiantes.

2.3. Realidad virtual

Este apartado presenta una descripción general de la VR, se aborda su evolución histórica, los conceptos y características que la definen, los tipos de experiencias que posibilita y los dispositivos que la hacen operativa. Con ello, se establecen las bases conceptuales

necesarias para comprender su aplicación dentro del contexto educativo.

2.3.1. Historia y evolución

La VR, lejos de ser una innovación reciente, tiene raíces que se remontan al siglo XIX. Su desarrollo ha estado marcado por una búsqueda constante de ampliar la experiencia humana mediante el uso de tecnología. Diversos autores han documentado esta evolución tecnológica, entre ellos Gutiérrez (2014), Hadad et al. (2017), Luque (2020) y Olguín et al. (2006), cuyas contribuciones permiten trazar una línea clara desde sus inicios hasta su consolidación actual.

En 1844, Charles Wheatstone diseñó el estereoscopio, primer dispositivo para percibir la profundidad tridimensional. Décadas después, en 1891, Louis Ducos du Hauron patentó el anaglifo, que generaba efectos tridimensionales mediante lentes bicolors. Ya en 1962, Morton Heilig presentó el *Sensorama*, una cabina que integraba imagen, sonido, vibración y olor, adelantándose a las experiencias multisensoriales actuales (Gutiérrez, 2014; Hadad et al., 2017; Luque, 2020; Olguín et al., 2006).

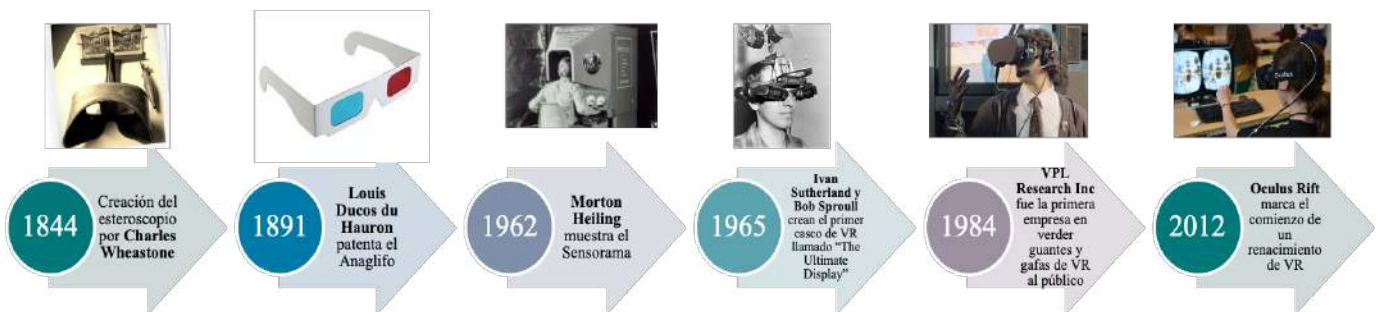
El desarrollo técnico se consolidó en los años sesenta con el *Headsight*, primer visor con sensores de movimiento. En 1968, Ivan Sutherland construyó un prototipo con gráficos computarizados y rastreo de cabeza. Durante los setenta, Myron Krueger introdujo la interacción corporal sin dispositivos portables con su sistema *Videoplace*. En la década de los ochenta, se popularizaron dispositivos como el guante electrónico de Thomas Zimmerman y los visores comerciales impulsados por Jaron Lanier. Atari y Autodesk llevaron la realidad virtual a los videojuegos y el diseño digital. En los noventa, dispositivos como el *Virtual Boy* intentaron acercarla al público general, aunque con

limitaciones técnicas (Gutiérrez, 2014; Hadad et al., 2017; Luque, 2020; Olguín et al., 2006).

La evolución se aceleró con el nuevo milenio. En 2012, Palmer Luckey fundó Oculus, y el lanzamiento del Oculus Rift marcó el renacimiento comercial de la VR. Desde entonces, compañías como HTC, Sony y Apple han contribuido a expandir su uso a sectores como la educación, la medicina y la industria. Lo expuesto anteriormente muestra cómo la VR ha transitado por distintas etapas, desde los primeros dispositivos ópticos hasta los sistemas inmersivos actuales. Esta evolución puede visualizarse de manera sintética en la Figura 1, que reúne los principales hitos identificados en la literatura especializada.

Figura 1

Principales hitos en la evolución de la realidad virtual.



Nota. Figura elaborada con base en el análisis de Gutiérrez (2014), Hadad et al. (2017), Luque (2020) y Olguín et al. (2006).

2.3.2. Concepto y características generales de la realidad virtual

La realidad virtual (VR, por sus siglas en inglés) se define como una tecnología computacional que crea entornos simulados tridimensionales, reales o imaginarios, con los que el usuario puede interactuar en tiempo real. Esta simulación incluye elementos visuales,

auditivos y, en algunos casos, táctiles; de esta manera, proporciona una experiencia que transmite realismo mediante la representación espacial en altura, anchura y profundidad, como explican Margulis (2007) y Olgúin et al. (2006). De acuerdo con Sousa et al. (2021), tres pilares sustentan una experiencia de VR: *realismo, implicación e interactividad*.

El realismo se refiere al grado de fidelidad con que el entorno virtual simula las características del mundo real, incluyendo estímulos auditivos, visuales y táctiles (Sousa et al., 2021). Por ejemplo, una selva que reproduce con precisión sus sonidos naturales genera mayor credibilidad y profundidad sensorial.

La implicación se relaciona con el compromiso emocional, cognitivo y conductual del usuario dentro del entorno. Esta se ve influida por la narrativa, la relevancia del contenido y la capacidad del sistema para generar retos, emociones o situaciones significativas (Sousa et al., 2021). Por ejemplo, una experiencia que presenta una misión con tiempo limitado puede aumentar la implicación al situar al usuario como parte fundamental del proceso.

Por su parte, la interactividad hace referencia al control que el usuario puede ejercer sobre su experiencia. Esto incluye la posibilidad de manipular objetos, modificar el entorno o explorar el espacio virtual (Sousa et al., 2021). Por ejemplo, el uso de controles o guantes permite abrir puertas, lanzar objetos o activar funciones dentro del entorno digital.

Estos componentes, al integrarse, posibilitan la inmersión, entendida como la sensación de estar físicamente presente dentro del entorno simulado, la cual se genera cuando el sistema proporciona estímulos sensoriales coherentes y responde con fidelidad a las acciones del usuario (Slater et al., 2009). A partir de ello, los autores distinguen entre inmersión, entendida como una propiedad técnica del sistema, y presencia, que corresponde a la experiencia subjetiva del usuario. Mientras que la inmersión depende de factores como

la latencia, el campo de visión o la calidad del audio, la presencia implica que el usuario perciba ese entorno como real y se involucre dentro de él. Un entorno puede ser tecnológicamente avanzado, pero si no logra captar la atención o generar una conexión con quien lo experimenta, no se alcanza la sensación de presencia. Por tanto, aunque la inmersión facilita la presencia, esta no depende exclusivamente del diseño tecnológico, también de la disposición, percepción y contexto del usuario.

A diferencia de tecnologías como el cine en tres dimensiones, que limita la participación del espectador, la VR permite al usuario explorar, desplazarse e interactuar activamente con entornos digitales dinámicos. Como explican Agustini et al. (2023), esta capacidad de generar experiencias multisensoriales e interactivas es lo que distingue a la VR de otras representaciones tridimensionales. En la misma línea, Sánchez y Quezada (2021) destacan que su verdadero potencial radica en provocar una experiencia perceptiva inmersiva, basada en la interacción constante con los elementos del entorno simulado.

2.3.3. Tipos de VR

Con base en la clasificación de Agustini et al. (2023), es posible distinguir y definir tres tipos de VR según su nivel de inmersión: no inmersiva, semi-inmersiva e inmersiva. Esta diferenciación permite comprender las distintas formas en que el usuario se relaciona con el entorno virtual, así como el grado de desconexión del mundo físico que se alcanza. La VR no inmersiva se caracteriza por ofrecer una experiencia limitada, generalmente a través de una pantalla convencional sin sensores de movimiento. El usuario puede visualizar entornos tridimensionales e interactuar parcialmente, por ejemplo, con teclado o *mouse*. Esta modalidad es común en simuladores de laboratorio o plataformas educativas, como aquellas que permiten armar circuitos eléctricos desde una computadora.

La VR semi-inmersiva proporciona una mayor sensación de presencia mediante el uso de visores y dispositivos complementarios como controles o guantes. Aunque el usuario sigue en contacto con el entorno físico, puede explorar el espacio virtual con mayor libertad y realizar acciones más complejas. Esta modalidad se emplea, por ejemplo, en prácticas de anatomía donde los estudiantes manipulan órganos en tres dimensiones para observar su estructura y función.

Por su parte, la VR inmersiva ofrece la experiencia más envolvente. Utiliza visores avanzados como Oculus Quest 3, HTC Vive Pro o PlayStation VR2, y puede incorporar dispositivos hápticos para brindar retroalimentación táctil. Esta modalidad busca una sensación completa de presencia dentro del entorno simulado, por lo que resulta ideal para simulaciones complejas, entrenamientos técnicos o contextos educativos de alta especialización.

2.3.4. Dispositivos de VR

La experiencia en VR se sustenta en distintos dispositivos que posibilitan diversos niveles de inmersión e interacción. Entre ellos destacan los visores montados en la cabeza, conocidos como *Head-Mounted Display* (HMD) o visores de VR, que se colocan frente a los ojos del usuario para proyectar imágenes estereoscópicas y generar la sensación de presencia en el entorno virtual. Otros recursos incluyen sensores de movimiento, guantes hápticos, trajes corporales, plataformas de desplazamiento, sistemas de sonido envolvente, cámaras en 360 grados y equipos de cómputo que sirven como soporte técnico para la ejecución de las aplicaciones (Raja, 2021).

Esta investigación se centra en el análisis de visores de VR debido a que fueron el recurso base en las experiencias educativas consideradas, y porque su elección técnica

influye directamente en el nivel de inmersión. En el mercado actual, los visores de VR se encuentran en distintas gamas (alta, media y baja), con precios que, en 2023, oscilaban entre \$200 y \$40,000 pesos mexicanos. Esta variación responde a diferencias en especificaciones como la resolución de pantalla, el tipo de panel (OLED o LCD), el campo de visión, la tasa de actualización, los sensores de movimiento, la conectividad y los accesorios complementarios (Freina y Ott, 2015; Mikropoulos y Natsis, 2011).

Además de sus especificaciones técnicas, aspectos como la ergonomía del visor influyen en su viabilidad para contextos escolares. Factores como el peso, el ajuste facial, la ventilación y la comodidad durante sesiones prolongadas afectan la duración y efectividad de las actividades, ya que visores poco ergonómicos pueden generar fatiga visual, molestias físicas o distracción (Parong y Mayer, 2018; Raja, 2021). Otro criterio clave es la compatibilidad del visor con diferentes plataformas y contenidos. Algunos modelos dependen de plataformas cerradas que restringen el acceso a ciertas experiencias, mientras que otros permiten la importación o el desarrollo de contenido personalizado, lo cual amplía sus posibilidades didácticas (Jensen y Konradsen, 2018).

El tipo de controladores también incide en la calidad de la interacción. Equipos que incorporan retroalimentación háptica o seguimiento manual ofrecen una manipulación más precisa y natural de objetos virtuales. En entornos educativos, esto facilita la simulación de procesos, la exploración espacial y la comprensión activa de conceptos abstractos (Radianti et al., 2020). En el Anexo 1 se incluye una tabla comparativa que sintetiza las características, ventajas, limitaciones y precios aproximados de los visores HMD más representativos en 2023. Esta información permite evaluar qué dispositivos resultan más adecuados para su implementación educativa, considerando su accesibilidad, compatibilidad y capacidad tecnológica.

Una primera observación es que los visores de gama alta, como el HTC Vive Pro 2, Valve Index o PlayStation VR2, ofrecen experiencias inmersivas avanzadas gracias a su alta resolución, amplio campo de visión y sistemas de seguimiento preciso. Sin embargo, su elevado costo, la necesidad de computadoras de alto rendimiento y/o la complejidad de configuración pueden dificultar su adopción en escuelas públicas o instituciones con infraestructura limitada. En cambio, dispositivos como Oculus Quest 2 o PlayStation VR presentan un equilibrio entre calidad técnica, portabilidad y facilidad de uso, lo cual los convierte en opciones viables para contextos escolares con cierto nivel de equipamiento. Por otro lado, alternativas de bajo costo como Google Cardboard o Samsung Gear VR pueden servir como introducción básica a la VR, aunque su limitada capacidad técnica restringe su potencial didáctico en actividades complejas que requieren exploración, manipulación o simulación.

En suma, la elección de un visor debe atender a los objetivos pedagógicos, contenidos a desarrollar, características del estudiante y recursos disponibles. No existe un visor universalmente mejor, pero se pueden identificar dispositivos más o menos adecuados según el contexto. Por ello, la selección debe ser estratégica y orientada por criterios tanto técnicos como educativos.

2.4. El juego en VR como recurso educativo

Este apartado define el juego educativo en VR y su valor pedagógico. Sintetiza conceptos, bases teóricas (constructivismo y conductismo), entornos y uso docente de la tecnología, incorpora la teoría del *flow* y cierra con criterios para seleccionar juegos de VR.

2.4.1. Juegos educativos

El juego ha sido definido por Gaviria (2021) como una interacción orientada a la diversión, en la que se busca alcanzar una meta mediante acciones previamente establecidas. Puede desarrollarse en entornos análogos, digitales o híbridos, lo que evidencia su flexibilidad. Esta definición permite reconocer el juego como una actividad estructurada e intencionada, con la capacidad de adaptarse a distintos contextos.

Stefani et al. (2014) proponen una clasificación de los juegos que permite observar su diversidad funcional. Los autores identifican cinco tipos: simbólicos, motores, de mesa, digitales y otros. Los juegos simbólicos se caracterizan por la representación de situaciones imaginarias, en las que los participantes adoptan roles distintos a los de su vida cotidiana. Los juegos motores implican la ejecución de movimientos físicos, con énfasis en el desarrollo de habilidades como la coordinación, la fuerza y el equilibrio. Los juegos de mesa, por su parte, se desarrollan sobre superficies planas y requieren del uso de estrategias y decisiones para alcanzar una meta. En cuanto a los juegos digitales, también denominados electrónicos o videojuegos, se ejecutan en entornos virtuales a través de dispositivos como consolas, computadoras o teléfonos móviles. Finalmente, los juegos clasificados como “otros” incluyen actividades de construcción, habilidad o creación, como los rompecabezas, la plastilina o los bloques de armado.

Dentro del campo de los *juegos digitales*, existe una categoría enfocada en propósitos formativos: los juegos serios, los cuales han sido definidos como aplicaciones digitales que combinan contenido educativo con dinámicas de jugabilidad, con el propósito de alcanzar objetivos de aprendizaje más allá del entretenimiento (Backlund y Hendrix, 2013; Laamarti et al., 2014). Esta categoría de juegos digitales se distingue por su diseño intencional, orientado a la enseñanza, la capacitación o la intervención, en contextos tanto formales como no formales de aprendizaje. A diferencia de los juegos tradicionales

centrados en la recreación, los juegos serios integran principios pedagógicos que buscan fomentar la comprensión, la retención y el compromiso del usuario con los contenidos abordados (Connolly et al., 2012).

Marcano (2008) y Werbach y Hunter (2012) caracterizan a los juegos serios como entornos lúdicos que integran estructuras pedagógicas con mecánicas de juego. En estos entornos, el aprendizaje se sitúa en situaciones simuladas, contextualizadas y estructuradas, que promueven la participación activa del usuario y la aplicación de conocimientos. Una de sus características fundamentales es su capacidad para mantener altos niveles de motivación, lo que puede potenciar la experiencia de aprendizaje y favorecer la retención de la información (Laamarti et al., 2014). Estas aplicaciones suelen incorporar elementos propios de la gamificación, tales como retroalimentación inmediata, niveles, recompensas, narrativas, desafíos, colaboración entre pares y reglas explícitas. Esto, con el fin de construir entornos significativos para el aprendizaje (Marcano, 2008; Werbach y Hunter, 2012).

Los enfoques pedagógicos aplicados en este tipo de juegos han sido asociados con prácticas que estimulan la exploración, la experimentación y la colaboración. Los juegos serios representan una intersección entre el aprendizaje y el entretenimiento, al aprovechar la estructura del juego para facilitar el desarrollo de habilidades cognitivas y sociales (Connolly et al., 2012; Laamarti et al., 2014).

Roungas y Dalpiaz (2016) advierten que muchos juegos educativos, incluso aquellos con propósitos pedagógicos explícitos, suelen desarrollarse sin seguir un proceso de diseño formal ni contar con un documento de diseño de juego, lo que puede afectar la alineación entre mecánicas y objetivos de aprendizaje.

2.4.2. Juegos educativos en VR

Los juegos educativos en VR integran contenidos curriculares con dinámicas interactivas e inmersivas propias de entornos tridimensionales simulados. Se definen como recursos digitales diseñados con intencionalidad formativa, que incorporan elementos característicos del juego, como reglas, narrativa, retroalimentación y resolución de retos, y que permiten al usuario explorar, manipular e interactuar con objetos o escenarios virtuales en tiempo real dentro de una estructura pedagógica explícita (Jensen y Konradsen, 2018; Radianti et al., 2020). Los juegos en VR se han descrito como una forma transformadora de aprendizaje, al combinar las capacidades tecnológicas de la VR con los elementos motivadores del juego.

Asimismo, estudios recientes destacan que estos recursos ofrecen una plataforma interactiva que favorece la participación activa del estudiante con el contenido educativo, promoviendo experiencias más dinámicas y significativas. La posibilidad de representar fenómenos complejos desde dentro del entorno simulado ha sido asociada con una mayor comprensión conceptual (Freina y Ott, 2015; Jensen y Konradsen, 2018).

La eficacia de estos juegos se sustenta en teorías del aprendizaje que enfatizan la construcción activa del conocimiento, el aprendizaje situado y el aprendizaje experiencial (Radianti et al., 2020). En suma, los juegos educativos en VR representan una convergencia entre el potencial formativo del juego, la estructura metodológica de los juegos serios y la capacidad inmersiva de la tecnología VR. Esta combinación los convierte en una herramienta prometedora para transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje en contextos escolares. A continuación, se exploran los principales enfoques teóricos que permiten comprender cómo se produce el aprendizaje dentro de este tipo de experiencias inmersivas.

2.4.3. Teorías de aprendizaje alineadas con los juegos educativos en VR

El uso de juegos educativos en VR en contextos escolares puede sustentarse teóricamente desde dos enfoques principales: el constructivismo y el conductismo. Ambos marcos ofrecen fundamentos distintos, pero complementarios, que permiten comprender cómo se produce el aprendizaje a través de esta herramienta tecnológica.

Desde el constructivismo, se parte del principio de que el conocimiento se construye activamente a partir de la experiencia (González, 2012). Este enfoque sostiene que el estudiante aprende al interactuar con su entorno, resolver problemas y participar activamente en la construcción del saber (Brooks y Brooks, 1999; Schunk, 2012). Aplicado al juego en VR, esto implica que el aprendizaje se potencia cuando el estudiante manipula objetos virtuales, explora entornos simulados y toma decisiones dentro de contextos significativos.

Por su parte, el conductismo aporta elementos clave en el diseño de juegos, como el uso de recompensas, retroalimentación inmediata y repetición estructurada. Este enfoque plantea que el aprendizaje ocurre cuando una conducta es reforzada por sus consecuencias observables (Schunk, 2012). En los juegos educativos en VR, estos principios se aplican mediante puntuaciones, premios visuales, penalizaciones o niveles que estimulan la repetición de respuestas deseadas.

En conjunto, ambas teorías permiten diseñar experiencias educativas en VR que combinan la exploración activa con estructuras de refuerzo. El constructivismo fundamenta el valor del aprendizaje contextualizado y significativo, mientras que el conductismo aporta estrategias para fortalecer hábitos, mantener el compromiso y promover el logro de objetivos específicos.

2.4.4. Entornos de aprendizaje

Un entorno de aprendizaje es entendido como el espacio físico, social o tecnológico en el que se desarrollan las experiencias educativas. Bonk y Graham (2006) argumentan que un entorno de aprendizaje se conforma por distintos elementos: físicos, culturales, sociales y tecnológicos. Tradicionalmente, la educación ha ocurrido en entornos presenciales. Este tipo de entorno se caracteriza por la interacción cara a cara entre los participantes y por el uso de materiales didácticos como libros, pizarras o exposiciones. El rol del docente se centra en transmitir información, retroalimentar y evaluar mediante exámenes (Schunk, 2012).

Sin embargo, el desarrollo tecnológico ha permitido el surgimiento de nuevos espacios educativos mediados por herramientas digitales que rompen con las barreras de espacio y tiempo. En este contexto emergen los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA), definidos como sistemas que integran recursos digitales para facilitar el proceso educativo. Dentro de los EVA, destacan los entornos colaborativos y los entornos inmersivos. Los entornos colaborativos promueven la interacción en tiempo real entre múltiples usuarios mediante el uso de avatares (Hernández et al., 2022).

Por su parte, los Entornos Virtuales Inmersivos (EVI) buscan que el estudiante se sienta dentro del entorno digital, lo cual se logra mediante tecnologías como los visores de VR. Según Bailenson et al. (2008), estos entornos se actualizan automáticamente según los movimientos físicos del usuario, y generan una experiencia que lo aísla del mundo físico y lo vincula perceptivamente con el entorno virtual. Los EVI representan un espacio de aprendizaje con potencial para integrar estrategias didácticas sustentadas en teorías educativas. Por ejemplo, permiten crear experiencias interactivas que conectan con la propuesta constructivista del aprendizaje por descubrimiento (Guilar, 2009), pero también

pueden incorporar elementos conductistas como retroalimentación inmediata, premios y refuerzos. En este tipo de entornos, los juegos en VR operan como mediadores del aprendizaje, ya que permiten explorar, practicar, equivocarse y volver a intentar, todo dentro de un espacio simulado.

2.4.5. Uso pedagógico de la tecnología

En el ámbito educativo, las estrategias didácticas representan un componente fundamental en la planificación y ejecución de clases. Díaz-Barriga y Hernández-Rojas (2010) las definen como un conjunto de acciones, organizadas con el propósito de alcanzar objetivos específicos de aprendizaje. Gallego y Salvador (2002) amplían esta noción al incluir estrategias de aprendizaje, de enseñanza y cognitivas como elementos esenciales en la implementación de estrategias didácticas. Además, dichos autores destacan la importancia de considerar la práctica docente, la forma en la que los estudiantes procesan la información, la organización del trabajo, el material didáctico y el tiempo asignado para desarrollar una estrategia didáctica.

En este contexto, las tecnologías desempeñan un papel crucial como herramientas que complementan y potencian las estrategias didácticas. Al respecto, Coll (2004) subraya las potencialidades de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el proceso de aprendizaje y expresa que el formalismo, la interactividad, el dinamismo, la multimedia, la hipermedia y la conectividad son elementos clave de los entornos simbólicos basados en TIC. Dichas características pueden contribuir al proceso educativo y ofrecer nuevas oportunidades para procesar, transmitir y compartir información.

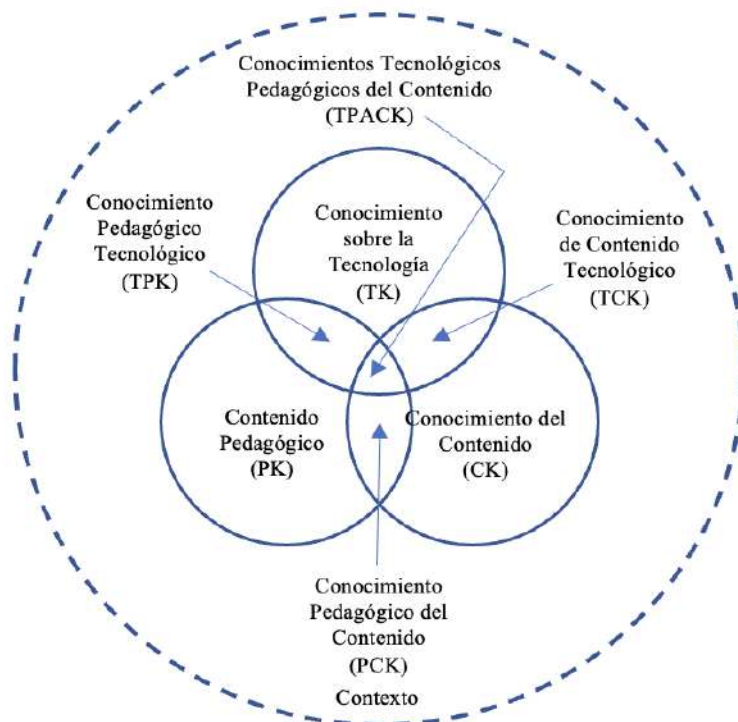
La manera en que los docentes presentan la información y diseñan las estrategias

didácticas influye directamente en la generación de un entorno que motive y guíe a los estudiantes hacia el cumplimiento de los objetivos educativos (Díaz-Barriga y Hernández-Rojas, 2010). Según Shulman (2005), el proceso de enseñanza comienza cuando el docente domina el contenido a enseñar e identifica la mejor manera de hacerlo. Enuncia siete conocimientos esenciales que debe tener un docente: contenido, didáctica general, currículo, didáctica del contenido, características de los estudiantes, contextos educativos, y objetivos y valores educativos desde sus fundamentos filosóficos.

Mishra y Koehler (2006) incluyen la tecnología como un conocimiento adicional para los docentes y proponen el modelo TPACK (Tecnología, Pedagogía y Conocimiento del Contenido), el cual sugiere combinar contenido, pedagogía y conocimiento tecnológico para lograr una enseñanza eficaz. Lo anterior se visualiza en la Figura 2.

Figura 2

Modelo TPACK.



Fuente. Mishra y Koehler (2006).

Con este modelo, Koehler et al. (2015) analizan el conocimiento que deben tener los docentes sobre tecnología, pedagogía y contenidos y, a través de un Diagrama de Venn, describen las convergencias entre el Conocimiento de la Tecnología (TK), el Conocimiento Pedagógico (PK) y el Conocimiento del Contenido (CK), así como la necesidad de cubrir todos los conocimientos resultantes.

El TK se refiere a las habilidades del docente para realizar tareas mediante el uso de diversas tecnologías. Este tipo de conocimiento evoluciona con los avances tecnológicos. Por su parte, el PK hace referencia al conocimiento del docente sobre los procesos, prácticas, estrategias o métodos de enseñanza. Por último, el CK representa lo que el docente sabe sobre lo que debe enseñar y su capacidad para profundizar en el tema. Dichos conocimientos son la base del modelo TPACK, y su convergencia genera tres saberes: Conocimiento de Contenidos Tecnológicos (TCK), Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) y Conocimiento Pedagógico Tecnológico (TPK) (Koehler et al., 2015).

Los TCK indican la necesidad de que el docente identifique las herramientas tecnológicas más adecuadas en función del contenido. Para ello, se deben comprender los temas a profundidad y visualizar su aplicación en diferentes tecnologías. Por su parte, se mantiene la idea de Shulman (2005) sobre los PCK, en la que se argumenta la necesidad de transformar el conocimiento para la enseñanza. Es decir, el docente debe reconocer la mejor manera de presentar los contenidos para facilitar el aprendizaje. Por último, los TPK se enfocan en la comprensión de todas las posibilidades de uso de tecnologías. Se requiere conocimiento sobre sus ventajas y limitaciones según el contexto (Koehler et al., 2015).

El modelo TPACK considera los conocimientos necesarios para que los docentes

enseñen de manera efectiva con tecnología. Esto, mediante la combinación del contenido, la pedagogía y la tecnología. Mishra y Koehler (2006) sugieren que la inclusión de tecnología en entornos educativos tiene como fin ampliar las experiencias educativas y favorecer los niveles de aprendizaje. Se debe analizar cuándo es adecuado utilizar tecnología, qué contenidos abordar, el contexto y los beneficios de su aplicación; no se debe incorporar sin una planeación previa.

En este contexto, los desarrolladores de juegos educativos en VR deben asegurar la precisión conceptual del contenido (CK), emplear principios pedagógicos que favorezcan la comprensión y la motivación (PK) y dominar el uso de herramientas tecnológicas inmersivas (TK). La convergencia de estos conocimientos permite crear experiencias que integran tecnología, pedagogía y contenido de forma coherente. El modelo TPACK orienta el diseño de entornos educativos en VR hacia experiencias planificadas que promuevan aprendizajes significativos y motivadores, evitando el uso de la tecnología sin un propósito pedagógico claro.

2.4.6. Teoría del flow

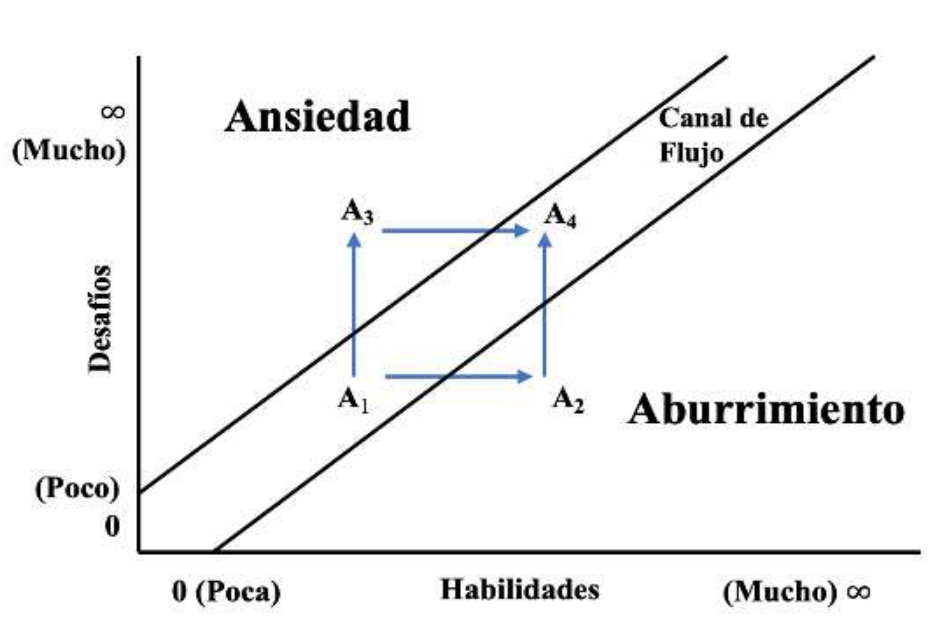
Borrás (2015) integra en su trabajo la teoría del *flow* o flujo, propuesta por el psicólogo Mihály Csikszentmihalyi, que describe un estado mental óptimo en el cual una persona se concentra profundamente en una actividad desafiante, siempre que exista un equilibrio entre sus habilidades y la dificultad de la tarea. En el contexto educativo, este estado se alcanza cuando el estudiante se involucra por completo en lo que está haciendo y le encuentra sentido.

La zona de *flow* se ubica entre dos extremos: el aburrimiento, cuando la tarea resulta muy sencilla, y la ansiedad, cuando los retos superan las capacidades actuales del

estudiante. Csikszentmihalyi (1990) explica que las actividades que permiten alcanzar el estado de flujo tienden a generar sensaciones de descubrimiento y compromiso, porque invitan al estudiante a vincularse con lo que hace y a continuar explorando. Los juegos, por su estructura y dinámica, representan un ejemplo concreto de este tipo de experiencias. En la Figura 3 se muestra el modelo elaborado por el autor para explicar este proceso.

Figura 3

Representación del incremento de la complejidad de la conciencia debida a las experiencias de flujo.



Fuente. Csikszentmihalyi (1990).

Este diagrama representa cuatro momentos que atraviesa un estudiante que está aprendiendo una habilidad nueva (A1, A2, A3, A4). En A1, el estudiante se encuentra con pocas habilidades y desafíos limitados, lo cual puede ser una buena puerta de entrada para disfrutar la tarea y mantenerse en la zona de flow. Sin embargo, si no se incrementan los

desafíos, pronto percibirá que la tarea se vuelve monótona (A2). En cambio, si los desafíos son demasiado complejos para sus habilidades actuales (A3), puede experimentar frustración. Para mantenerse en equilibrio, el nivel de dificultad debe avanzar conforme aumentan sus capacidades (A4).

La teoría del *flow* se vincula directamente con el aprendizaje y la motivación, ya que al mantener al estudiante en un estado de concentración y disfrute se favorece la asimilación de contenidos y se fortalece la motivación intrínseca. Esto se puede ejemplificar con un juego educativo en VR diseñado para explorar conceptos astronómicos. Al comenzar, el juego guía al estudiante por una misión inicial donde se familiariza con el entorno. A medida que avanza, se incorporan tareas más complejas, como interpretar trayectorias orbitales o identificar anomalías en los datos. Si el estudiante avanza rápidamente, el sistema adapta los retos. Si se estanca, el entorno presenta apoyos o caminos alternativos. Esta adaptación busca mantener al estudiante concentrado y con deseos de seguir explorando.

Csikszentmihalyi (1990) sostiene que las actividades que permiten permanecer en la zona de flujo tienen como característica el ofrecer al estudiante una sensación de avance. La actividad no debe percibirse como una repetición mecánica. Debe permitir descubrir nuevas rutas, aplicar conocimientos previos y mantener el interés. Morales (2009) advierte que para lograr esto es necesario considerar tanto la edad como el contexto de quien juega, de manera que el contenido sea pertinente.

En este sentido, la teoría del *flow* aporta elementos valiosos para el diseño de juegos educativos en VR. La retroalimentación constante, la definición clara de metas, el ajuste progresivo del nivel de dificultad y la interacción con un entorno que responde a las acciones del estudiante pueden favorecer experiencias donde aprender se perciba como una

actividad significativa y atractiva. Estas condiciones se vinculan con los factores que promueven la motivación. Cuando se planea una experiencia educativa en VR bajo estas premisas, se abre la posibilidad de generar aprendizajes que responden a un objetivo pedagógico y que además fortalecen la participación activa y el interés por seguir aprendiendo.

2.4.7. Criterios para la selección de juegos educativos en VR

La elección de un juego educativo en VR para su aplicación en contextos escolares representa una decisión clave, ya que puede influir directamente en la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje y en la validez de los resultados obtenidos. Este proceso requiere una valoración integral de aspectos pedagógicos, tecnológicos y contextuales, lo que implica contar con criterios sistemáticos que orienten su selección.

Diversas investigaciones han propuesto modelos para evaluar juegos digitales con fines educativos. Entre ellos, destaca el modelo desarrollado por Ouariachi et al. (2017), basado en la propuesta de Pérez-Latorre (2010) sobre la significación del videojuego. Este modelo considera dimensiones narrativas, lúdicas y pedagógicas, y ofrece una guía para analizar los componentes comunicativos y formativos de un juego. Las dimensiones incluyen: datos de identificación, narrativa, contenidos, jugabilidad y didáctica.

En los datos de identificación se consideran elementos como el nombre del juego, dirección electrónica, disponibilidad en aplicaciones móviles, idioma, gratuidad, tipo de producto, público meta y finalidad comunicativa. La narrativa se analiza con base en la historia, la existencia de un narrador, la coherencia del espacio y del tiempo, el rol de los personajes y la representación del entorno. En la dimensión de contenidos se evalúa la validez conceptual, la precisión de la información, el uso de conceptos científicos, las

fuentes, y el uso de imágenes o recursos visuales. La jugabilidad se valora a partir del número de jugadores, la facilidad de uso, la interactividad, los objetivos, las misiones, las dinámicas, la retroalimentación, las instrucciones y la duración del juego. Por último, la dimensión didáctica considera las habilidades que se desarrollan, la resolución de problemas, la curva de aprendizaje, la posibilidad de trabajo colaborativo, la interdisciplinariedad, la existencia de una guía docente y los mecanismos de evaluación (Ouariachi et al., 2017).

Por su parte, Agustini et al. (2023) proponen una aproximación centrada en entornos virtuales, la cual incluye indicadores como el valor general del juego, la usabilidad, la precisión y la idoneidad. El valor general se refiere al diseño, la interacción y la duración. La usabilidad considera la facilidad de uso y acceso. La precisión se relaciona con la capacidad del sistema para responder correctamente a las acciones del usuario. Finalmente, la idoneidad evalúa si el contenido y la estructura del juego están alineados con las necesidades educativas del estudiantado.

Desde una perspectiva curricular, Morales (2009) señala que un juego educativo debe adecuarse a los objetivos de aprendizaje y a las características del grupo al que se dirige. Sugiere verificar que la edad recomendada sea compatible con la del grupo escolar, que el contenido sea pertinente, que la duración se ajuste al calendario académico y que las actividades estén alineadas con el currículo y puedan ser acompañadas por el docente.

En el caso de los juegos educativos en VR, se deben considerar elementos adicionales vinculados a la experiencia inmersiva. Sousa et al. (2021) identifican tres componentes fundamentales para generar inmersión: realismo, implicación e interactividad. El realismo se relaciona con la coherencia visual y sonora de la simulación; la implicación con el nivel de conexión emocional que el usuario establece con la experiencia; y la

interactividad con las posibilidades de acción y manipulación dentro del entorno virtual.

Agustini et al. (2023) complementan esta perspectiva al señalar que la calidad visual es un factor determinante en la percepción de inmersión.

A partir de la revisión de la teoría previa, de los conceptos clave descritos en los diferentes apartados del marco teórico y de las exigencias propias de los entornos educativos mediados por VR, esta investigación propone criterios para seleccionar y evaluar juegos educativos en VR. La propuesta articula los aportes de elaboración con base en Agustini et al. (2023), Morales (2009), Ouariachi et al. (2017), Sousa et al. (2021) y las necesidades específicas del contexto escolar. Los criterios se clasifican en seis dimensiones:

I. Compatibilidad y acceso: examina si el juego puede ser implementado con los recursos tecnológicos, materiales y espaciales disponibles en el entorno escolar.

II. Adecuación al público objetivo: valora si el juego responde al perfil, idioma, edad y necesidades educativas del grupo destinatario.

III. Calidad del juego: considera la estructura narrativa, la organización y validez de los contenidos, así como la calidad visual y sonora de la experiencia.

IV. Pedagogía y didáctica: identifica si el juego fomenta habilidades específicas, permite retroalimentación, seguimiento por parte del docente y articulación con los propósitos curriculares.

V. Experiencia en VR: evalúa el nivel de inmersión, el realismo visual y sonoro, la interactividad del entorno y la coherencia con los objetivos educativos.

VI. Usabilidad: revisa la facilidad de uso, la precisión de las respuestas, la estabilidad del sistema y la adecuación del diseño al nivel educativo.

Estas dimensiones ofrecen una base para analizar de manera objetiva los juegos educativos en VR y tomar decisiones fundamentadas respecto a su aplicación pedagógica.

2.4.7.1. *Compatibilidad y acceso*

La dimensión de compatibilidad y acceso hace referencia a los criterios que permiten determinar si un juego en VR puede implementarse de manera viable en el contexto específico de la investigación. En esta dimensión se analiza si el juego está disponible en una plataforma accesible, si requiere pago o suscripción, y si su descarga es sencilla. Además, se considera el costo de los equipos necesarios, como gafas VR, controles, computadoras o consolas, así como otros accesorios adicionales que pudieran requerirse.

También se deben contemplar las condiciones físicas del entorno donde se desarrollará la experiencia; es decir, si el aula o espacio disponible cuenta con el tamaño suficiente para permitir el movimiento de los participantes, si tiene ventilación adecuada, iluminación controlada, acceso a internet estable, y si hay mobiliario que favorezca la implementación segura del juego.

Por ejemplo, si se desea utilizar el juego *Human Anatomy VR* para enseñar anatomía, pero el espacio disponible no permite que el estudiante camine libremente alrededor del cuerpo humano en tres dimensiones, entonces esa condición podría afectar la experiencia y limitar el efecto educativo esperado. Además, si el juego solo se encuentra disponible para sistemas como Oculus Quest 2, pero el proyecto cuenta únicamente con computadoras de escritorio, será necesario considerar esta limitación desde el principio.

Esta dimensión resulta indispensable, incluso si un juego es muy atractivo o tiene gran potencial educativo, su implementación puede verse completamente limitada si no existen las condiciones logísticas y técnicas necesarias. Ignorar esta dimensión puede generar retrasos, frustración y resultados poco confiables. En la Tabla 1, se detallan los criterios que conforman esta dimensión.

Tabla 1

Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Compatibilidad y acceso”.

Criterio	Descripción del criterio
Accesibilidad	Identificar si es posible acceder al juego de manera gratuita; o bien, si los recursos permiten pagar el costo del juego.
Financiamiento para la compra del equipo	Decidir si la investigación cuenta con los recursos financieros suficientes para adquirir el sistema, accesorios y equipo de VR que se requieren para utilizar el juego. O bien, verificar si ya se cuenta con un equipo compatible con el juego.
Requerimientos contextuales	Valorar si los requerimientos contextuales del juego se encuentran alineados con las condiciones del entorno. Por ejemplo: conexión y acceso a internet, espacio apropiado (tamaño, iluminación, ventilación, etc.), mobiliario y equipo técnico, entre otros.

Nota. Elaboración con base en Agustini et al. (2023), Morales (2009), Ouariachi et al. (2017), Sousa et al. (2021) y las necesidades específicas de la investigación.

Como punto de partida, esta dimensión resulta clave para cualquier investigador o docente que desee incorporar un juego en VR dentro del aula o en una investigación. Buscar juegos educativos en internet puede parecer sencillo, pero muchas veces no se tiene acceso a todas las plataformas, ni es viable económicamente adquirir múltiples sistemas y licencias. Iniciar la selección con estos criterios permite descartar juegos que, aunque sean interesantes, no se ajustan a las condiciones del entorno o al presupuesto disponible. Así, antes de invertir en cualquier visor o videojuego, esta evaluación evita errores costosos y permite tomar decisiones más acertadas desde el principio.

2.4.7.2. Adecuación al público objetivo

Ahora bien, en la dimensión de adecuación al público objetivo el enfoque se centra en identificar si el juego es pertinente para las características reales de los participantes. Este

apartado permite valorar si el juego se ajusta al idioma de los usuarios, si está diseñado para la edad o nivel cognitivo correspondiente, y si contempla alguna condición específica del grupo, como limitaciones físicas o necesidades particulares.

También se analiza la relación del juego con el nivel educativo y los contenidos que se desean trabajar. Se debe comprobar si el contenido coincide con el objeto de estudio, si aborda la temática deseada y si se alinea con el currículo oficial del país. Por ejemplo, si el juego promete enseñar fracciones, se debe considerar si la dificultad de los desafíos es apropiada para el tipo de usuario, ni tan simple que aburra ni tan complejo que frustre. En la Tabla 2 se presentan los criterios propuestos para evaluar esta dimensión. Estos criterios pueden adaptarse o ampliarse según las características de la investigación o del grupo participante.

Tabla 2

Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Adecuación al público objetivo”.

Criterio	Descripción del criterio
Idioma	Verificar que el lenguaje del juego coincida con el que utilizan los participantes de la investigación.
Características del usuario	Asegurar que el juego está diseñado para el tipo de usuarios a quienes se les implementará. Por ejemplo: edad, sexo, condiciones físicas o psicológicas.
Temática	Confirmar que el contenido del juego aborda el tema central de interés.
Alineación del contenido con el currículo	Comprobar que los contenidos y objetivos del juego se relacionen con los propósitos del nivel educativo en el que se ubican los participantes.
Dificultad	Establecer si los retos del juego tienen un nivel de dificultad adecuado para el nivel educativo de los participantes.

Nota. Elaboración con base en Agustini et al. (2023), Morales (2009), Ouariachi et al.

(2017), Sousa et al. (2021) y las necesidades específicas de la investigación.

Esta dimensión permite filtrar aquellos juegos que, aunque bien elaborados, no están pensados para el grupo que se tiene en mente. Considerar estos aspectos desde el inicio evita elegir juegos que no se entiendan, no conecten con el estudiante o simplemente no estén alineados con los objetivos curriculares. Así, se garantiza que el recurso seleccionado tenga verdadero sentido pedagógico dentro del contexto educativo.

2.4.7.3. Calidad del juego

Esta dimensión propone mirar más allá de lo estético y explorar distintos indicadores que ayudan a determinar si el juego es realmente efectivo como herramienta educativa. El primer criterio de esta dimensión se refiere a la evidencia de su excelencia. Es decir, si el juego ha sido valorado positivamente por otros usuarios, si existen reseñas públicas o estudios que lo hayan utilizado y documentado con buenos resultados. Esto permite tener una referencia externa sobre su desempeño.

También se toma en cuenta la estructura, organización y contenido del juego. Un buen juego debe presentar retos bien definidos, ofrecer diferentes caminos o decisiones al jugador, incluir niveles y mecánicas de colaboración, así como elementos clásicos de diseño como reglas claras, misiones, logros y tiempos para cumplir las tareas.

Otro punto relevante es la calidad visual, ya que en el contexto de la VR, los gráficos tienen un papel central en la experiencia del usuario. Un entorno bien diseñado puede motivar más que una interfaz poco trabajada. Finalmente, la calidad de sonido completa esta valoración, que considera si los efectos auditivos están bien integrados, si complementan lo visual y si mejoran la inmersión. Los criterios específicos para valorar esta dimensión se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3

Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Calidad del juego”.

Criterio	Descripción del criterio
Antecedentes	Verificar si existen antecedentes que demuestren la calidad general del juego, como reseñas, artículos científicos o valoraciones de expertos.
Estructura, organización y contenido del juego	Confirmar que el juego cuente con elementos teóricos del juego, como retos, narrativa, reglas, rutas alternas, niveles, colaboración y tiempo límite.
Calidad visual	Evaluar la resolución, nitidez y coherencia de los elementos gráficos del entorno.
Calidad de sonido	Verificar la claridad, sincronización y adecuación de los efectos sonoros con las acciones del juego.

Nota. Elaboración con base en Agustini et al. (2023), Morales (2009), Ouariachi et al. (2017), Sousa et al. (2021) y las necesidades específicas de la investigación.

Conocer la calidad del juego no es cuestión de revisar si luce bien o tiene buenos efectos. Esta dimensión permite identificar si el juego realmente tiene una base sólida que lo respalde. Evaluar aspectos como su estructura, los elementos del juego que incorpora, su reputación entre usuarios o incluso la calidad general visual y sonora, ayuda a decidir con mayor seguridad si vale la pena integrarlo en un entorno educativo.

2.4.7.4. Pedagogía y didáctica

Esta dimensión permite valorar si el juego seleccionado tiene el potencial de aportar al proceso educativo desde un enfoque didáctico. No se trata únicamente de entretener al estudiante, también se busca asegurar que la experiencia esté estructurada para cumplir objetivos formativos claros.

En primer lugar, se propone revisar si el juego incluye una guía didáctica que oriente al docente. Esto resulta clave cuando se busca integrar el juego al aula de manera organizada, por lo que se sugiere valorar si el juego ofrece retroalimentación al usuario sobre su desempeño, lo cual podría fortalecer el aprendizaje autónomo y la mejora continua. Otro aspecto fundamental es la posibilidad de que el docente evalúe los avances del estudiante. Algunos juegos permiten monitorear el desempeño mediante reportes, estadísticas u otras evidencias de progreso. Esta información resulta muy útil cuando se necesita comprobar si el estudiante alcanzó los objetivos previstos.

Asimismo, se plantea analizar si el propósito del juego está alineado con las intenciones educativas del proyecto. Puede tratarse de reforzar conceptos, introducir nuevos contenidos o desarrollar habilidades específicas. En cualquier caso, es importante que el diseño del juego respalde esa intención. Por otro lado, cada estudiante aprende de manera distinta. Por eso, se propone considerar si el juego permite ajustar la experiencia según el nivel o estilo de aprendizaje de quien lo utiliza.

Antes de cerrar esta sección, es importante recordar que estas propuestas de criterios no son excluyentes. Cada persona interesada podrá adaptar esta dimensión de acuerdo con las particularidades de su contexto educativo y con los objetivos de su estudio. A continuación, se presentan los criterios propuestos para esta dimensión en la Tabla 4.

Tabla 4

Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Pedagogía y didáctica del juego”.

Criterio	Descripción del criterio
Guía didáctica	Confirmar si el juego ofrece un documento que oriente a los docentes sobre la forma de planificar y organizar la implementación del juego para la enseñanza.
Retroalimentación	Verificar si se brinda información al usuario sobre su desempeño durante el juego y sobre formas de mejorarlo.
Posibilidad de evaluación	Evaluar si el juego ofrece elementos que permitan al docente realizar una medición del desempeño del usuario para la resolución de las tareas del juego.
Propósito del juego	Asegurar que el objetivo del uso del juego coincida con los fines de la investigación: reforzamiento o enseñanza.
Habilidades a desarrollar	Establecer si las habilidades que se busca lograr con el juego convergen con los objetivos de investigación: cognitivas o motrices.
Adaptación	Revisar si el juego ofrece la posibilidad de configurar la experiencia según el nivel y/o estilo de aprendizaje del usuario.

Nota. Elaboración con base en Agustini et al. (2023), Morales (2009), Ouariachi et al. (2017), Sousa et al. (2021) y las necesidades específicas de la investigación.

Esta dimensión busca asegurar que el juego pueda cumplir una función formativa. Si el diseño del juego permite enseñar, evaluar y adaptarse a los estudiantes, se convierte en una herramienta educativa de valor. En investigaciones educativas, esta evaluación resulta fundamental para garantizar la coherencia entre los objetivos del estudio y los medios utilizados para alcanzarlos.

2.4.7.5. Experiencia en VR

Primero, se propone observar el nivel de inmersión que genera el juego. Algunas experiencias apenas muestran elementos en tres dimensiones, mientras que otras permiten al usuario interactuar, moverse y explorar libremente. Identificar ese nivel es esencial,

sobre todo si el objetivo de la investigación requiere una inmersión completa o si basta con una aproximación más ligera. Antes de tomar decisiones, conviene recordar que no todos los contextos requieren el mismo nivel de inmersión. A continuación, se presentan los criterios propuestos para esta dimensión en la Tabla 5.

Tabla 5

Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Experiencia en VR”.

Criterio	Descripción del criterio
Nivel de inmersión	Establecer si el juego permite que el usuario se sienta dentro de la experiencia, según el nivel que requiere el estudio: no inmersiva, semi-inmersiva o completamente inmersiva.
Realismo	Examinar el grado de similitud entre el entorno virtual y las condiciones del mundo real, considerando detalles visuales, sonoros y de respuesta del sistema.
Implicación	Valorar el nivel de atención, concentración y compromiso que el entorno virtual logra generar en el usuario durante la experiencia.
Interactividad	Comprobar la capacidad del entorno para responder de manera coherente a las acciones del usuario y permitir la manipulación o exploración de objetos y escenarios.

Nota. Elaboración con base en Agustini et al. (2023), Morales (2009), Ouariachi et al. (2017), Sousa et al. (2021) y las necesidades específicas de la investigación.

Evaluar la experiencia en VR permite determinar si el juego ofrece condiciones que favorecen la inmersión, el realismo, la implicación y la interactividad. Esta dimensión trasciende la valoración técnica y considera cómo los elementos visuales, auditivos y de diseño generan sensación de presencia dentro del entorno virtual. Su propósito es identificar si el juego logra reproducir una experiencia coherente con los objetivos

educativos y capaz de mantener la atención y el compromiso del usuario durante la simulación.

2.4.7.6. Usabilidad

Esta dimensión se propone para evaluar la facilidad con la que el usuario puede interactuar con el juego. Un juego puede tener un contenido excelente, pero si su interfaz no es clara, si los botones no funcionan bien o si se requieren instrucciones demasiado complejas, entonces el riesgo de abandono es alto. Para fines de esta investigación, se sugiere valorar si el diseño del juego permite una interacción fluida y amigable. También se propone revisar si el juego responde correctamente a las acciones del usuario y si puede utilizarse sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados. Todo esto se refleja en la Tabla 6, donde se presentan los criterios asociados a esta dimensión.

Tabla 6

Criterios para la selección de juegos educativos en VR correspondientes a la dimensión “Usabilidad”.

Criterio	Descripción del criterio
Facilidad de uso	Determinar si el usuario puede comprender y utilizar el juego sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados.
Interfaz amigable	Comprobar si los menús, botones y controles son intuitivos, claros y accesibles.
Respuesta del sistema	Verificar si el juego responde correctamente a las acciones del usuario, sin errores o interrupciones que afecten la experiencia.

Nota. Elaboración con base en Agustini et al. (2023), Morales (2009), Ouariachi et al.

(2017), Sousa et al. (2021) y las necesidades específicas de la investigación.

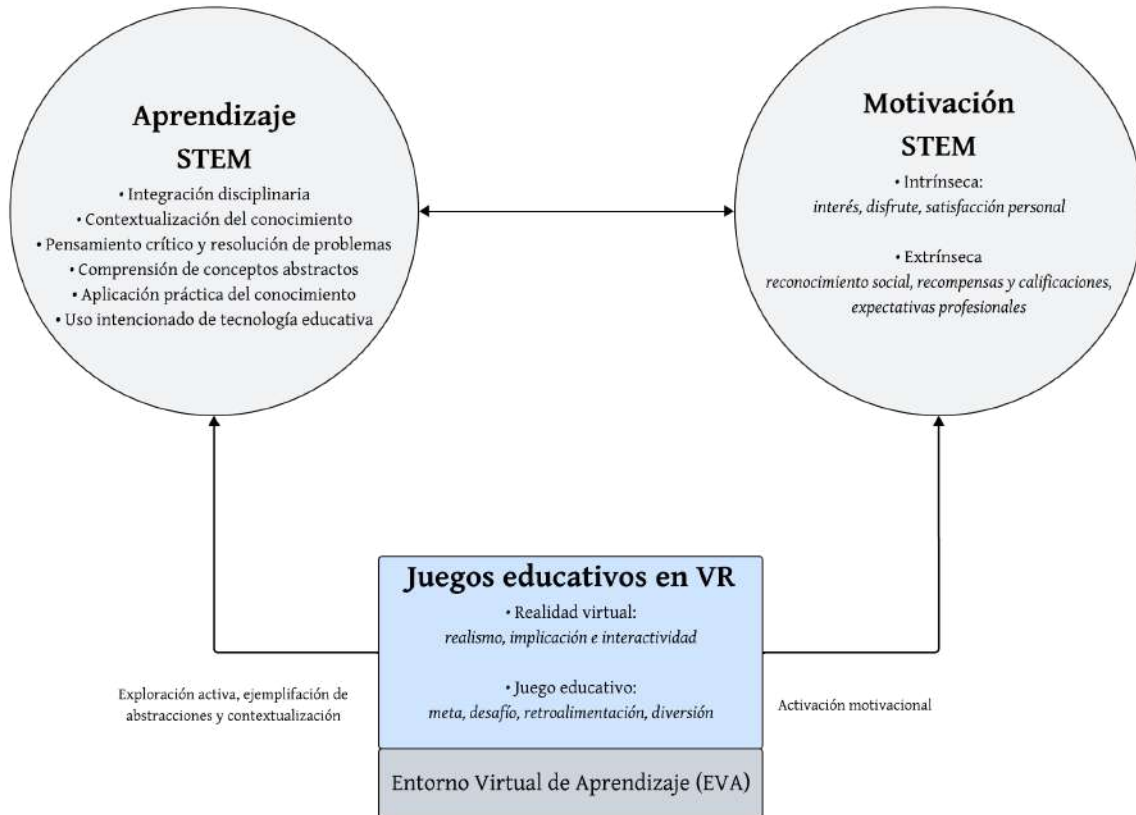
Contar con un juego bien diseñado y fácil de usar puede marcar la diferencia en una experiencia educativa. Esta dimensión ayuda a reconocer si el juego tiene el potencial de funcionar correctamente en el aula. Si los estudiantes entienden cómo usarlo desde el inicio, si la interacción es fluida y el diseño es atractivo, hay más posibilidades de que se involucren y aprendan. Al revisar cada dimensión, se pueden identificar fortalezas, limitaciones y condiciones necesarias para la implementación del juego en un contexto específico. La selección de un juego en VR debe partir de un análisis consciente que permita valorar su aporte pedagógico, más allá del atractivo tecnológico que pueda representar.

2.5. Cierre del capítulo

En suma, el análisis teórico permitió precisar tres ejes centrales que guían esta investigación. Primero, el aprendizaje en áreas STEM, entendido como un proceso que demanda enfoques integrados, contextualizados y apoyados en metodologías activas. Segundo, la motivación hacia estas áreas, abordada desde sus dimensiones intrínseca y extrínseca, y reconocida como un factor decisivo para la permanencia y el compromiso de los estudiantes. Y tercero, los juegos educativos en VR, que reúnen elementos con potencial para incidir en el aprendizaje y la motivación de manera simultánea. Lo anterior se representa en la Figura 4.

Figura 4

Relación teórica entre los juegos educativos en VR, el aprendizaje STEM y la motivación STEM.



Nota. Elaboración propia con base en Bailenson et al. (2008); Bybee (2013); Csikszentmihalyi (1990); Han et al. (2015); Honey et al. (2014); Jensen y Konradsen (2018); Radianti et al. (2020); Ryan y Deci (2000); Schunk (2012); Sousa et al. (2021); Vallerand et al. (1992).

Este entramado conceptual orienta la comprensión del fenómeno desde una visión interdisciplinaria y aplicada. A partir de este sustento, el capítulo siguiente profundiza en la evidencia empírica que permite situar estas relaciones en escenarios educativos reales.

CAPÍTULO III:

REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Este capítulo presenta los detalles de la Revisión Sistemática de Literatura (RSL) desarrollada con el propósito de identificar el estado del arte sobre el uso de juegos educativos en VR. Se describe el proceso metodológico que incluyó la definición del propósito, las estrategias de búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión, la selección de estudios y el análisis de datos. Asimismo, se presentan los principales resultados alineados con las preguntas de análisis que guiaron la revisión.

3.1. Definición del propósito y preguntas de análisis

El objetivo principal de esta RSL fue explorar los hallazgos de estudios previos para ofrecer una visión general del estado actual del conocimiento sobre el uso de juegos VR en educación. Para guiar este estudio, se plantearon las siguientes preguntas de análisis:

- P1. ¿Cómo se distribuye la investigación sobre juegos educativos en VR en términos temporales y geográficos?
- P2. ¿En qué áreas y niveles educativos se han implementado juegos VR?
- P3. ¿Qué tipos de inmersión han sido investigados en los estudios que han utilizado juegos en VR?
- P4. ¿Qué beneficios asociados al uso de juegos educativos en VR se han identificado en la literatura especializada?
- P5. ¿Cuáles son los principales desafíos y limitaciones asociadas al uso de juegos educativos en VR identificados en la literatura especializada?

3.2. Estrategias de búsqueda

Sobre la estrategia de búsqueda, la última actualización se realizó el 4 de marzo de 2024 en las bases de datos Scopus y WoS, seleccionadas por su reconocimiento en la indexación de literatura científica multidisciplinaria. Se emplearon cadenas de búsqueda en inglés y español y se utilizaron operadores booleanos para mejorar la precisión de los resultados. En español la cadena de búsqueda fue: (realidad virtual) O (RV) Y (educación) O (enseñanza) O (aprendizaje) Y (juego) O (videojuego). Y en inglés: (virtual reality) OR (VR) AND (education) OR (teaching) OR (learning) AND (game) OR (videogame).

3.3. Criterios de inclusión y exclusión

Para esta revisión se incluyeron artículos empíricos de acceso abierto, sin restricciones temporales, publicados en español o en inglés, que emplearan juegos en VR con fines educativos y tuvieran como población objetivo a estudiantes. Se excluyeron los artículos teóricos o de revisión, los estudios que abordaron experiencias de VR sin componentes lúdicos y aquellos cuyo propósito no fuera educativo.

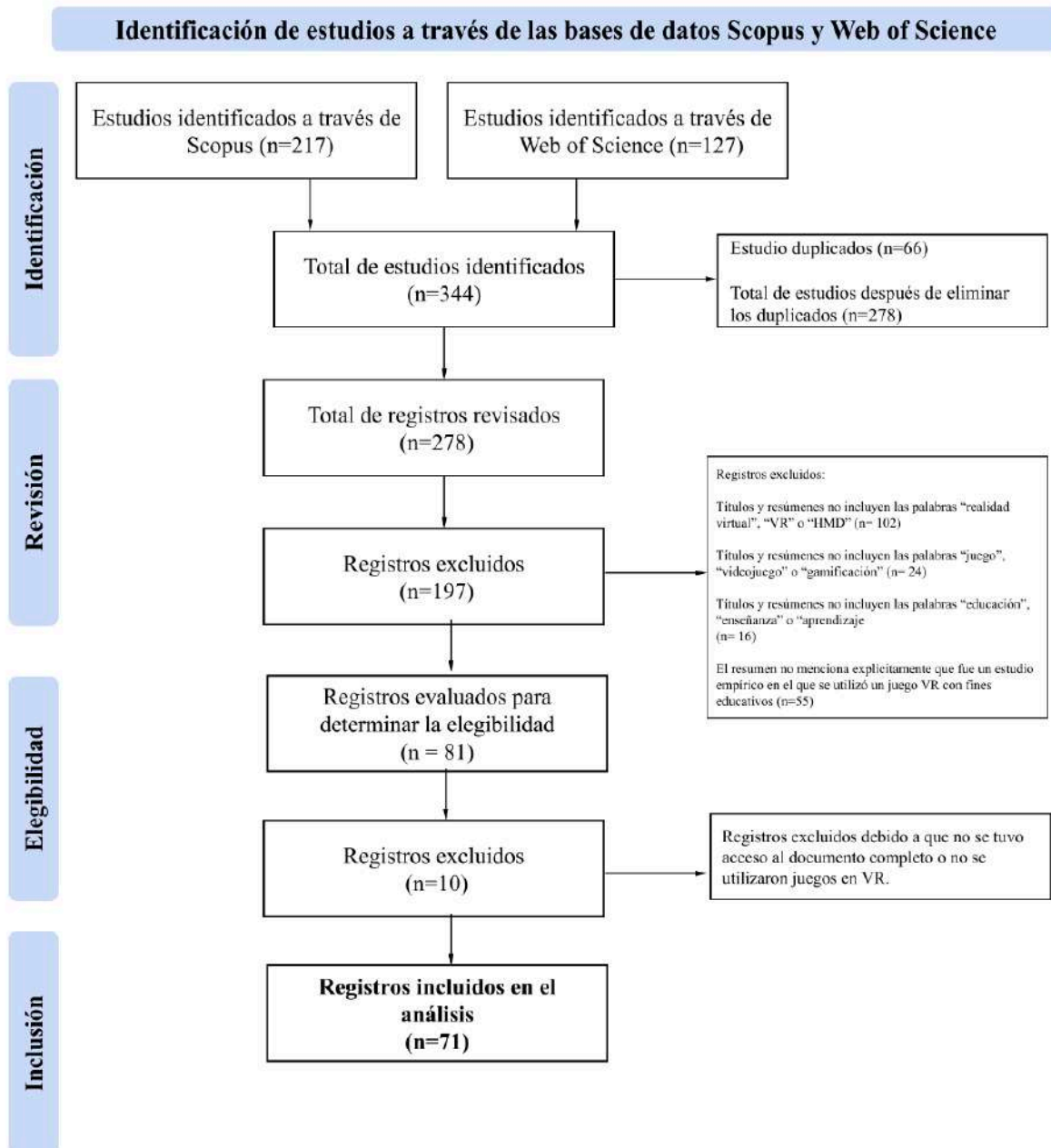
3.4. Selección de estudios

De acuerdo con la metodología PRISMA, el proceso de selección de estudios se organizó en cuatro etapas propuestas por Moher et al. (2009): *Identificación, Revisión, Elegibilidad e Inclusión*. En la etapa de Identificación se recopilaron los artículos localizados en ambas bases de datos y se eliminaron los duplicados. Durante la Revisión se analizaron los títulos y resúmenes para descartar los estudios que no contenían los términos clave. En esta fase se emplearon las tablas automáticas generadas por cada base de datos, que incluyen información como año, país y temática, a fin de realizar una depuración preliminar.

Posteriormente, en la etapa de Elegibilidad se examinaron los textos completos y se descartaron aquellos que no incorporaban juegos en VR. Finalmente, se seleccionaron 71 artículos científicos que cumplieron con los criterios de inclusión establecidos. El proceso completo se sintetiza en el diagrama de flujo de la Figura 5.

Figura 5

Proceso de selección de documentos a incluir en la RSL.



Nota. Elaboración propia con base en la propuesta de Moher et al. (2009).

3.5. Estrategias de análisis de datos

El análisis de los documentos seleccionados se realizó mediante un procedimiento de extracción y sistematización de la información. La información se examinó bajo un enfoque mixto. En lo cuantitativo, se aplicó un análisis descriptivo a través de frecuencias y porcentajes, presentados en tablas y figuras. En el plano cualitativo se desarrolló una síntesis interpretativa orientada a identificar patrones, tendencias y categorías que permitieron contrastar los hallazgos y dar respuesta a las preguntas de la revisión.

Toda la información fue registrada en una matriz en *Excel*, lo que permitió organizar los datos de manera sistemática. La codificación fue realizada manualmente con el fin de mantener un control riguroso sobre la interpretación y asegurar la fidelidad respecto al contenido original de cada artículo.

3.6. Resultados de la RSL

En este apartado se presentan los principales resultados obtenidos del análisis de los documentos incluidos en la RSL, los cuales están organizados en función de las preguntas de análisis. En la Tabla 7 se presenta una caracterización general de los 71 estudios incluidos en el análisis.

Tabla 7

Estudios incluidos en el análisis y sus principales características.

Autor	País	Área del conocimiento	Contenido asociado	Nivel educativo
Wegener et al. (2012)	Australia	Ciencias	Física	Superior
Oestergaard et al. (2012)	Dinamarca	Ciencias de la Salud	Cirugía Laparoscópica	Superior
Adefila et al. (2015)	Reino Unido	Ciencias de la Salud	Cuidados de la demencia	Superior
Alves-Fernandes et al. (2016)	Portugal	Historia	Historia	Secundaria
Lu et al. (2017)	Singapur	Educación especial	Educación especial	Primaria, Secundaria y Bachillerato (8 a 16 años)
Xiao et al. (2017)	Taiwán	Actividad física y deportes	Entrenamiento de peso	Superior
Butt et al. (2018)	Estados Unidos	Ciencias de la Salud	Educación de enfermería	Superior
Miranda y Gonçalves (2018)	Brasil	Ciencias	Ciencias	Primaria
Cao et al. (2019)	Estados Unidos	Ciencias	Exploración lunar	Superior
Forsyth (2022)	Canadá	Historia	Ciudades romanas	Superior
Akman y Cakir (2019)	Turquía	Matemáticas	Matemáticas	Primaria
Rai et al. (2019)	Singapur	Ciencias	Biología	Superior
Salovaara-Hiltunen et al. (2019)	Finlandia	Ciencias de la Salud	Atención médica aguda y resucitación	Posgrado
Bibic et al. (2019)	Reino Unido	Ciencias	Bioquímica	Bachillerato
Grivokostopoulou et al. (2019)	Grecia	Ciencias administrativas y sociales	Emprendimiento	Superior
Jones et al. (2019)	Canadá	Ciencias de la Salud	Cirugía de implante coclear	Posgrado
Su y Cheng (2019)	Taiwán	Ciencias	Ciencias	Superior
Chen (2020)	Taiwán	Tecnología	Multimedia Animación y aplicaciones	Superior
Jost et al. (2019)	Reino Unido	Matemáticas	Aritmética	Secundaria
Lyk et al. (2020)	Dinamarca	Ciencias de la Salud	Prevención de alcoholismo	Secundaria
Thompson et al. (2020)	Estados Unidos	Ciencias	Biología celular	Bachillerato
Du et al. (2020)	Taiwán	Ciencias de la Salud	Anatomía	Superior
Kozyar et al. (2020)	Ucrania	Lenguas	Competencias comunicativas	Superior
Shahmoradi et al. (2020)	Irán	Ciencias de la Salud	Fisioterapia	Superior
Tazouti et al. (2020)	Marruecos	Lenguas	Lengua	Primaria
Valenti et al. (2020)	Estados Unidos	Tecnología	Orientación estudiantil en tecnología	Superior
Wu et al. (2020)	Taiwán	Ciencias de la Salud	Segregación de desechos clínicos	Posgrado

Autor	País	Área del conocimiento	Contenido asociado	Nivel educativo
Araiza-Alba et al. (2021)	Australia	Matemáticas	Resolución de problemas	Primaria
Casañ-Pitarch y Gong (2021)	España	Lenguas	Lenguas	Superior
Flores-Gallegos et al. (2021)	México	Educación especial	Atención visual y rendimiento motor	Primaria
Safari et al. (2021)	Irán	Geografía	Geografía	Secundaria
Frevert y Di Fuccia (2021)	Alemania	Ciencias	Química	Superior
Hsiao y Su (2021)	Taiwán	Ciencias	Desarrollo sostenible	Primaria y Secundaria
Mansoori et al. (2021)	Irán	Ciencias de la Salud	Educación médica	Superior
Mouronte-López et al. (2021)	España	Ingeniería	Ingeniería y materias técnicas	Secundaria
Neroni et al. (2021)	Reino Unido	Ingeniería	Ingeniería y diseño cognitivo	Superior
Ou et al. (2021)	Taiwán	Ciencias	Educación ambiental	Superior
Udeozor et al. (2021)	Reino Unido	Ingeniería	Ingeniería química	Superior
Choi y Noh (2021)	Corea del Sur	Entrenamiento	Habilidades de conducción	Superior
Amprasi et al. (2022)	Grecia	Actividad física y deportes	Educación física y entrenamiento	Primaria
Capecchi et al. (2022)	Italia	Artes	Arquitectura y urbanismo	Secundaria
Al-Azawei et al. (2019)	Irak	Tecnología	Tecnología	Secundaria
Barbara (2022)	Malta	Historia	Patrimonio cultural	Secundaria
Chou et al. (2022)	Taiwán	Tecnología	Comunicación intergeneracional	Superior
Felix et al. (2023)	Brasil	Ciencias administrativas y sociales	Violencia doméstica	Superior
Mystakidis et al. (2022)	Grecia	Entrenamiento	Emergencias de incendios	Posgrado
Wang et al. (2022)	Taiwán	Ciencias administrativas y sociales	Aprendizaje intergeneracional	Superior
Wright et al. (2022)	Reino Unido	Ciencias	Geociencias	Superior
Xu y Dai (2022)	Corea del Sur	Entrenamiento	Seguridad en desastres naturales	Posgrado
Atta et al. (2022)	Egipto	Tecnología	Tecnología espacial	Primaria
Gayevska y Soroko (2022)	Ucrania	Lenguas	Idioma japonés	Superior
Li et al. (2022)	China	Ciencias administrativas y sociales	Educación a distancia	Superior
Lin et al. (2022)	Taiwán	Ciencias de la Salud	Fisioterapia	Superior
Agustini et al. (2023)	Indonesia	Historia	Historia prehistórica	Superior
Bishop et al. (2023)	Reino Unido	Ciencias administrativas y sociales	Psicología del comportamiento vial	Secundaria
Budianto et al. (2023)	Indonesia	Lenguas	Inglés	Superior

Autor	País	Área del conocimiento	Contenido asociado	Nivel educativo
Fernández et al. (2023)	Finlandia	Ciencias	Cambio climático	Superior
Lau et al. (2023)	Singapur	Ciencias de la Salud	Enfermería	Superior
Liaw et al. (2023)	Singapur	Ciencias de la Salud	Comunicación interprofesional en enfermería	Superior
Agbo et al. (2023a)	Nigeria	Tecnología	Pensamiento computacional	Superior
Agbo et al. (2023b)	Nigeria	Tecnología	Pensamiento computacional	Superior
González-Pérez y Mesías-Lema (2023)	España	Artes	Dibujo	Bachillerato
Jing et al. (2023)	China	Tecnología	Tecnología	Superior
Magta y Mahardika (2023)	Indonesia	Ciencias administrativas y sociales	Educación infantil (formación de maestros)	Superior
Maragkou et al. (2023)	Grecia	Ciencias	Educación en sismología	Superior
Pérez Rubio et al. (2023)	España	Ciencias de la Salud	RCP	Superior
Sobocinski et al. (2023)	Reino Unido	Matemáticas	Funciones exponenciales	Superior
Sunday et al. (2023)	Nigeria	Tecnología	Educación Informática	Superior
White et al. (2023)	Nueva Zelanda	Ciencias administrativas y sociales	Educación infantil (formación de maestros)	Superior
Sánchez-López et al. (2024)	México	Ciencias	Biotecnología	Superior
Syukur et al. (2024)	Indonesia	Artes	Música orquestal	Superior

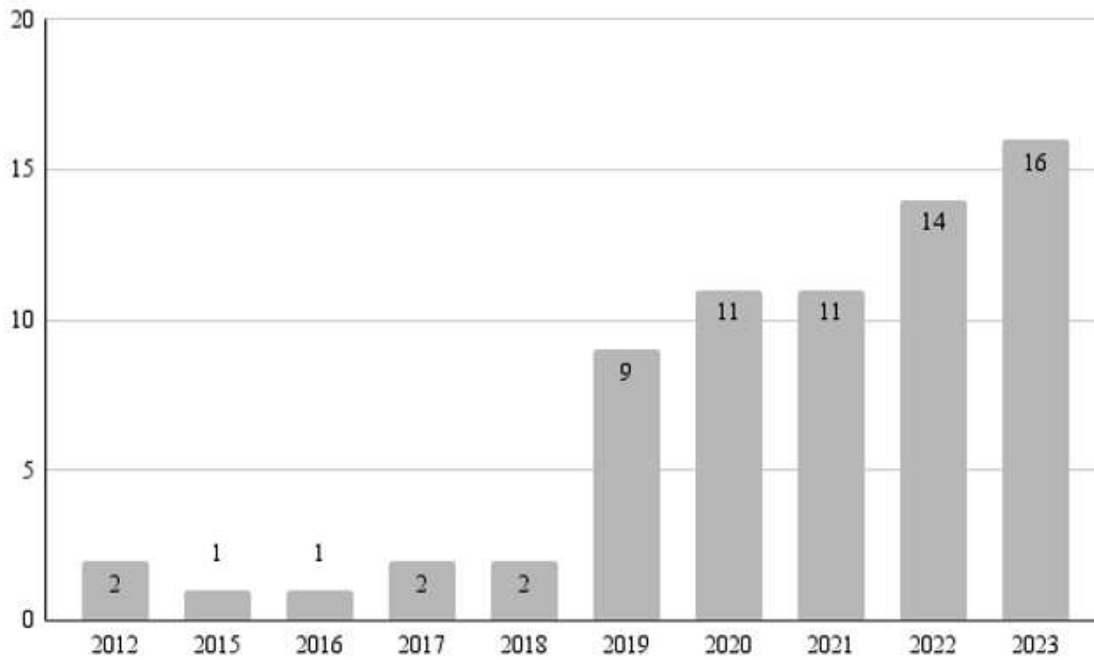
Nota. Resultados de la RSL.

3.6.1. ¿Cómo se distribuye la investigación sobre juegos educativos en VR en términos temporales y geográficos?

La RSL contempló un total de 71 estudios empíricos publicados entre los años 2012 y 2024. De acuerdo al análisis, entre 2012 y 2018, la producción científica fue limitada, con uno o dos estudios por año. A partir de 2019, el interés por el tema creció de manera sostenida, con picos de 14 estudios en 2022 y 16 en 2023. El registro correspondiente a 2024, que contempla únicamente estudios publicados hasta marzo, muestra solo dos investigaciones, por lo que aún no representa un cierre anual. La distribución temporal se presenta en la Figura 6.

Figura 6

Distribución temporal de la investigación sobre juegos educativos en VR.

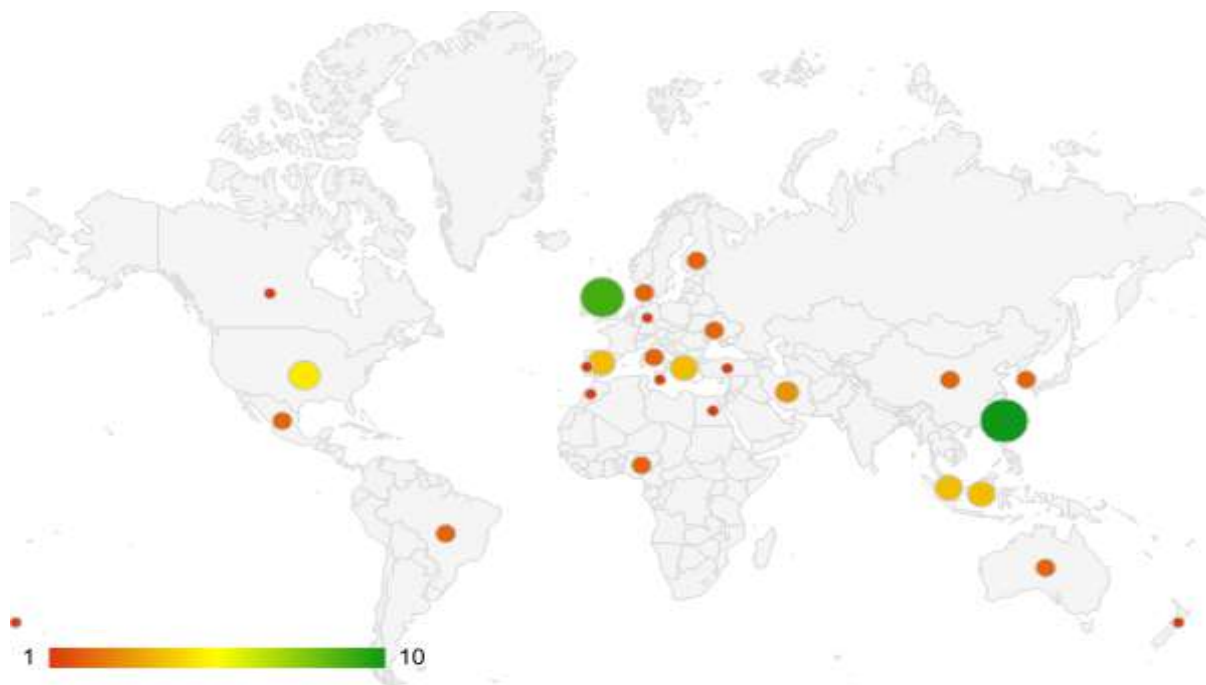


Nota. Resultados de la RSL.

Esta tendencia confirma que el uso de la VR en educación es un campo emergente, cuya consolidación ha ocurrido principalmente en el último quinquenio. En términos geográficos, Europa concentró el mayor número de estudios empíricos ($n = 26$), seguido de Asia ($n = 25$), América ($n = 10$), África ($n = 4$) y Oceanía ($n = 3$). En la Figura 7, se presenta un mapa con la distribución geográfica de producción científica asociada al uso de juegos educativos en VR.

Figura 7

Distribución geográfica de la investigación sobre juegos educativos en VR encontrada en Scopus y WoS.



Nota. Elaboración propia con base en los resultados de la RSL.

Se identificaron estudios en 27 países distintos; sin embargo, la mayoría se concentró en solo tres: Taiwán lideró con 10 investigaciones (por ejemplo, Du et al., 2020; Wang et al., 2022; Xiao et al., 2017), seguido muy de cerca por el Reino Unido con 9 (por ejemplo; Adefila et al., 2019; Bishop et al., 2023), y Estados Unidos con 5 (por ejemplo, Butt et al., 2018; Thompson et al., 2020; Valenti et al., 2020).

Otros países como México (Flores-Gallegos et al., 2021; Sánchez-López et al., 2024), Brasil, China, Ucrania, Italia, Finlandia, Dinamarca, Australia y Corea del Sur contribuyeron con dos estudios cada uno. Y se registró un estudio individual en naciones como Alemania, Portugal, Turquía, Canadá, Egipto, Marruecos, Nigeria, Nueva Zelanda y

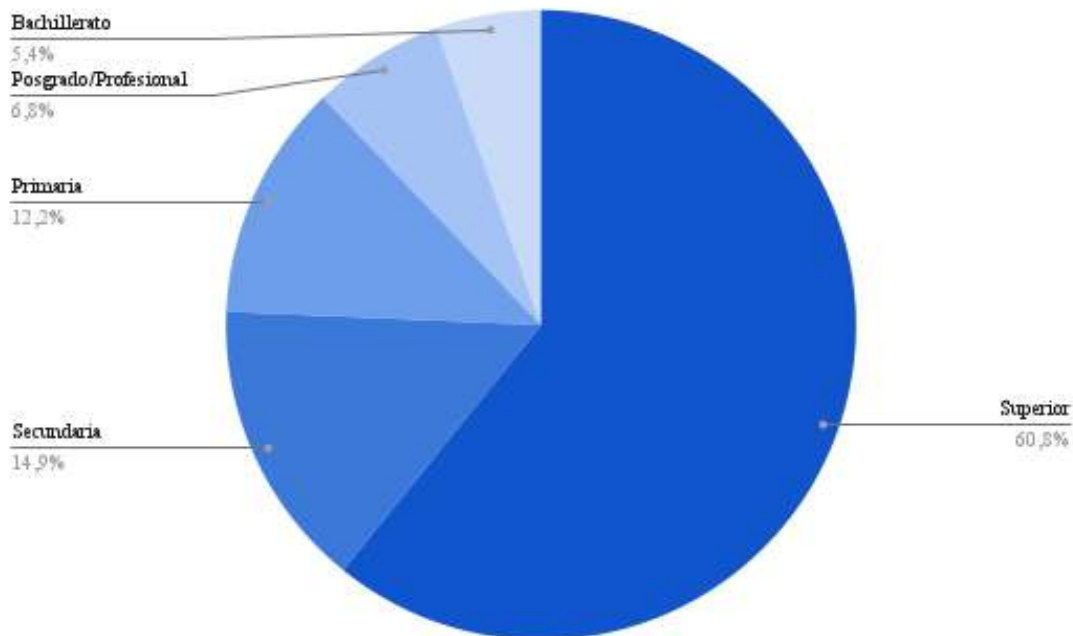
Malta.

3.6.2. ¿En qué áreas y niveles educativos se han implementado juegos VR?

Se identificaron aplicaciones en cinco niveles educativos: primaria, secundaria, bachillerato, superior y posgrado. La mayor concentración se observó en el nivel universitario, con 45 estudios, lo que representa el 60.8% del total. La Figura 8 muestra de manera visual esta distribución, la cual pone en evidencia una tendencia hacia el trabajo con poblaciones adultas en entornos especializados, y al mismo tiempo, evidencia la limitada atención que ha recibido el nivel básico obligatorio.

Figura 8

Implementación de juegos VR por nivel educativo.



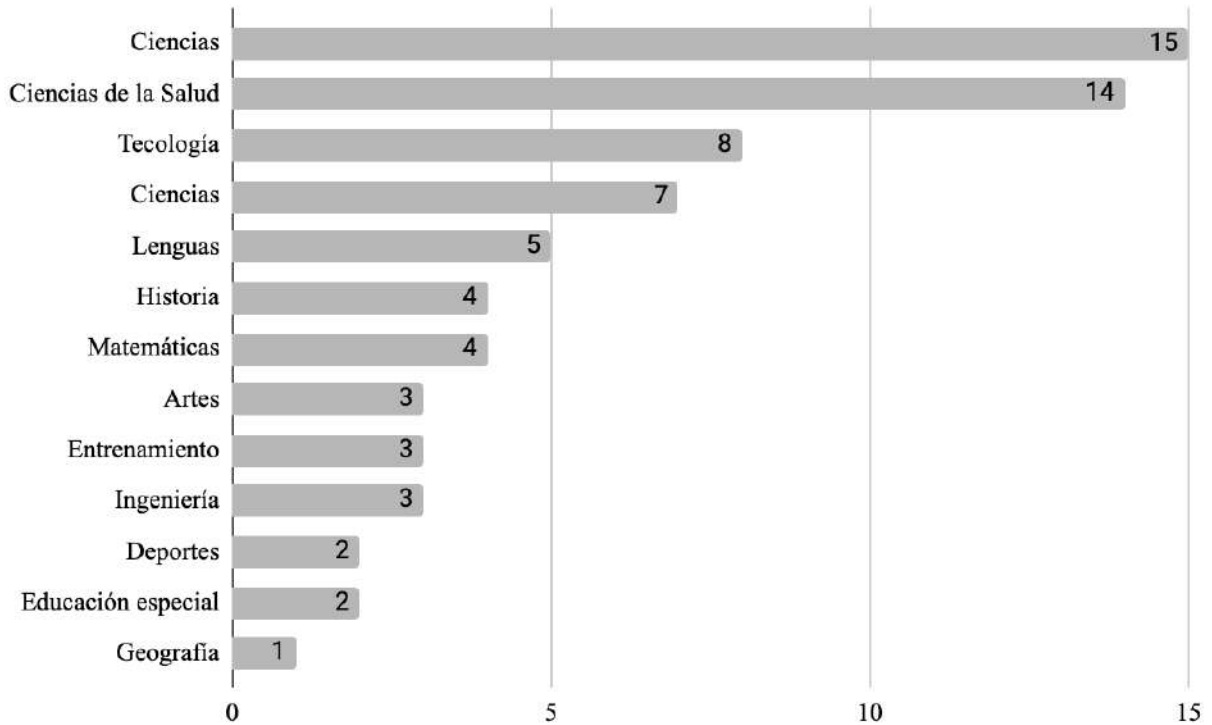
Nota. Elaboración propia con base en los resultados de la RSL.

Particularmente, en el nivel secundaria se identificaron 11 estudios que implementaron juegos educativos en VR. Los autores correspondientes a estos estudios fueron: Al-Azawei et al. (2019), Alves-Fernandes et al. (2016), Barbara (2022), Bishop et al. (2023), Capecchi et al. (2022), Jost et al. (2019), Lyk et al. (2020), Mouronte-López et al. (2021) y Safari et al. (2021). Asimismo, se identificaron dos investigaciones que incluyeron secundaria junto con otros niveles educativos: Hsiao y Su (2021) y Lu et al. (2017). De manera general, estos estudios se concentraron principalmente en países europeos, como Reino Unido, España, Italia, Portugal, Finlandia y Malta.

En relación con las áreas del conocimiento en las que se han implementado juegos educativos en VR, los estudios revisados evidencian una cobertura amplia, aunque con predominio en ciertas disciplinas. La mayor concentración de investigaciones se ubica en Ciencias Naturales, Ciencias de la Salud y Tecnología, mientras que áreas como Matemáticas, Historia, Lenguas, Artes, Ingeniería, Educación Especial, Geografía y Deportes presentan una participación menos frecuente. Esta distribución muestra que, si bien el campo ha avanzado hacia una diversificación temática, persisten vacíos en determinadas disciplinas, lo cual representa una oportunidad para ampliar las aplicaciones de la VR en contextos formativos menos explorados (véase Figura 9).

Figura 9

Distribución de estudios según área del conocimiento.



Nota. Elaboración propia con base en los resultados de la RSL.

En términos generales, los juegos educativos en VR, independientemente de la disciplina, convergen en la creación de experiencias interactivas e inmersivas que facilitan la comprensión de conceptos abstractos, la aplicación práctica del conocimiento y el desarrollo de habilidades específicas. En las Ciencias Naturales y de la Salud, se han utilizado principalmente para la visualización tridimensional de estructuras, procesos o fenómenos difíciles de observar directamente; en Tecnología y Matemáticas, han permitido la simulación de entornos experimentales y la resolución de problemas complejos mediante la manipulación de objetos virtuales; mientras que en áreas como Historia, Geografía y Artes, han favorecido la exploración contextualizada y el aprendizaje vivencial mediante la recreación de escenarios históricos o culturales. Estas aplicaciones comparten un mismo

principio pedagógico: el aprovechamiento de la inmersión y la interactividad de la VR para generar experiencias de aprendizaje activas, situadas y motivadoras.

3.6.3. ¿Qué tipos de inmersión han sido investigados en los estudios que han utilizado juegos en VR?

Los estudios revisados utilizaron diferentes dispositivos de VR, los cuales se clasificaron según el grado de inmersión que ofrecen al usuario: inmersiva, semi inmersiva o no inmersiva. Esta categorización consideró las características tecnológicas de cada dispositivo y el nivel de presencia e interacción que posibilitan dentro del entorno virtual.

La Tabla 8 presenta los dispositivos identificados, los cuales se organizaron de acuerdo con su grado de inmersión. Los resultados evidencian una predominancia de los sistemas inmersivos, utilizados en más de la mitad de las investigaciones (51.9%), seguidos de los semi inmersivos (14.3%) y los no inmersivos (5.2%), mientras que el 28.6% de los estudios no reportó el dispositivo empleado.

Tabla 8

Clasificación de los dispositivos de VR utilizados en investigaciones de la RSL, según su grado de inmersión.

Grado de inmersión	Dispositivo	Porcentaje de uso
Inmersivo 51.9%	HTC Vive	16.88%
	Oculus Rift DK2	14.28%
	Oculus Quest 1 o 2	9.09%
	Samsung Gear VR	9.09%
	PlayStation VR	2.59%
Semi inmersivo 14.3%	SDK STEM VR	1.29%
	CAVE	1.29%
	Kinect Motion Sensor	1.29%
	Wii Fit Balance Board	1.29%
No inmersivo	Simulador LapSim	1.29%

5.2%	Plataforma de entrenamiento	1.29%
	Sistema de proyección envolvente	1.29%
	Otro	1.29%
No especificado 28.6%	No especificado	28.57%

Nota. Elaboración propia con base en los resultados de la RSL.

Dentro de los dispositivos inmersivos, los más frecuentes fueron HTC Vive (16.88%), Oculus Rift DK2 (14.28%), Oculus Quest 1 o 2 (9.09%), Samsung Gear VR (9.09%) y PlayStation VR (2.59%). Estos equipos ofrecen experiencias altamente envolventes al permitir movimiento libre, controladores hápticos y sensores de seguimiento, lo que incrementa la sensación de presencia y la interacción directa con los objetos virtuales. En contraste, los sistemas semi inmersivos, como SDK STEM VR, CAVE, Kinect Motion Sensor y Wii Fit Balance Board, fueron empleados con menor frecuencia (1.29% cada uno), al igual que los no inmersivos.

La distribución observada revela una tendencia marcada hacia el uso de tecnologías de inmersión total, debido a su potencial para reproducir entornos tridimensionales con un alto grado de realismo. Estas configuraciones permiten experiencias más interactivas y participativas, lo que se ha asociado con mayores niveles de motivación, concentración y compromiso del estudiante (Makransky y Petersen, 2021; Radianti et al., 2020). En consecuencia, los resultados reflejan un interés sostenido por aprovechar el potencial pedagógico de los dispositivos inmersivos, al ser los que mejor representan la naturaleza multisensorial y participativa del aprendizaje mediado por VR.

3.6.4. ¿Qué beneficios asociados al uso de juegos educativos en VR se han identificado en la literatura especializada?

Uno de los beneficios más recurrentes es la mejora en la comprensión de conceptos abstractos o complejos. Al permitir visualizar, explorar e interactuar con los contenidos, los juegos en VR favorecen una mejor asimilación de temas como física, biología o anatomía (por ejemplo, Butt et al., 2018; Du et al., 2020; Wegener et al., 2012). También se reporta un incremento en la motivación y el compromiso de los estudiantes. La naturaleza inmersiva y lúdica de la experiencia promueve una participación activa, incluso en asignaturas o temáticas que previamente generaban desinterés (por ejemplo, Akman y Cakir, 2019; Forsyth, 2022; Rai et al., 2019).

Otra ventaja es la posibilidad de practicar habilidades técnicas en entornos seguros y controlados. Esto ha sido especialmente relevante en campos como la salud, donde los estudiantes pueden ensayar procedimientos médicos sin poner en riesgo a personas reales (por ejemplo, Oestergaard et al., 2012; Pérez Rubio et al., 2023; Wu et al., 2020). En varios estudios también se documenta un efecto positivo en la interacción colaborativa; al compartir espacios virtuales, los estudiantes pueden resolver problemas en conjunto, intercambiar ideas y desarrollar habilidades sociales en contextos simulados (por ejemplo, Cao et al., 2019; Agbo et al., 2023b).

Además, se destaca el uso de los juegos en VR para fortalecer habilidades emocionales e interpersonales, como la empatía y la toma de decisiones en situaciones complejas, al exponer a los usuarios a experiencias que requieren reflexionar y actuar desde una perspectiva humana o social (por ejemplo, Adefila et al., 2015; Chou et al., 2022; Felix et al., 2023). Finalmente, el juego en VR ha permitido el acceso a entornos y contenidos que, por sus características físicas, económicas o de riesgo, resultan difíciles de replicar en

aulas convencionales. Este tipo de acceso amplía las posibilidades educativas y favorece experiencias de aprendizaje más contextualizadas y significativas.

3.6.5. ¿Cuáles son los principales desafíos y limitaciones asociadas al uso de juegos educativos en VR identificados en la literatura especializada?

Entre los principales desafíos identificados, destaca la falta de adecuación de los contenidos a los programas escolares, lo que impide su integración efectiva en el currículo formal.

Autores como Oestergaard et al. (2012) y Wegener et al. (2012), destacan que esta desconexión entre la propuesta tecnológica y las necesidades educativas reales limita el aprovechamiento de la VR en contextos escolares. Además, una proporción importante de estudios no especifica con claridad el marco teórico desde el cual se diseña la intervención, lo que dificulta comprender los principios pedagógicos que orientan el uso de la VR en contextos escolares.

Asimismo, Salovaara-Hiltunen et al. (2019) mencionaron la limitación de recursos tecnológicos en muchas instituciones, lo cual restringe su implementación sistemática. Además, la escasa experiencia previa de estudiantes y docentes con el uso de estas tecnologías ha derivado en bajos niveles de familiarización, lo que significa que los procesos de adopción requieren estrategias pedagógicas más accesibles y acompañamiento formativo (Agbo et al., 2023b).

En lo metodológico, en su mayoría se identificaron muestras pequeñas, sin diseños experimentales robustos o sin incluir grupos de comparación, lo que limita la validez de los resultados. Esta situación resalta la necesidad de realizar estudios más rigurosos, que permitan evaluar con mayor precisión el efecto de los juegos educativos en VR. Otro

desafío documentado en la literatura se relaciona con las limitaciones fisiológicas que pueden experimentar los usuarios. Diversos estudios reportan mareo, fatiga visual y molestias derivadas del uso prolongado de visores de VR, lo cual condiciona la duración de las sesiones y la frecuencia con la que la tecnología puede incorporarse en el aula (Cipresso et al., 2018; Radianti et al., 2020).

En conjunto, los desafíos identificados evidencian que la incorporación de juegos educativos en VR no depende únicamente de la disponibilidad tecnológica, sino de un enfoque pedagógico sólido y una infraestructura institucional que garantice su sostenibilidad.

CAPÍTULO IV: MARCO EMPÍRICO

Los estudios presentados en este capítulo derivan de la Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) reportada en el Capítulo III. A partir de ese panorama, en este capítulo se analizan algunas investigaciones empíricas que documentan hallazgos vinculados al efecto en el aprendizaje y la motivación derivados del uso de juegos en VR. En un primer bloque se consideran las investigaciones que adoptan un enfoque STEM integrado en una misma propuesta; posteriormente, los estudios se presentan diferenciados por área disciplinar específica: Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Dado que solo se identificaron cuatro estudios en el nivel secundaria enfocados en STEM o en alguna de sus áreas, se decidió incluir también algunos estudios de otros niveles educativos cuyos hallazgos sirvieron de referencia.

4.1. Antecedentes empíricos en STEM

Sobre los referentes empíricos que abordan las áreas STEM mediante juegos educativos en VR en el nivel secundaria, se encuentra la investigación realizada por Silva-Díaz et al. (2021) en España, la cual resulta especialmente relevante debido a que los autores emplearon el mismo juego utilizado en la presente investigación. El estudio se desarrolló bajo un enfoque mixto y un diseño cuasiexperimental con pretest y postest, aplicado a un grupo de 17 estudiantes de secundaria con edades entre 12 y 13 años seleccionados por su interés en participar en la investigación y pertenecientes a un contexto socioeconómico vulnerable y multicultural. El propósito fue evaluar el efecto de una intervención basada en el uso del juego *STEM + VR*, combinada con actividades prácticas y manipulativas

orientadas al aprendizaje de contenidos de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, sobre las actitudes y percepciones de los estudiantes hacia dichas áreas.

La experiencia se estructuró en cuatro sesiones de 105 minutos desarrolladas durante las clases de Ciencias y Matemáticas. El pretest se aplicó antes de la intervención para identificar las actitudes y percepciones iniciales mediante una escala tipo Likert de actitudes hacia la Ciencia y las Matemáticas, así como una autoevaluación del aprendizaje por área STEM. Posteriormente, tras la implementación del juego y las actividades prácticas, se aplicó el posttest, que repitió las mismas mediciones para comparar los cambios y añadió una encuesta de satisfacción y entrevistas al docente. Esta estructura permitió analizar de manera integral los efectos de la intervención.

En cuanto a la autoevaluación del aprendizaje, los estudiantes reportaron percepciones positivas en todas las áreas STEM, con las mayores ganancias percibidas en Ingeniería, Ciencias y Tecnología, mientras que Matemáticas presentó menor incremento. En relación con las variables motivacionales, se registró una mejora significativa en las actitudes hacia la Ciencia ($p < 0.001$; $d = 0.535$, efecto medio), reflejada en el aumento del interés, la relevancia percibida y el compromiso con el aprendizaje. En contraste, las actitudes hacia las Matemáticas no mostraron cambios significativos ($p = 0.887$; $d = 0.070$, efecto pequeño), lo que los autores atribuyen a barreras afectivas previas como ansiedad o rechazo hacia la asignatura.

La satisfacción general con la intervención fue muy alta (9.9/10), y los materiales en VR fueron bien valorados (9.75/10), lo que confirma la aceptación del enfoque inmersivo y su capacidad para generar motivación e interés en contextos educativos vulnerables. Desde la perspectiva del docente, la experiencia fue considerada innovadora y altamente motivadora, aunque se señaló la necesidad de una mayor integración tecnológica en el

currículo formal.

En la misma línea y utilizando el mismo juego que Silva-Díaz et al. (2021), Mouronte-López et al. (2021) también llevaron a cabo un estudio cuasiexperimental en instituciones de educación secundaria de la Comunidad de Madrid, España, para examinar el efecto del juego sobre el interés, el aprendizaje y la motivación STEM, considerando las diferencias de género y enfocándose en las áreas de Ingeniería y Tecnología. La muestra estuvo integrada por 178 estudiantes (85 mujeres y 93 hombres) de primer y segundo grado de secundaria, con edades entre 12 y 15 años, seleccionados de forma no probabilística por conveniencia en centros con infraestructura tecnológica adecuada. La experiencia se aplicó una sola vez, a través de una sesión práctica de aproximadamente 20 minutos por grupo. Los estudiantes se organizaron en equipos de tres, rotando los roles de jugador y asistente para completar los bloques del juego.

La evaluación se basó en cuestionarios tipo Likert de cuatro puntos aplicados en pretest y posttest, orientados a medir interés por la disciplina, conocimiento percibido, utilidad e innovación, así como la intención de repetir la experiencia como indicador adicional de motivación. Los análisis se efectuaron mediante pruebas no paramétricas (*Wilcoxon-Mann-Whitney*, *Kruskal-Wallis* y correlaciones de *Spearman*), con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Los resultados revelaron altos niveles de aprendizaje percibido tras la intervención, donde el 59% de los estudiantes reportó aprendizaje en Ingeniería y el 76% en Tecnología. Más del 87% manifestó que repetiría la actividad, lo que refuerza la dimensión motivacional.

En cuanto a las diferencias de género, el interés por Ingeniería aumentó significativamente entre las estudiantes, reduciendo brechas iniciales de participación, mientras que en Tecnología el incremento fue mayor entre los varones. Estas diferencias

por área y género fueron estadísticamente significativas, lo que evidencia un efecto motivacional diferenciado según el campo STEM, asociado a la percepción de innovación y utilidad del entorno de VR.

Particularmente, estas investigaciones constituyen un antecedente relevante al haber incorporado el mismo juego en VR que se emplea en la presente investigación y en el mismo nivel educativo, lo que permite contar con referentes cercanos y con posibilidades de contraste respecto de los resultados alcanzados.

4.2. Antecedentes empíricos en Ciencias

Dada la escasez de referentes con enfoque STEM integrado y el interés por examinar si los efectos del uso de juegos en VR sobre el aprendizaje y la motivación varían según el área del conocimiento, se decidió iniciar el análisis con Ciencias. En esta área se concentra el mayor número de estudios identificados en la RSL: 15 de 71.

Particularmente, solo en uno de los 15 estudios en Ciencias participaron estudiantes de secundaria. Dicho estudio es el realizado por Hsiao y Su (2021), quienes trabajaron en primaria y secundaria con 303 estudiantes de tres escuelas públicas en Taiwán. Utilizaron un entorno en VR con historias animadas, formación conceptual y misiones, integrado a contenidos STEAM y de Educación para el Desarrollo Sostenible. El desarrollo del estudio se aplicó bajo condiciones experimentales controladas y fue de carácter iterativo, incorporando sucesivas fases de prueba con estudiantes, observación de la experiencia y mejoras técnicas derivadas de la retroalimentación. Los coeficientes β son estandarizados; valores más altos indican relaciones positivas más fuertes entre variables. En los resultados, la autoeficacia predijo el aprendizaje ($\beta = 0.304$), el componente de aprendizaje experiencial mostró una asociación aún mayor con el rendimiento ($\beta = 0.522$) y la

motivación también se vinculó con el aprendizaje ($\beta = 0.533$).

Asimismo, Hsiao y Su (2021) modelaron las relaciones entre autoeficacia, motivación y satisfacción. La autoeficacia se asoció con la motivación ($\beta = 0.260$) y con la satisfacción ($\beta = 0.270$), mientras que el aprendizaje experiencial mostró un vínculo aún más fuerte con la motivación ($\beta = 0.505$) y un efecto particularmente alto sobre la satisfacción ($\beta = 0.839$). A su vez, la motivación incidió en la satisfacción ($\beta = 0.444$). En conjunto, los resultados evidencian que la motivación actúa como un componente mediador entre la autoeficacia y la satisfacción, reforzando la relación positiva entre el aprendizaje experiencial y la percepción de logro en entornos de VR.

En la misma línea de investigación pero en distinto nivel educativo, Bibic et al. (2019) evaluaron en el Reino Unido el juego *Bug Off Pain*, diseñado para enseñar principios de bioquímica. Implementaron un diseño cuasiexperimental con grupo de control en 44 estudiantes con edades de 17 y 18 años asignados a dos condiciones: uso del juego en VR y visualización de videoclips explicativos. Ambos grupos completaron pretest y postest mediante una prueba de conocimientos. Los resultados mostraron una diferencia significativa en el desempeño final: el grupo que jugó en VR obtuvo un promedio de 8.69 puntos, mientras que el grupo que visualizó los videoclips alcanzó 5.77 puntos. Los análisis estadísticos (*ANOVA* y *Wilcoxon*) confirmaron que la diferencia fue estadísticamente significativa y con un tamaño del efecto muy grande.

Asimismo, Bibic et al. (2019) midieron indicadores motivacionales (interés, utilidad/valor percibido y satisfacción) mediante escalas tipo *Likert*, complementadas con la percepción de facilidad de uso y comprensión del contenido. La mayoría de los estudiantes calificó el juego como atractivo, comprensible y útil para aprender, y se observó un incremento en el interés por temas científicos.

En la misma línea de investigación, Thompson et al. (2020) realizaron un estudio con el propósito de evaluar el efecto del juego *Cellverse* en la comprensión de conceptos celulares por parte de estudiantes de bachillerato en Estados Unidos. La intervención se aplicó en dos escuelas urbanas caracterizadas por su diversidad. Participaron 154 estudiantes de entre 14 y 19 años, distribuidos en clases de Biología con distintos niveles y seleccionados por conveniencia. La investigación se centró en analizar cómo una experiencia inmersiva en VR podía influir en las concepciones mentales de las células, especialmente en dimensiones como la cantidad, el tamaño, la escala y la ubicación de los orgánulos. Para ello, se diseñó un estudio pre-post que combinó pruebas objetivas, entrevistas y análisis de dibujos realizados por los estudiantes antes y después de jugar. El juego *Cellverse* fue desarrollado como una experiencia de un solo jugador con mecánicas que requerían explorar orgánulos, diagnosticar células y comprender procesos clave como la síntesis de proteínas.

Participaron 154 estudiantes y 111 completaron todas las mediciones. La proporción de aciertos en “tamaño y escala” bajó de 0.50 a 0.28 después de jugar, mientras que el número de orgánulos, funciones, traducción y membrana no cambiaron entre pre y postest. En los dibujos, el total de orgánulos representados pasó de 430 a 536, con incrementos marcados en lisosomas (+38) y ribosomas (+28), y mayor detalle y variedad de formas. En el análisis por grupos, los estudiantes de niveles académicos más avanzados alcanzaron un desempeño promedio cercano al 46% de respuestas correctas, mientras que los de primer año lograron alrededor del 27%. Esta diferencia indica que el conocimiento previo sobre biología influyó de manera importante en la comprensión de los contenidos trabajados en VR. Además, los participantes con mayor experiencia en el uso de VR obtuvieron resultados ligeramente superiores, lo que refleja que la familiaridad tecnológica favorece la

adaptación a los entornos inmersivos y facilita la asimilación del contenido.

En dicho estudio se realizaron 95 mini-entrevistas para conocer la percepción de los estudiantes sobre la experiencia. En su mayoría, los estudiantes la describieron como interactiva (47 menciones), visual (39), realista e inmersiva (38), y señalaron sensación de presencia (111 menciones). El formato en tres dimensiones les permitió recorrer la célula y observar orgánulos de cerca, lo cual consideraron motivante; además, favoreció ideas más auténticas sobre el entorno celular. También aparecieron dificultades de navegación (29 menciones) y de adaptación a la VR (7 menciones).

Por su parte, Miranda y Gonçalves (2018) utilizaron estrategias activas con VR y realidad mixta en sexto de primaria en una escuela pública de Brasil. Participaron 17 estudiantes seleccionados por conveniencia y por el interés del docente en participar en la investigación. El diseño incluyó un diagnóstico de 25 ítems con 36.1% de aciertos en Ciencias. Tras la capacitación en el uso de herramientas como *Expedições* y *Discovery VR*, se implementó un torneo con desafíos en *Minecraft*, identificación de planetas en VR y una prueba de conocimientos de Ciencias mediante *Kahoot*. En la evaluación final, los aciertos en Ciencias aumentaron 35.3 puntos porcentuales, alcanzando más del 70% de respuestas correctas, lo que reflejó una mejora notable en la comprensión del contenido.

Los resultados cualitativos se obtuvieron mediante la observación participante y entrevistas a los estudiantes y se identificó un incremento en la participación, el entusiasmo y el compromiso de los estudiantes. Los autores destacaron que la VR y la realidad mixta promovieron un aprendizaje más activo y colaborativo, además de elevar la motivación hacia la asignatura. Asimismo, concluyeron que los juegos en VR fueron una herramienta eficaz para favorecer la comprensión conceptual y la implicación emocional en la enseñanza.

En un contexto diferente, pero también vinculado con contenidos científicos, Cao et al. (2019) desarrollaron una investigación en un laboratorio universitario de Estados Unidos. Su propósito fue comparar el efecto del uso de un juego serio a través de un grupo experimental y uno de control. Se buscó evaluar diferencias en el desempeño, en la usabilidad y en el compromiso de los participantes al interactuar con un juego en VR de la misión Apolo 16. Participaron 30 estudiantes de posgrado que decidieron por interés propio ser parte de la investigación (20 hombres y 10 mujeres, 20–42 años), en su mayoría con formación STEM, y asignados aleatoriamente a dos grupos: 15 en el grupo de control y 15 en el experimental.

El estudio comparó el desempeño de un grupo que utilizó un juego en VR con otro que realizó la tarea en computadora convencional. La actividad se dividió en tres fases: planificación (definir la ruta y objetivos de la misión), preparación (configurar el equipo y revisar los sistemas) y conducción (operar el vehículo lunar en el entorno simulado). En la fase de planificación, el grupo experimental realizó más intentos (8 frente a 5) y tardó el doble de tiempo que el grupo de control (3 minutos frente a 1.5 minutos), mostrando una mayor carga cognitiva inicial. En la preparación, ambos grupos tuvieron un número similar de intentos, aunque el tiempo fue ligeramente mayor en el experimental por la manipulación directa del entorno virtual. Durante la conducción, el grupo experimental registró más advertencias por sobrecalentamiento en el primer intento (6 frente a 3), diferencia que desapareció en el segundo ensayo.

Además, Cao et al. (2019) evaluaron el compromiso asociado a la actividad con el *Game Experience Questionnaire* y entrevistas. En los hallazgos se encontraron niveles más altos y significativos de participación e interés en el grupo experimental. Aunque hubo reportes de mareo en VR, las percepciones de inmersión y de involucramiento fueron

superiores en ese formato. Estos hallazgos muestran que, aunque la VR implica una carga cognitiva inicial más alta, favorece una experiencia más participativa y significativa en comparación con los entornos convencionales.

Otra investigación del área de Ciencias con hallazgos en aprendizaje y motivación es la realizada por Sánchez-López et al. (2024), este estudio es uno de los dos que se realizaron en México y que se incluyeron en la RSL. Participaron 39 estudiantes de biotecnología para evaluar el efecto de una experiencia inmersiva en VR sobre la comprensión de la espectroscopia infrarroja en un curso teórico sin prácticas de laboratorio. La intervención incluyó una clase introductoria con ejercicios de espectros IR, una sesión de VR basada en una herramienta previamente desarrollada, un cuestionario individual, una encuesta de satisfacción y un juego competitivo por equipos. En los resultados cuantitativos, quienes participaron en la experiencia VR alcanzaron 98.4% de aciertos en la prueba individual; sin embargo, al comparar su examen de medio curso con el de generaciones anteriores utilizadas como control, no aparecieron diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere un efecto de comprensión inmediata que no se tradujo en mejoras sostenidas en el rendimiento evaluado por examen.

Asimismo, Sánchez-López et al. (2024) reportaron valoraciones positivas en la encuesta de satisfacción y en el análisis cualitativo: el 84.6% de los estudiantes se sintió inmerso, 92.3% percibió que las actividades se vinculaban con situaciones de la vida real y 89.7% afirmó haberlas disfrutado; además, el 92.3% recomendaría la experiencia. También se identificó una diferencia estadísticamente significativa por género en la recomendación de la herramienta, con una proporción mayor de mujeres que la recomendarían ($p = 0.045$). Estos resultados apuntan a una alta aceptación del formato inmersivo y a su potencial para incrementar el interés y la conexión con los contenidos científicos.

En general, los resultados en Ciencias muestran que los juegos educativos en VR pueden mejorar el aprendizaje y aumentar la motivación de los estudiantes, además de fomentar una mayor participación, curiosidad y comprensión conceptual. Sin embargo, algunos estudios también advierten limitaciones relacionadas con la carga cognitiva inicial y la adaptación al entorno virtual, lo que sugiere la necesidad de acompañar estas experiencias con orientación pedagógica.

4.3. Antecedentes empíricos en Tecnología

En el área de Tecnología, los juegos educativos en VR han sido utilizados para facilitar la comprensión de sistemas técnicos complejos y promover habilidades computacionales. En la RSL se incluyeron 9 de 71 estudios cuyos contenidos centrales fueron tecnológicos; sin embargo, ninguno se desarrolló en el nivel secundaria. A pesar de ello, a continuación se presentan estudios que reportaron hallazgos relacionados con aprendizaje y motivación en Tecnología, los cuales fueron realizados en niveles educativos distintos a la secundaria.

Un referente pertinente es el estudio desarrollado por Atta et al. (2022) en Egipto, quienes llevaron a cabo una experiencia educativa basada en VR orientada a la enseñanza de conceptos tecnológicos. Participaron 100 estudiantes de quinto grado de primaria dentro del entorno denominado *VR NARSS Academy*. La propuesta permitió a los participantes explorar componentes tecnológicos en un entorno gamificado en primera persona. Se consideraron tres indicadores principales: *adquisición de conocimientos*, evaluada mediante una prueba aplicada antes y después de la intervención; *experiencia de usuario*, medida a través de percepciones sobre facilidad, utilidad e interés; y *desempeño dentro de la simulación*, con base en los logros alcanzados en las tareas.

Respecto al aprendizaje, los resultados mostraron una mejora significativa entre las

puntuaciones del pretest y el postest. En la prueba inicial, 63 de los 100 estudiantes no respondieron correctamente ningún ítem y 37 obtuvieron solo una o dos respuestas correctas. Tras la intervención, 92 estudiantes respondieron al menos tres ítems correctamente y 45 alcanzaron el puntaje máximo de cinco aciertos. El análisis de frecuencias reflejó que 30 estudiantes mejoraron su desempeño en un 50%, mientras que 80 registraron incrementos de entre 60% y 100% respecto a su desempeño inicial, lo que confirma un avance en la comprensión de los contenidos tras el uso del juego en VR.

Asimismo, se evaluó la percepción de los estudiantes con relación a la experiencia inmersiva. El 80% consideró que el experimento fue fácil de seguir, el 75% calificó la información como simple e interesante, el 67% no reportó problemas con el uso del visor VR, y un 90% expresó haber adquirido nuevos conocimientos. Finalmente, un 85% manifestó su deseo de repetir la actividad, lo cual refleja altos niveles de satisfacción y motivación.

Otro referente empírico con contenido en Tecnología, aunque situado en el nivel universitario, es el estudio de Agbo et al. (2023b), desarrollado en Nigeria con el propósito de fortalecer el pensamiento computacional mediante el uso de entornos inmersivos. Para ello, los autores diseñaron la aplicación *iThinkSmart VR*, integrada por tres mini juegos centrados en lógica, secuencias y resolución de problemas. Participaron 47 estudiantes universitarios de Informática seleccionados intencionalmente por su inscripción en un curso de programación introductorio. Los estudiantes fueron divididos en dos grupos: un grupo experimental ($n = 21$) que utilizó la aplicación en VR mediante visores *Google Cardboard*, y un grupo de control ($n = 26$) que trabajó los mismos contenidos a través de actividades tradicionales apoyadas con *Kahoot*, una plataforma en línea de cuestionarios y retos de opción múltiple utilizada para promover el repaso y la evaluación formativa.

El aprendizaje se evaluó mediante el *Computational Thinking Test*, un instrumento diseñado para medir habilidades de pensamiento computacional como descomposición de problemas, identificación de patrones, abstracción y formulación de algoritmos. La prueba se aplicó antes y después de la intervención para ambos grupos. En los resultados, el grupo con VR alcanzó una media posttest de 8.81, mientras que el grupo de control obtuvo 6.96, diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$). El tamaño del efecto ($d = 0.74$) indicó una magnitud moderada-alta, lo que sugiere un impacto sustancial en el desarrollo de habilidades de razonamiento lógico y resolución de problemas.

Asimismo, Agbo et al. (2023b) registraron ventajas motivacionales para el grupo experimental: el interés por aprender fue mayor, con una media de 4.46 frente a 4.03 en el control, y la actitud positiva alcanzó 4.42 frente a 3.92; ambas diferencias resultaron significativas. En las respuestas abiertas, las y los participantes describieron la experiencia como motivadora y útil, aunque señalaron aspectos a mejorar en navegación, diseño visual y velocidad de respuesta de la aplicación, elementos clave para sostener el compromiso.

Otro estudio en el área de Tecnología es el realizado por Sunday et al. (2023), quienes evaluaron la usabilidad del juego educativo *Imikode VR*, diseñado para facilitar el aprendizaje de programación orientada a objetos, con 103 estudiantes de primer año de Informática en Nigeria. Los participantes, de entre 16 y 20 años, fueron seleccionados por conveniencia y contaban con conocimientos básicos de computación. Durante una semana, utilizaron la aplicación mediante visores *Google Cardboard* para aprender conceptos de programación y posteriormente respondieron el cuestionario USE (*Usefulness, Satisfaction, Ease of Use, Ease of Learning*), que incluye 30 ítems con escala Likert de siete puntos y mide utilidad percibida, facilidad de uso, facilidad de aprendizaje y satisfacción.

El análisis de los resultados mostró una puntuación global de usabilidad de 90.94

puntos en una escala armonizada de 0 a 100, lo que refleja una aceptación muy alta y la percepción de que el juego fue útil, comprensible y accesible para el aprendizaje. En la regresión múltiple aplicada para explicar la satisfacción de los usuarios, la utilidad percibida tuvo un efecto positivo y estadísticamente significativo con un valor t de 2.72, y la facilidad de aprendizaje presentó el efecto más fuerte con un valor t de 7.07 también significativo. En contraste, la facilidad de uso no tuvo un efecto estadísticamente significativo, con un valor t de 1.1. En conjunto, el modelo explicó el 70.1% de la variabilidad en la satisfacción, lo que indica que los estudiantes se sintieron más satisfechos cuando percibieron que el juego era útil y sencillo de aprender a utilizar.

En conjunto, los estudios en Tecnología muestran que los juegos educativos en VR contribuyen a mejorar la comprensión de conceptos técnicos y el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional, al tiempo que generan altos niveles de satisfacción y motivación entre los participantes. No obstante, también se identifican áreas de mejora relacionadas con el diseño visual, la navegación y la velocidad de respuesta de las aplicaciones, aspectos que resultan determinantes para sostener la atención y favorecer aprendizajes significativos en este tipo de entornos.

4.4. Antecedentes empíricos en Ingeniería

En el área de Ingeniería, aunque la evidencia empírica es limitada, se han identificado estudios que exploran el potencial de la VR para fortalecer habilidades propias del diseño y la resolución de problemas. En la RSL solo se encontraron dos investigaciones en esta disciplina, ninguna en nivel secundaria y sin reportes directos sobre aprendizaje o motivación. Aun así, el siguiente estudio ofrece evidencia sobre el uso de la VR para analizar procesos de diseño y pensamiento ingenieril.

En nivel universitario, Neroni et al. (2021) analizaron cómo la VR puede emplearse para observar procesos cognitivos de diseño utilizando el juego *Fantastic Contraption*. Participaron dos grupos: estudiantes interesados en diseño y profesionales de una consultora de ingeniería de producto, todos los participantes se seleccionaron por conveniencia. Ambos siguieron la misma secuencia de trabajo y, durante las sesiones, se grabaron las interacciones de los participantes, tanto la pantalla del entorno virtual como sus expresiones y comentarios verbales, y se almacenaron los modelos tridimensionales generados dentro del juego. Esto permitió analizar paso a paso el proceso de diseño, las decisiones tomadas y los cambios realizados en cada intento.

En la primera sesión, los participantes diseñaron, ensamblaron y probaron diversas soluciones, con un registro de entre 27 y 44 ideas iniciales. El grupo de estudiantes logró dos soluciones funcionales en siete intentos, mientras que los ingenieros no alcanzaron una solución exitosa en las 17 pruebas realizadas. En la segunda fase, ambos grupos redujeron el número de componentes y mostraron mayor eficiencia y comprensión del entorno virtual, lo que permitió resolver los desafíos con menos recursos.

En cuanto a la experiencia del usuario, la satisfacción promedio fue de 4.83 sobre 5 en los estudiantes y 3.83 sobre 5 en los ingenieros, quienes destacaron el valor del VR como herramienta para idear y prototipar de manera rápida e interactiva. El estudio demostró que los juegos educativos en VR pueden facilitar la exploración creativa y el aprendizaje práctico en contextos de diseño y resolución de problemas.

Aunque se trata de una experiencia aislada, el estudio evidencia que el juego en VR puede servir como un entorno experimental para observar cómo se construye el pensamiento ingenieril en situaciones de diseño. Si bien no aborda directamente el aprendizaje o la motivación, aporta indicios sobre el valor de esta tecnología para promover

la exploración, la creatividad y la toma de decisiones en contextos técnicos.

4.5. Antecedentes empíricos en Matemáticas

Se identificaron 4 de 71 estudios en los que se utilizaron juegos educativos en VR para abordar contenidos de Matemáticas. Entre ellos, uno se desarrolló en el nivel de secundaria y fue realizado por Jost et al. (2019), con el propósito de analizar los efectos del uso de entornos en VR sobre la carga cognitiva y la motivación durante el aprendizaje de aritmética mental. Participaron 60 estudiantes de entre 12 y 14 años, seleccionados de dos escuelas secundarias públicas que representaban contextos socioeconómicos distintos, y asignados aleatoriamente a tres condiciones experimentales, cada una con una modalidad de interacción diferente dentro del mismo juego educativo.

El primer grupo utilizó una versión del juego con interacción en VR, en la que los estudiantes resolvían operaciones aritméticas lanzando una pelota virtual hacia la opción que consideraban correcta. Este tipo de interacción requería movimientos corporales reales y una coordinación visual-motriz dentro del entorno inmersivo. El segundo grupo trabajó con una versión de VR similar en contenido, pero controlada mediante dispositivos manuales, de modo que la selección de respuestas se realizaba presionando botones en lugar de lanzar la pelota. Finalmente, el tercer grupo participó en una versión bidimensional del mismo juego, presentada en una tableta, donde las respuestas se elegían tocando directamente la pantalla. Las actividades incluían operaciones básicas de aritmética, y se registraron aciertos, errores, lanzamientos fallidos, tiempos de respuesta, dificultad percibida y niveles de motivación.

Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre modalidades: el grupo con interacción en VR obtuvo una media de 170 puntos, el grupo

con controladores alcanzó 223, y el grupo con tableta 300, lo que indica un mejor rendimiento fuera del entorno inmersivo. En cuanto a la precisión, los porcentajes de respuestas correctas fueron de 59.6%, 74.8% y 77.9%, respectivamente, y los errores fueron más frecuentes en los entornos de VR (24.6% frente a 6.9% en tableta). La dificultad percibida también fue mayor y significativa en VR, con 31.6 puntos frente a 15.0 en tableta. En relación con la motivación, los tres grupos calificaron la experiencia como divertida y expresaron disposición y deseo de repetirla, con puntuaciones promedio superiores a 6 en una escala de 7 puntos.

Aunque el entorno VR fue percibido como más desafiante y menos atractivo visualmente, mantuvo un alto nivel de involucramiento. En conjunto, los autores concluyeron que la interacción en VR incrementa la carga cognitiva sin mejorar el rendimiento, pero favorece la motivación y el compromiso, lo que refuerza su potencial como recurso lúdico y complementario en la enseñanza de las matemáticas. Asimismo, dado que el contenido y las tareas fueron idénticos, los resultados indican que la complejidad del control y la coordinación motora en VR afectaron negativamente el desempeño.

Otro estudio del área de Matemáticas, aunque en un nivel educativo distinto, fue realizado por Araiza-Alba et al. (2021). Su propósito consistió en comparar el aprendizaje y la práctica de habilidades de resolución de problemas entre tres modalidades del mismo juego: una aplicación para tableta, un juego de mesa y una experiencia inmersiva en VR. Participaron 120 niños de entre 7 y 9 años, distribuidos aleatoriamente en tres grupos, uno por modalidad de aplicación. La selección de los estudiantes fue por conveniencia y facilidad para la realización del estudio. Cada grupo trabajó con una versión distinta del *River Crossing Game*, un clásico juego matemático que plantea el reto lógico de ayudar a

un agricultor a cruzar un río junto con un lobo, una cabra y una col, evitando que alguno sea devorado.

En la condición con VR, los niños asumieron el rol del agricultor e interactuaron directamente con los objetos dentro del entorno inmersivo. En la versión para tableta, las acciones se realizaban mediante controles táctiles, y en la versión de mesa, los participantes manipulaban físicamente las piezas. La intervención se desarrolló en cuatro fases: una fase de calentamiento para familiarizar a los participantes con la dinámica del juego; una fase de resolución del problema; una fase de distracción para reducir posibles efectos de memoria; y finalmente, una fase de transferencia del aprendizaje, orientada a evaluar la aplicación del conocimiento a una situación nueva.

La variable principal fue el desempeño en la resolución del problema. Se registró si los niños lograban resolverlo, cuántos movimientos requerían y cuánto tardaban en desistir. En la modalidad VR, 77.5% de los participantes lo resolvieron con éxito, frente a 32.5% en la condición de tableta y 30% en el grupo de juego de mesa. Estas diferencias fueron confirmadas mediante análisis estadísticos que demostraron significancia. Además, los niños que usaron VR necesitaron menos movimientos para completar la tarea, lo que sugiere una comprensión más eficiente de la solución.

Asimismo, Araiza-Alba et al. (2021) analizaron el nivel de disfrute y compromiso a través de cuestionarios validados, los niños que usaron VR reportaron mayor interés y satisfacción en comparación con las otras dos condiciones. La experiencia inmersiva propició un ambiente más motivador, lo que fortaleció el vínculo emocional con la tarea. Por último, se evaluó la transferencia del aprendizaje hacia una situación física y se encontró que los niños entrenados con VR utilizaron menos movimientos al resolver el mismo problema en formato de juego de mesa, en comparación con quienes habían sido

entrenados inicialmente con ese formato. Aunque no hubo diferencia significativa entre los grupos de VR y tableta en esta fase, el grupo VR mantuvo mejores resultados generales.

En conjunto, ambos estudios muestran que los juegos educativos en VR promueven una mayor implicación y motivación hacia las matemáticas, incluso cuando el desempeño no siempre supera al observado en modalidades no inmersivas. Tanto en adolescentes como en niños, la interacción con entornos virtuales favoreció la disposición para resolver problemas, el disfrute de la actividad y una actitud positiva hacia los desafíos numéricos y lógicos. No obstante, los resultados también indican que la demanda cognitiva y motora de la VR puede afectar la precisión y la eficiencia en tareas de cálculo o razonamiento, especialmente cuando el control requiere coordinación física adicional. En síntesis, las evidencias sugieren que el juego en VR no garantiza un mejor desempeño matemático por sí mismo, pero sí potencia el interés, la concentración y la persistencia frente a tareas desafiantes, elementos fundamentales para el aprendizaje y la motivación.

CAPÍTULO V:

MARCO NORMATIVO Y CONTEXTUAL

El presente capítulo expone los fundamentos normativos y las condiciones estructurales que sustentan la incorporación de tecnologías educativas en la enseñanza de las áreas STEM en el nivel de secundaria. Su propósito es establecer el contexto institucional y material en el que se inscribe esta investigación. En una primera parte, se revisan los marcos internacionales, nacionales y estatales que promueven el desarrollo del pensamiento científico, tecnológico y matemático en la educación básica, así como las disposiciones legales que respaldan la adopción de metodologías activas vinculadas al enfoque STEM. Posteriormente, se presentan indicadores educativos y de infraestructura tecnológica que permiten describir las condiciones actuales del sistema educativo mexicano y valorar la factibilidad de aplicar recursos digitales en contextos escolares reales.

5.1. Normativa asociada con el enfoque STEM para la educación mexicana

En el plano internacional, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible establece como prioridad garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad a lo largo de la vida. En particular, la meta 4.1 busca asegurar que todos los jóvenes completen la enseñanza secundaria con aprendizajes relevantes y efectivos que les permitan desarrollarse plenamente y participar activamente en la sociedad (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015).

En México, en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF, 2021), se publicó el Decreto por el que se reforma el diverso por el que se crea el Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, a través del cual la Secretaría de Economía

asumió la coordinación de los trabajos vinculados con la instrumentación y seguimiento de los objetivos de dicha Agenda. De forma complementaria, la CEPAL (2022) ha planteado la necesidad de transformar la educación mediante propuestas innovadoras que fortalezcan el pensamiento científico, lógico y creativo desde etapas tempranas. En este contexto, los enfoques integradores como STEM se reconocen como una respuesta a los retos contemporáneos del desarrollo social, tecnológico y laboral.

En México, el artículo 3º de la *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos* reconoce el derecho a recibir una educación de excelencia, entendida como un proceso integral orientado al máximo logro de los aprendizajes. Por su parte, la Ley General de Educación (DOF, 2019) establece entre los fines del sistema educativo el desarrollo de habilidades científicas, pensamiento crítico, resolución de problemas y alfabetización digital, principios que convergen con los fundamentos del enfoque STEM. Con base en esta legislación, la SEP implementó el modelo de la Nueva Escuela Mexicana (SEP, 2022c), cuyo plan de estudios organiza los aprendizajes en campos formativos y ejes articuladores, promoviendo el trabajo por proyectos y la vinculación de los contenidos con la vida cotidiana y la comunidad.

A nivel estatal, la Ley de Educación del Estado de Baja California (2021) establece que la educación secundaria debe favorecer el desarrollo integral de los estudiantes y prepararlos para la vida académica o profesional. Asimismo, el Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2022–2027 incorpora como prioridades el fortalecimiento del pensamiento crítico, el aprendizaje significativo y la innovación pedagógica (Gobierno del Estado de Baja California, 2022).

Por otra parte, la *Guía metodológica para el trabajo con proyectos* (SEP, 2022c) recomienda que los proyectos escolares se diseñen desde el contexto del estudiante y

promuevan la exploración, la creatividad y el trabajo colaborativo. En la misma línea, el documento *Sugerencias metodológicas para el desarrollo de proyectos educativos* (SEP, 2022c) reconoce explícitamente el enfoque STEAM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas) como una metodología que impulsa la indagación científica, el pensamiento computacional y la resolución de problemas reales mediante proyectos interdisciplinarios. En este marco, la tecnología se define como la aplicación del conocimiento científico para atender necesidades sociales, y se promueve su integración en los procesos pedagógicos.

Finalmente, la *Visión STEM para México* (AP STEM, 2019) establece que una educación con este enfoque debe desarrollar competencias científicas y tecnológicas, fomentar la ética y la sostenibilidad, e integrar la Ciencia y la Tecnología al servicio del desarrollo humano y de los contextos locales. Este documento subraya la importancia de que las experiencias escolares sean interdisciplinarias, creativas y vinculadas con los problemas reales del entorno.

5.2. Normatividad sobre la implementación de tecnología en educación secundaria en México

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible establece que los sistemas educativos deben asegurar el acceso equitativo a infraestructuras digitales y favorecer que todos los estudiantes adquieran competencias tecnológicas relevantes para su desarrollo personal y laboral (ONU, 2015). Este mandato internacional se articula con la Ley General de Educación (2019), que reconoce la alfabetización digital y la incorporación de tecnologías de la información, comunicación, conocimiento y aprendizaje digital como fines del

sistema educativo (DOF, 2019).

En el ámbito nacional, el Acuerdo número 20/11/19, publicado en el DOF (2019), regula el uso de materiales y recursos educativos digitales en educación básica y media superior, y establece que las herramientas tecnológicas deben diversificar las experiencias de aprendizaje y fortalecer el acceso a conocimientos actualizados. De manera complementaria, la Agenda Digital Educativa (SEP, 2020) plantea una estrategia integral para garantizar conectividad, equipamiento y capacitación docente, con la finalidad de cerrar la brecha digital y promover entornos de aprendizaje mediados por recursos tecnológicos. En el plano estatal, la Ley de Educación del Estado de Baja California (Congreso del Estado de Baja California, 2020) establece la obligación de equipar los planteles educativos con infraestructura tecnológica pertinente y de promover la capacitación docente para su integración pedagógica.

Asimismo, el Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2022–2027 constituye un instrumento normativo de planeación que incorpora la tecnología educativa como eje estratégico dentro del rubro de Ciencia, Tecnología e Innovación Educativa. Este documento oficial establece la obligación de reducir la brecha digital y consolidar el uso pedagógico de recursos tecnológicos en todos los niveles escolares. En particular, reconoce la alianza con *Google* que permitió dotar a docentes y estudiantes de cuentas institucionales y herramientas digitales, fundamentales para dar continuidad a las clases durante la pandemia de COVID-19. Al mismo tiempo, advierte sobre la necesidad de capacitar al magisterio y garantizar el acceso equitativo a dispositivos tecnológicos. De manera explícita, el plan dispone que la transición hacia modelos educativos innovadores requiere la implementación de plataformas digitales, conectividad universal e infraestructura especializada que asegure el uso cotidiano de la tecnología en la enseñanza presencial y a

distancia (Gobierno del Estado de Baja California, 2022).

Si bien en México no existe una normativa específica que regule el uso de la VR en educación, las políticas vigentes reconocen de manera explícita la incorporación de tecnologías digitales en los procesos formativos. En este sentido, la VR se concibe como una tecnología que se inscribe dentro de las disposiciones nacionales e internacionales orientadas a reducir la brecha digital, fortalecer las competencias científicas y tecnológicas, y promover entornos de aprendizaje innovadores.

5.3. Características de la educación secundaria en México

La educación secundaria constituye el último tramo de la educación básica obligatoria en México y representa un punto de inflexión en la trayectoria educativa de las y los jóvenes. Este nivel educativo se cursa, generalmente, entre los 12 y 15 años de edad y tiene como propósito consolidar los aprendizajes fundamentales, fortalecer habilidades para la vida y preparar a los estudiantes para la educación media superior (SEP, 2022b).

De acuerdo con la SEP (2023b), el nivel secundaria se organiza en cuatro campos formativos: (1) Lenguajes; (2) Saberes y pensamiento científico; (3) Ética, naturaleza y sociedades; y (4) De lo humano a lo comunitario. Las asignaturas que se imparten en esta fase incluyen Matemáticas, Biología, Física, Química, Tecnología, Lengua materna, Inglés, Historia, Geografía, Educación socioemocional, Educación Física y Artes. De manera particular, el campo *Saberes y pensamiento científico* busca desarrollar en el estudiante la capacidad de analizar fenómenos naturales, argumentar con base en evidencias, y aplicar el pensamiento lógico y matemático para resolver problemas relevantes en su contexto. Dicho campo incluye las asignaturas de Matemáticas, Física, Química, Biología y Tecnología.

Para entender cómo se articula la educación secundaria dentro del marco general de

la educación básica, resulta útil observar la estructura completa del *Plan de Estudios 2022*. Este se organiza a partir de seis fases formativas que inician desde la educación inicial y culminan en secundaria, y se complementan con campos formativos comunes a todas las fases y ejes articuladores transversales. En la Figura 10 se sintetiza esta organización curricular y muestra cómo el nivel secundaria se inserta dentro de un modelo educativo integral, progresivo y situado.

Figura 10

Componentes del Plan de Estudios Mexicano de 2022.



Nota. Elaboración propia con base en SEP (2022b).

En el campo formativo *Saberes y pensamiento científico*, se espera que los estudiantes desarrollen el razonamiento lógico-matemático para que sean capaces de comprender y explicar fenómenos y procesos naturales. A continuación, se exponen sus objetivos según la SEP (2022b), los cuales, de manera general buscan que los estudiantes

logren:

- I. Explicar procesos naturales por medio de la indagación, la interpretación, la experimentación, la sistematización, la representación y argumentación con modelos.
- II. Reconocer y utilizar diferentes métodos para la construcción de conocimientos o resolución de problemas.
- III. Tomar decisiones orientadas al bienestar individual, familiar y comunitario.
- IV. Practicar relaciones sociales igualitarias e interculturales que contribuyan al cuidado del medio ambiente y a la transformación de la comunidad.
- V. Acercarse a los conocimientos científicos y tecnológicos tomando en cuenta que son resultado de actividades humanas interdependientes desarrolladas en un contexto específico, que están en constante cambio y que se emplean según las características y necesidades de la sociedad.
- VI. Apropiarse y utilizar el lenguaje científico y técnico como medio de comunicación oral, escrita, gráfica y digital.

Además, la SEP (2022b) expone que los docentes de dicho campo formativo deben trabajar de manera colegiada para enseñar los contenidos a través de situaciones problemáticas. Por tanto, se propone el uso de actividades encaminadas a la búsqueda de soluciones al experimentar, describir, registrar y formalizar interpretaciones de fenómenos y, a su vez, utilizar y desarrollar el pensamiento geométrico, algebraico, variacional, estadístico y funcional.

5.4. Indicadores asociados a la educación secundaria en México

Durante el ciclo escolar 2022–2023, la matrícula total de secundaria en México fue de 6,085,149 estudiantes. De este total, el 87.1% asistió a escuelas públicas. La tasa neta de escolarización fue de 86.8%, aunque este valor varía entre entidades federativas. Por ejemplo, en Chiapas fue de 76.8%, mientras que en la Ciudad de México alcanzó el 93.6%. Particularmente, en Baja California, la tasa fue de 89.9%, lo que ubica a la entidad por encima del promedio nacional. Esta disparidad territorial refleja diferencias estructurales en las oportunidades educativas. Asimismo, la tasa de egreso oportuno nacional fue de 86.3%, lo que implica que una proporción significativa de estudiantes no concluye este nivel en el tiempo previsto, un fenómeno que puede estar vinculado a rezagos académicos, factores socioeconómicos o abandono escolar (SEP, 2024).

El *Atlas de los Servicios Educativos* (SEP, 2023) complementa lo anterior con indicadores obtenidos durante el ciclo escolar 2021-2022: abandono escolar 2.5%, reprobación 2.2% y eficiencia terminal 92.9%. Estos valores reflejan un sistema con cobertura amplia, aunque aún enfrenta retos relacionados con la permanencia y el logro académico. En Baja California, los indicadores educativos de secundaria muestran una cobertura total y niveles sostenidos de retención escolar. La cobertura estatal fue de 100.8% y la tasa neta de escolarización de 88.2%. La tasa de abandono escolar se mantuvo en 1.7%, inferior al promedio nacional, mientras que la reprobación alcanzó 9.5%, considerablemente superior al promedio nacional. La eficiencia terminal fue de 94.1%, lo que sugiere que la mayoría de los estudiantes concluye el nivel en el tiempo esperado, aunque persisten desafíos asociados al rendimiento académico y al fortalecimiento de las competencias en áreas científicas y matemáticas.

En lo que respecta a la planta docente, el promedio nacional de estudiantes por docente en secundaria pública fue de 13.4, aunque esta cifra presenta variaciones entre entidades federativas. Aun con una relación aparentemente favorable, se señala una distribución desigual del personal especializado, particularmente en áreas científicas, lo cual condiciona la posibilidad de desarrollar proyectos interdisciplinarios robustos. Finalmente, se advierte que la pandemia de COVID-19 generó un efecto diferenciado en secundaria. Aunque el nivel mostró un menor abandono escolar que otros, sí evidenció dificultades para mantener la continuidad del aprendizaje, especialmente en comunidades con acceso limitado a conectividad, dispositivos y materiales adecuados (SEP, 2024).

5.5. Indicadores sobre infraestructura tecnológica y equipamiento escolar en México

El acceso a infraestructura tecnológica constituye un componente indispensable para valorar la posibilidad de incorporar herramientas digitales en el sistema educativo. La información estadística más reciente de la SEP (2024) ofrece un panorama general sobre la disponibilidad de equipamiento y servicios tecnológicos en los planteles públicos del país (ver Tabla 9).

Tabla 9

Indicadores de infraestructura tecnológica y equipamiento educativo en educación básica (ciclo escolar 2023-2024).

Indicador	Característica	Valor nacional
Computadora	Escuelas que reportan contar con al menos una computadora para actividades educativas o administrativas.	54.4%
Conexión a internet	Escuelas que informan tener conexión a internet dentro del plantel, mediante red fija o inalámbrica.	46.9%
Electricidad	Escuelas con servicio eléctrico funcional.	95.9%

Aula de medios	Escuelas con espacios equipados con computadoras o dispositivos digitales destinados al uso educativo.	81.8%
Laboratorio de Ciencias	Espacios destinados a la enseñanza experimental de asignaturas científicas, con equipamiento básico.	78.3%

Fuente. SEP (2024).

Los datos reflejan que, aunque la mayoría de las escuelas de educación básica dispone de energía eléctrica, la cobertura de equipamiento y conectividad digital continúa siendo limitada. Menos de la mitad de los planteles cuenta con acceso a internet y solo poco más del 54% dispone de computadoras para uso educativo o administrativo, lo que restringe la implementación de estrategias didácticas sustentadas en recursos digitales. La presencia de aulas de medios y laboratorios de ciencias muestra avances relevantes, aunque su distribución es desigual entre zonas urbanas y rurales, lo que amplía las brechas de acceso a la tecnología.

Al comparar los indicadores por entidad, se observan contrastes significativos. Estados como Nuevo León, Ciudad de México y Baja California Sur concentran los porcentajes más altos de conectividad, superando el 70% de escuelas con acceso a internet, mientras que entidades del sur del país, como Chiapas, Guerrero y Oaxaca, registran niveles por debajo del 30%. Una tendencia similar se presenta en la disponibilidad de computadoras, con coberturas superiores al 75% en los estados del norte frente a valores cercanos al 40% en regiones del sureste. Estas diferencias reflejan una brecha territorial persistente en el acceso a recursos tecnológicos escolares, asociada a factores de infraestructura, financiamiento y localización geográfica.

En términos generales, la información muestra que los estados del norte y del centro del país presentan mejores condiciones para la integración de tecnologías educativas, mientras que en las regiones del sur persisten rezagos que limitan la equidad digital. En el

caso de Baja California, los indicadores de equipamiento y conectividad se ubican por encima del promedio nacional. De acuerdo con el *Atlas de los Servicios Educativos* (SEP, 2023) más del 67% de las escuelas de educación básica reportaron disponer de computadoras y el 63.5% contaban con acceso a internet. Asimismo, el 81.5% de los planteles reportó contar con un aula de medios funcional y el 78% laboratorio de Ciencias.

Según el CONEVAL (2024), la infraestructura tecnológica forma parte de la dimensión de *disponibilidad* del derecho a la educación, entendida como la existencia y suficiencia de medios materiales que garanticen procesos de enseñanza efectivos. En este marco, la carencia de conectividad, equipamiento digital o mantenimiento adecuado de los recursos tecnológicos en las secundarias públicas constituye una limitación estructural en torno al uso de tecnología educativa.

5.6. Cierre del capítulo

El marco normativo y contextual confirma que la educación secundaria mexicana atraviesa una etapa de transición hacia modelos más integradores e interdisciplinarios, en los que la tecnología ocupa un papel central para fortalecer el aprendizaje y la motivación estudiantil en las áreas STEM. Las políticas nacionales y estatales reconocen la necesidad de formar jóvenes con pensamiento científico y competencias digitales, aunque los indicadores de infraestructura evidencian que las posibilidades reales de hacerlo varían según las condiciones del entorno escolar.

Comprender esta distancia entre los lineamientos normativos y las condiciones materiales permite dimensionar el alcance de las innovaciones tecnológicas en la práctica educativa. En este contexto, la presente investigación se ubica en el punto de encuentro

entre ambos planos: un marco legal que impulsa la transformación educativa y un escenario operativo que aún enfrenta limitaciones estructurales. Analizar el uso de juegos educativos en VR dentro de este marco representa una oportunidad para observar cómo la política educativa puede traducirse en experiencias de aprendizaje que favorezcan la comprensión científica, la participación activa y el interés por el aprendizaje STEM.

CAPÍTULO VI:

MÉTODO

En este capítulo se presenta el método general de la investigación y las decisiones adoptadas para su implementación. Se expone el diseño metodológico, el contexto de aplicación, la selección general de los participantes, la selección y características específicas del juego educativo en VR empleado; así como las consideraciones éticas que se siguieron para salvaguardar la privacidad y seguridad de los participantes y datos. El propósito de este capítulo es ofrecer una visión integral de cómo se organizó y desarrolló el proceso investigativo en su conjunto. Cabe señalar que en los capítulos siete, ocho y nueve, se profundiza en cada estudio empírico con el fin de detallar sus procedimientos específicos y presentar sus resultados.

6.1. Diseño metodológico

La investigación se desarrolló bajo un diseño mixto concurrente de triangulación con alcance explicativo, lo cual permitió integrar tanto métodos cuantitativos como cualitativos para obtener una visión amplia y complementaria del fenómeno educativo analizado. Este diseño tuvo como propósito enriquecer la comprensión global del problema, validar la consistencia de los hallazgos y generar una interpretación más profunda de los datos (Creswell, 2008; Pereira, 2011). De acuerdo con Creswell (2008), esta integración permite obtener mediciones objetivas a través de instrumentos estandarizados, así como interpretar las experiencias de los estudiantes mediante técnicas cualitativas.

Se integraron datos cuantitativos obtenidos mediante pruebas aplicadas antes y después de la intervención con el juego en VR; además, se incorporaron datos cualitativos

derivados de entrevistas. Ambas fuentes de información se recopilaron y analizaron de manera paralela. La integración final de los hallazgos se realizó al comparar los resultados estadísticos con las percepciones expresadas por los estudiantes, lo que permitió comprender con mayor profundidad los efectos del uso del juego en VR sobre su aprendizaje y motivación STEM.

La estrategia metodológica se organizó en tres estudios empíricos:

(1) un estudio cualitativo con el objetivo de explorar las percepciones de los estudiantes del grupo experimental respecto a su experiencia previa en relación con su aprendizaje y motivación STEM.

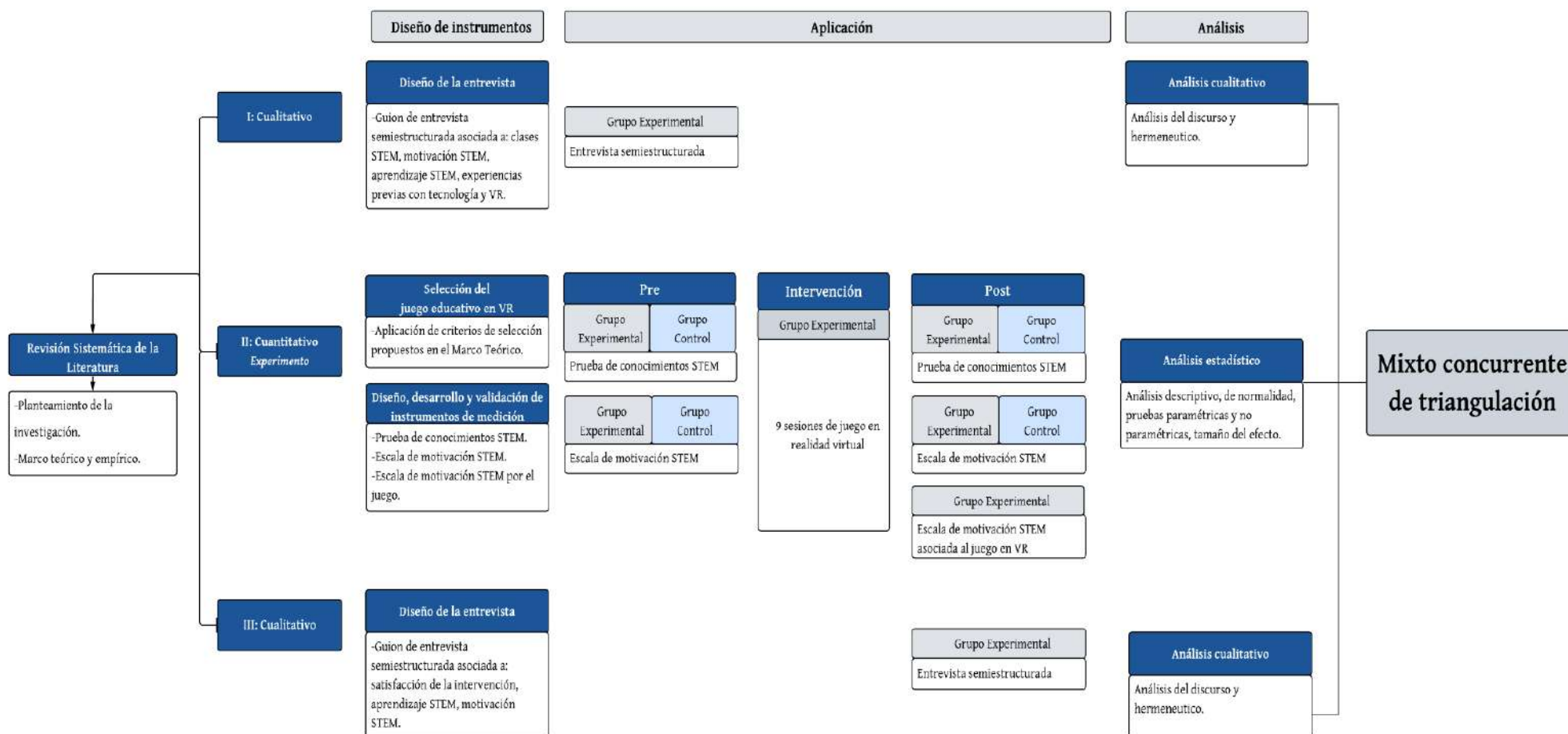
(2) un experimento con el objetivo de comparar el nivel de aprendizaje y motivación STEM entre estudiantes del grupo experimental y del grupo de control, antes y después de la intervención con el juego en VR.

(3) un segundo estudio cualitativo con el objetivo de explorar las percepciones de los estudiantes del grupo experimental respecto a su experiencia con el juego en VR, considerando los cambios percibidos en su aprendizaje y motivación STEM.

La Figura 11 muestra el diseño metodológico general de la investigación, estructurado en tres estudios empíricos. El diagrama también presenta las fases de Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), selección del juego en VR, diseño y validación de instrumentos y los procesos de análisis cualitativo y estadístico, integrados mediante una estrategia de triangulación concurrente.

Figura 11

Diseño metodológico de la investigación.



Nota. Elaboración propia.

6.2. Selección y descripción del centro escolar

Los tres estudios se realizaron en una secundaria pública ubicada en la zona urbana del municipio de Ensenada, Baja California. La elección del centro escolar respondió a criterios de viabilidad operativa, infraestructura disponible y disposición institucional para colaborar con el proyecto de investigación.

Con el apoyo del responsable del Departamento de Educación Secundaria de Ensenada, Baja California, se gestionó el acceso al centro escolar donde se desarrolló la investigación. Para ello, se llevó a cabo una reunión en la que se presentaron los objetivos y alcances y se obtuvo la autorización formal para su implementación en una secundaria pública de la ciudad. Durante el encuentro se acordó que la institución seleccionada debía contar con un aula amplia que permitiera la instalación de los dispositivos de VR y la aplicación de pruebas, disponer de conexión estable a internet, así como con personal académico y administrativo dispuesto a colaborar en la organización de las actividades.

Posteriormente, el responsable del Departamento de Educación Secundaria de Ensenada propuso una secundaria pública que reunía las condiciones establecidas y reflejaba la diversidad social de la ciudad, al contar con estudiantes provenientes de distintos contextos socioeconómicos y zonas urbanas. Esta institución, ubicada en la zona centro de Ensenada, aceptó participar y formalizó su colaboración para el desarrollo de la investigación.

Acto seguido, se llevó a cabo una reunión con el equipo directivo de la secundaria, así como con el encargado del Departamento de Secundarias de Ensenada. En este encuentro, se definieron los lineamientos para la implementación del estudio, se acordó el cronograma de actividades y se obtuvo la autorización formal para llevar a cabo la investigación dentro de sus instalaciones. Estos acuerdos se realizaron en julio-agosto de

2024. Inicialmente, se acordó iniciar el trabajo de campo a inicios de septiembre de 2024, pero, por cuestiones de remodelación de la institución, se reagendó la fecha de inicio para noviembre del mismo año.

La primera semana de noviembre de 2024 se visitó la institución y se sostuvo una reunión con el equipo docente de la escuela, en la cual se presentaron los objetivos y proyecciones del proyecto. Asimismo, se solicitó su colaboración y comprensión ante las actividades previstas, especialmente en los momentos en que los estudiantes fueran convocados dentro del horario escolar. Esta reunión permitió generar acuerdos y asegurar un ambiente favorable para el desarrollo de las actividades planteadas, respetando el funcionamiento cotidiano de la escuela. Asimismo, se recorrieron las instalaciones con el fin de buscar el espacio ideal para realizar la investigación.

Sobre las características de la institución, la secundaria pública en cuestión, se encuentra ubicada en la zona centro de Ensenada, Baja California, atiende a estudiantes de entre 11 y 16 años y cuenta con una matrícula aproximada de 360 estudiantes, los cuales están distribuidos en 12 grupos entre los tres grados académicos: 4 grupos de primer grado, 4 de segundo y 4 de tercero. Cada grupo cuenta con un promedio de 30 estudiantes.

La infraestructura de la institución incluye aulas regulares equipadas con mesabancos y pintarrones; dos explanadas para actividades deportivas y culturales; dos laboratorios de informática con aproximadamente 30 computadoras cada uno; un laboratorio de ciencias; un aula de medios audiovisuales; y un auditorio equipado con proyector, butacas y escenario. También dispone de una biblioteca, así como de un espacio

al aire libre con mesas y bancas. Además, las instalaciones tienen baños, oficinas administrativas y otras áreas destinadas al funcionamiento escolar.

La investigación se desarrolló en la biblioteca del plantel, la cual cuenta con un espacio amplio, proyector, conexiones de electricidad, mesas de trabajo, y sillas para los estudiantes. El proyector dispone de sonido integrado y está instalado de forma fija frente a una pared blanca, lo que garantiza una proyección amplia y nítida. Asimismo, dispone de un cable HDMI instalado de forma permanente y de una mesa auxiliar que facilita la conexión del equipo de VR y los dispositivos necesarios. La biblioteca tiene capacidad para alrededor de 40 estudiantes, lo que permitió organizar con eficiencia las actividades y distribuir el equipo de VR durante las sesiones.

El espacio también está equipado con dos redes Wi-Fi: una de uso general y otra de mayor velocidad exclusiva para la biblioteca. Además, cuenta con cortinas que bloquean la luz exterior y optimizan la visibilidad durante las proyecciones. El sistema de iluminación es flexible, ya que permite apagar la luz de solo una sección para mejorar la proyección, mientras la otra permanece encendida en caso de ser necesaria. La biblioteca alberga un acervo bibliográfico variado y está bajo la supervisión de un bibliotecario, quien se encarga de su mantenimiento y del apoyo logístico necesario para el correcto desarrollo de las actividades. Los directivos de esta institución han gestionado recursos federales para la mejora de las instalaciones, lo que refleja un interés continuo en el fortalecimiento de la infraestructura educativa. La Figura 12 muestra imágenes representativas del espacio donde se llevó a cabo la investigación.

Figura 12

Infraestructura y condiciones del espacio utilizado para la investigación.



Nota. Elaboración propia.

6.3. Selección y descripción de los participantes de la investigación

Para llevar a cabo la selección de los participantes, la institución proporcionó un listado con los 113 estudiantes matriculados en tercer grado, con edades entre 13 y 15 años. Se decidió seleccionar a 66 estudiantes, dicho número fue definido considerando la disponibilidad de dispositivos de VR y el tiempo programado para la intervención.

Los estudiantes participantes de la investigación fueron seleccionados mediante un proceso de muestreo aleatorio simple, con el fin de garantizar la equivalencia en la conformación de los grupos. De esta manera, se integraron 33 estudiantes en el grupo experimental y 33 en el grupo de control.

El lunes 4 de noviembre de 2024, se llevó a cabo una reunión informativa en la biblioteca de la institución con la presencia de la subdirectora, en la que participaron 28 madres, padres, tutoras y tutores. En dicha sesión se presentó el proyecto, se resolvieron dudas y se realizó una demostración con un juego en VR.

Previo a la realización del experimento, se entregó un consentimiento informado a padres, madres, tutoras y tutores, donde se explicaba el propósito de la investigación, las actividades contempladas, los posibles beneficios y riesgos, así como los derechos de los estudiantes. El documento también incluyó una cláusula sobre el uso de imágenes con fines académicos y garantizó la confidencialidad de los datos. Solo se permitió la participación de los estudiantes que entregaron el consentimiento firmado adecuadamente.

De los 66 estudiantes seleccionados inicialmente, 62 entregaron el consentimiento debidamente firmado: 33 del grupo experimental y 29 del grupo de control; es decir, de los 66 estudiantes solo 4 no entregaron el consentimiento, por lo tanto no participaron. Estos estudiantes no proporcionaron información sobre cuáles fueron las razones de que sus padres, madres, tutoras o tutores, no hayan firmado el consentimiento informado.

Para garantizar la equivalencia entre ambos grupos, se analizaron sus promedios académicos acumulados de primer y segundo grado de secundaria. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de los datos, dicha prueba se recomienda para muestras pequeñas. Los resultados mostraron que el promedio de calificaciones de los estudiantes del grupo de control siguió una distribución normal ($p = 0.654$), mientras que los del grupo experimental no presentaron normalidad ($p < 0.001$). Debido a esta diferencia de distribución de los datos, se consideró el uso de pruebas estadísticas no paramétricas para comparar los promedios de ambos grupos. Específicamente, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para la comparación de dos muestras independientes. La significancia asintótica arrojó que no había diferencia significativa entre ambos grupos en función del promedio ($p = 0.142$).

Asimismo, se comparó la distribución de sexo entre los grupos, se utilizó la prueba de Chi-cuadrado de independencia, ya que se trataba de evaluar la posible asociación entre

dos variables categóricas: grupo asignado (experimental o control) y sexo (hombre o mujer). Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas entre ambos grupos ($Chi-cuadrado = 0.243, p = 0.622$), lo que indica que la proporción de hombres y mujeres en cada grupo fue similar. Asimismo, la prueba exacta de Fisher ($p = 0.799$) confirmó esta equivalencia. Dado que no se encontraron sesgos en la distribución de género, se consideró que ambos grupos fueron equivalentes en función a su promedio y al sexo.

Ambos grupos incluyeron estudiantes de los salones 3A, 3B, 3C y 3D. En el grupo experimental participaron 18 mujeres y 15 hombres, mientras que en el grupo de control hubo 14 mujeres y 15 hombres. El promedio general de calificaciones fue similar entre los grupos: 8.3 para el grupo experimental y 8.4 para el grupo de control.

En cada uno de los tres estudios desarrollados en esta investigación participaron los mismos estudiantes pertenecientes a la muestra previamente descrita. No obstante, el número y las características específicas de los participantes cambian en función de los objetivos particulares y el tipo de análisis contemplado para cada estudio.

6.4. Selección y descripción del juego educativo en VR utilizado en la investigación

Para la selección del juego educativo en VR a utilizar en la investigación, se llevó a cabo la búsqueda de distintos juegos desarrollados con objetivos educativos y asociados a las áreas STEM. La búsqueda inicial no siguió una metodología específica; se realizó mediante la exploración de diversas plataformas que ofrecen juegos de VR.

Durante esta etapa se identificaron diversas limitaciones y obstáculos para determinar con certeza cuándo un juego en VR posee potencial para su implementación educativa. Por tanto, se establecieron los criterios de selección presentados previamente en el Marco Teórico, los cuales integran las aportaciones de Agustini et al. (2023), Morales

(2009), Ouariachi et al. (2017) y Sousa et al. (2021), junto con las necesidades específicas de la presente investigación.

Dichos criterios se dividen en seis dimensiones: (1) compatibilidad y acceso; (2) adecuación a la población objetivo; (3) calidad del juego; (4) pedagogía y didáctica del juego; (5) experiencia en VR; y (6) usabilidad. Dichos criterios fueron clasificados: esenciales y específicos, según los objetivos de la investigación, y se convirtieron en una lista de cotejo, diseñada para registrar y verificar la presencia o ausencia de elementos, características o atributos relevantes en cada juego. La aplicación de esta lista se realizó en dos etapas descritas en los siguientes subapartados.

6.4.1. Etapa 1: Evaluación de criterios esenciales para la selección del juego educativo en VR

Primeramente, se realizó un filtro inicial mediante la evaluación de criterios esenciales para la selección de un juego educativo en VR. Estos seis criterios definieron los requisitos mínimos que debía cumplir un juego para ser considerado viable dentro del contexto de la investigación. Solo aquellos juegos que cumplieron con todos los criterios esenciales avanzaron a la segunda etapa. Los criterios esenciales que se utilizaron y su descripción aplicada en esta investigación se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10

Criterios esenciales teóricos y su importancia para la selección del juego educativo en VR.

Criterio esencial	Aplicación en esta investigación
(1) El lenguaje del juego es comprensible y adecuado para el público al que está dirigido.	(1) Se seleccionaron juegos que estuvieran disponibles en idioma español.
(2) El contenido del juego se relaciona directamente con el tema o propósito educativo que se busca abordar.	(2) Se eligieron juegos con contenidos relacionados con Ciencias, Tecnología, Ingeniería y/o Matemáticas.
(3) El diseño y los retos del juego se ajustan a las características, edad y nivel cognitivo del público destinatario.	(3) Se seleccionaron juegos dirigidos a estudiantes de nivel secundaria o adecuados para un público entre 12 y 15 años.
(4) Los retos del juego corresponden al nivel de dominio, habilidades y conocimientos esperados en el grupo objetivo.	(4) Se priorizaron juegos con un nivel de dificultad equilibrado y progresivo, adecuado a las capacidades cognitivas de estudiantes de secundaria, que permitiera mantener un equilibrio entre la dificultad y el aburrimiento.
(5) El juego es compatible con el sistema y equipo VR disponibles.	(5) Se consideraron únicamente juegos compatibles con Oculus Quest 2, PlayStation VR o dispositivos con costo no mayor a 600 dólares.
(6) El juego está disponible para su uso de manera gratuita o su costo es apropiado para el presupuesto dirigido a su implementación.	(6) No se descartaron juegos por su precio de lista.

Nota. Elaboración propia.

Para la identificación de los juegos que cumplieran los criterios anteriores, se realizó una exploración en distintas tiendas digitales y plataformas de videojuegos, entre los sitios revisados se incluyeron las tiendas de *Meta*, *PlayStation*, *Steam*, *Google* y *Apple*. Además, se realizó una búsqueda general en la web. Durante esta búsqueda, se analizaron diferentes opciones y se aplicaron los criterios esenciales establecidos, conservando únicamente aquellos juegos que los cumplían.

Los juegos que cumplieron con lo esencial fueron: *STEM + VR*, *Math World*, *VR Math*, *Titans of Space*, *Heromask* y *National Geographic Explore VR*. El juego *STEM + VR* es un software educativo desarrollado por la Fundación 3M en España, cuyo objetivo es

fomentar vocaciones científicas en estudiantes de secundaria. Este juego incluye cuatro módulos, uno para cada área STEM. Cada módulo propone retos gamificados, guiados por un personaje virtual llamado Pi. Requiere consola PlayStation 4 o 5, sistema PlayStation VR, tres controles y un sistema de proyección. Es gratuito y está diseñado específicamente para educación secundaria.

Por su parte, el juego *Math World* es un juego disponible en *App Lab de Meta* y también compatible con *PlayStation VR*. Está enfocado en el desarrollo de habilidades aritméticas mediante minijuegos interactivos, como lanzar dados, disparar flechas o reventar globos para resolver operaciones matemáticas. Se encuentra acreditado como un recurso educativo STEM y está dirigido a estudiantes de todas las edades, aunque su diseño es especialmente funcional para nivel secundaria. Es gratuito y compatible con visores *Oculus Quest 2*.

Asimismo, *VR Math* es una aplicación disponible en *Google Play*, diseñada para abordar temas de geometría, permite la visualización de figuras tridimensionales, la medición de ángulos y el análisis de superficies. Su diseño permite la conexión simultánea de toda una clase desde dispositivos móviles, lo que facilita su implementación en aulas que no cuentan con sistemas de VR avanzados. Su uso es gratuito y está dirigido a nivel secundaria. Compatible con *Oculus Quest 2* y *Google Cardboard*.

Titans of Space es una experiencia educativa que ofrece un recorrido guiado por una representación tridimensional del sistema solar. El usuario puede explorar planetas, lunas y sus características, apoyado por una narración científica que fortalece la comprensión del universo. Es una experiencia semi-inmersiva compatible con visores *Oculus Quest*, disponible en plataformas como *Meta Store*. Tiene un costo bajo y está dirigida a público general, pero resulta útil en clases de física o ciencias naturales de nivel secundaria.

Por su parte, *Heromask* es un dispositivo de VR que incluye experiencias para el aprendizaje de matemáticas e idiomas. El juego *Heromask Mathematics* permite practicar cálculo mental mediante retos visuales y dinámicos, como disparar a respuestas correctas con un visor colocado en la cabeza. Aunque su diseño está orientado a niveles básicos, su facilidad de uso y su carácter motivador permiten adaptarlo para estudiantes de primeros grados de secundaria. Requiere la adquisición del dispositivo físico, aunque muchas de sus aplicaciones educativas son de libre acceso.

Por último, *National Geographic Explore VR* es una experiencia inmersiva desarrollada para *Oculus Quest*, que permite al usuario embarcarse en expediciones científicas virtuales a escenarios emblemáticos del planeta, como la Antártida o el Templo de Machu Picchu. Durante la experiencia, los estudiantes asumen el rol de exploradores y científicos, realizando tareas como tomar fotografías de fauna salvaje o recopilar datos ambientales. Esta experiencia fomenta el pensamiento científico, la curiosidad y el conocimiento del entorno natural, por lo que resulta altamente pertinente para el área de Ciencias. Está disponible en la *Meta Store*, tiene un costo accesible y está dirigida a jóvenes a partir de los 12 años.

6.4.2. Etapa 2: Evaluación de los criterios específicos para la selección del juego educativo en VR

Una vez identificados los juegos que cumplieron con los criterios esenciales, se procedió a realizar una evaluación con base en los 17 criterios específicos. Esta etapa tuvo como finalidad asignar un puntaje que respaldara la selección del juego en VR. La evaluación se realizó mediante un sistema binario, asignando un punto (1) si el criterio se cumplió y cero (0) si no se cumplió.

Para aplicar este sistema se siguió el siguiente procedimiento: primero, se revisaron las características técnicas del juego a partir de la información proporcionada por los desarrolladores, la literatura especializada y los materiales audiovisuales disponibles en internet. Posteriormente, dos egresados universitarios con experiencia en videojuegos jugaron el título seleccionado junto con la investigadora. Durante esta prueba práctica se discutió cada criterio y, mediante consenso, se decidió la puntuación final de cada uno.

En la Tabla 11, se presenta la evaluación de dichos juegos, en función de los criterios específicos, la suma final determinó la selección del juego a utilizar en esta investigación.

Tabla 11

Evaluación de juegos en VR con contenidos asociados a STEM.

Criterio específico para la selección del juego en VR	STEM + VR	Math World	VR Math	Titans of Space	Hero mask	National Geographic Explore VR
1 El contenido temático está alineado con el currículo.	1	0	0	1	0	0
2 Tiene una estructura clara y coherente que incluye elementos del juego: por ejemplo, narrativa, reglas definidas, retos, rutas alternativas, oportunidades múltiples para realizar tareas, posibilidad de colaboración, niveles, logros y tiempos establecidos.	1	1	0	0	0	1
3 Incluye información o documentos que orientan sobre la forma de planificar y organizar la implementación del juego para la enseñanza.	0	0	0	0	0	0
4 Ofrece información al usuario sobre su desempeño durante el juego y sobre la forma de mejorarlo.	0	0	0	0	0	0
5 Ofrece elementos que permiten evaluar el desempeño del usuario en relación con las tareas propuestas.	1	1	0	0	0	0
6 El propósito de uso del juego es coherente con el fin educativo de aplicación; por	1	0	0	1	0	0

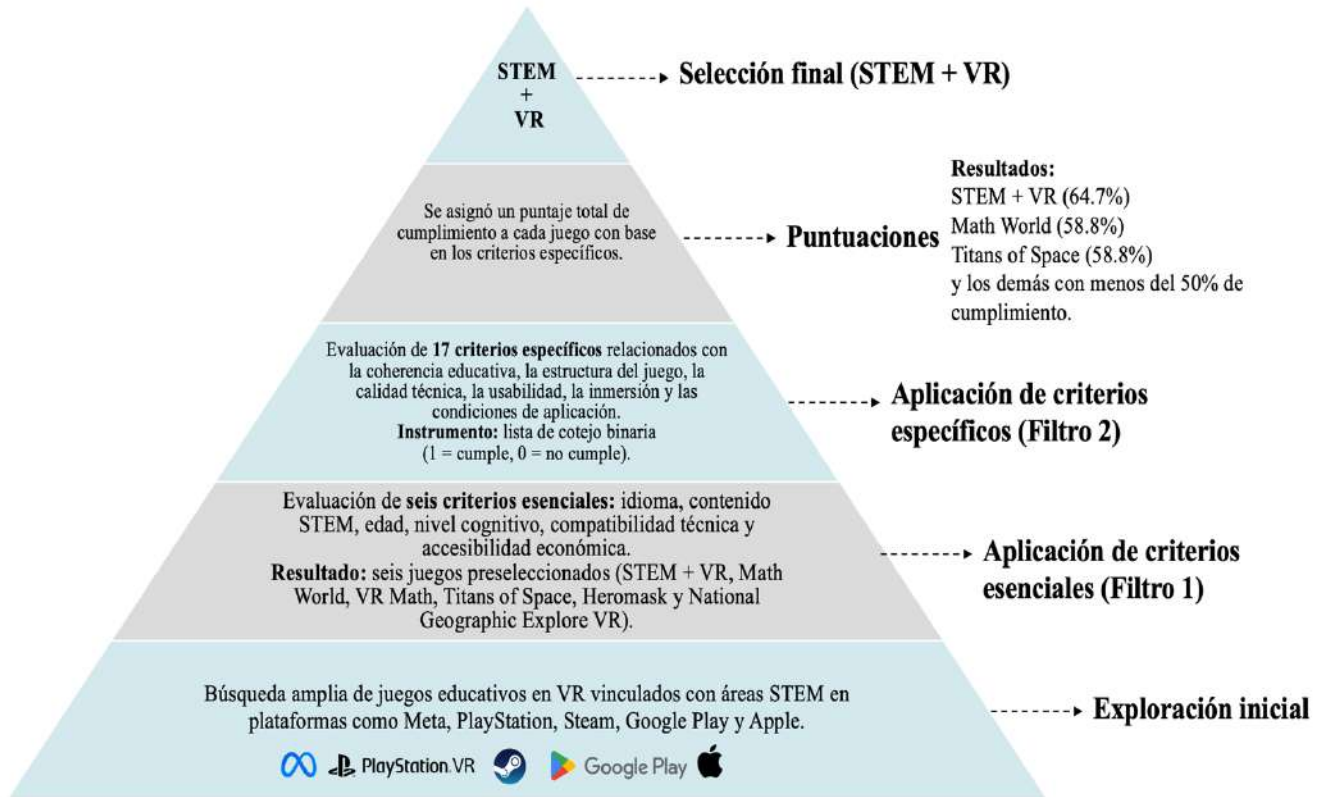
ejemplo, enseñanza, práctica o reforzamiento.							
Criterio específico para la selección del juego en VR		STEM + VR	Math World	VR Math	Titans of Space	Hero mask	National Geographic Explore VR
7	El juego ofrece la posibilidad de configurar la experiencia según el nivel y estilo de aprendizaje del usuario.	0	0	0	0	0	0
8	Los elementos visuales del juego tienen un diseño coherente y creativo, los cuales propician una inmersión realista.	0	1	0	1	0	1
9	El usuario puede comprender y utilizar el juego sin necesidad de conocimientos técnicos avanzados.	1	1	1	1	1	1
10	Los menús, botones y controles son intuitivos, claros y accesibles.	1	1	1	1	1	1
11	El juego responde correctamente a las acciones del usuario, sin errores o interrupciones que afecten la experiencia.	1	1	1	1	1	1
12	Existe evidencia de que el juego cuenta con buena calidad general; esto puede observarse en reseñas, artículos especializados, valoraciones de usuarios u otros medios.	1	0	0	1	0	1
13	Los gráficos y los efectos visuales del juego son atractivos para el usuario.	0	1	0	1	0	1
14	Los efectos auditivos del juego contribuyen a la mejora de la experiencia del usuario.	0	1	0	0	0	1
15	Las habilidades requeridas para cumplir las tareas del juego están alineadas con los objetivos formativos, ya sean de tipo cognitivo o motriz.	1	0	1	0	0	0
16	El nivel de inmersión que ofrece el juego es coherente con los fines de uso establecidos: no inmersiva, semi-inmersiva o completamente inmersiva.	1	1	0	1	0	1
17	El espacio en el que se aplica el juego cuenta con condiciones tecnológicas adecuadas, tales como conexión a internet, espacio físico suficiente, iluminación, ventilación, mobiliario y equipo técnico.	1	1	1	1	1	1
Suma total		11	10	5	10	3	9

Nota. Elaboración propia

En la Figura 13 se resume el proceso que se siguió para seleccionar el juego en VR.

Figura 13

Proceso para la selección del juego educativo en VR a utilizar en la investigación.



Nota. Elaboración propia

6.4.3. Características del juego STEM + VR en función a los criterios de selección

aplicados

El juego *STEM + VR* fue el que obtuvo el mayor cumplimiento de los criterios específicos con un 64.7 %. Si bien este porcentaje fue el más alto entre las opciones analizadas, se mantiene en un nivel moderado, por lo que debe considerarse que el juego posee potencial educativo, pero que también presenta oportunidades de mejora.

En relación con el *criterio esencial 1*, el juego se encuentra disponible en idioma español, lo que facilita la comprensión de las instrucciones, narraciones y contenidos. La

voz sintética del personaje *Pi* explica paso a paso cada actividad, apoyada con texto visual y símbolos intuitivos que refuerzan el entendimiento de los objetivos. En el *criterio esencial 2*, se observa una relación directa entre los contenidos del juego y las áreas STEM, ya que cada módulo aborda conceptos fundamentales de Ciencias (características de los seres vivos, sistema solar y célula), Tecnología (reciclaje, fabricación de productos y componentes de un ordenador), Ingeniería (escalas, fuerzas y circuitos eléctricos) y Matemáticas (números naturales, triángulos y poliedros).

En cuanto al *criterio esencial 3*, el juego está dirigido para estudiantes de entre 12 y 15 años. En el *criterio esencial 4*, se confirma que el nivel de complejidad de los retos es apropiado para estudiantes de secundaria. El *criterio esencial 5* también se cumple, dado que el software es compatible con PlayStation 4 o 5 y el sistema PlayStation VR, accesible para las condiciones de la investigación. Finalmente, en el *criterio esencial 6*, el juego es gratuito.

Respecto a los criterios específicos, el juego cumplió con 11 de los 17 establecidos. En el *criterio específico 1*, el contenido temático está alineado con el currículo, lo cual se identificó después del análisis de los contenidos que aborda y los propuestos en la NEM. En el *criterio específico 2*, la experiencia presenta una estructura clara y coherente: cada módulo inicia con una introducción narrativa, define objetivos, plantea retos con tiempos límite, ofrece retroalimentación inmediata y finaliza con un cierre de contenido. El *criterio específico 5* también se cumple, puesto que el sistema evalúa el desempeño de los usuarios al registrar puntajes, aciertos, errores y tiempos, mostrando en pantalla los resultados de cada bloque.

En cuanto al *criterio específico 6*, el propósito educativo del juego es coherente con su uso para enseñanza y reforzamiento de contenidos, ya que cada módulo integra teoría,

práctica y síntesis de manera equilibrada. En el *criterio específico 9*, el juego no requiere conocimientos técnicos avanzados; los menús son sencillos y las instrucciones son accesibles gracias a las explicaciones orales y visuales de *Pi*. En el *criterio específico 10*, los controles son intuitivos y consistentes entre módulos (tomar, mover, colocar, apuntar), facilitando la interacción continua. El *criterio específico 11* también se cumple, dado que el juego responde correctamente a las acciones del usuario sin errores técnicos en el momento de evaluación. El *criterio específico 12* se acredita porque existen evidencias de la calidad general del juego: fue desarrollado por la Fundación 3M y se ha utilizado en proyectos educativos reales en España, con reseñas positivas sobre su estabilidad y valor pedagógico. En el *criterio específico 15*, las habilidades requeridas (razonamiento lógico, percepción espacial, coordinación visomotora) están alineadas con los objetivos formativos de las áreas STEM. En el *criterio específico 16*, el nivel de inmersión inmersivo en algunos momentos y semi-inmersivo en otros, es adecuado para contextos escolares. Por último, el *criterio específico 17* se cumple porque el juego puede implementarse en espacios convencionales como aulas o bibliotecas, siempre que se disponga de energía eléctrica, conexión a internet, proyector y espacio libre para el uso de los dispositivos.

En contraste, el juego no cumple seis criterios específicos. En el *criterio específico 3*, no ofrece materiales de apoyo para la planificación docente, por lo que la secuencia didáctica y las estrategias de evaluación deben ser diseñadas por el docente. En el *criterio específico 4*, aunque el sistema proporciona retroalimentación inmediata, no genera reportes analíticos sobre el desempeño individual de cada estudiante ni recomendaciones para mejorar. El *criterio específico 7* tampoco se cumple, ya que el juego no ofrece niveles de dificultad configurables ni opciones de personalización según el ritmo o estilo de aprendizaje del usuario. Tampoco ofrece la oportunidad de repetir los retos

inmediatamente. Respecto al *criterio específico 8*, los gráficos, aunque funcionales, presentan una estética simplificada tipo bloques, lo cual limita el realismo. De igual modo, en el *criterio específico 13*, los gráficos y efectos visuales del juego no resultan especialmente atractivos para el usuario, debido a su diseño simple y limitada calidad estética. Aunque cumplen una función ilustrativa adecuada para el propósito educativo, carecen de dinamismo, colorido y nivel de detalle suficiente para generar una experiencia visual atractiva. Finalmente, en el *criterio específico 14*, el componente auditivo es limitado, con sonidos básicos y una voz sintética.

6.5. Características del juego STEM+VR

El juego *STEM + VR* es una experiencia inmersiva en VR, que fue lanzada el 27 de noviembre de 2018 en España y es compatible con PlayStation 4 y 5. Su objetivo principal es fomentar vocaciones STEM en estudiantes de secundaria. Esta experiencia está diseñada para ser jugada de manera colaborativa, en grupos de tres estudiantes, y ofrece cuatro módulos distintos, cada uno centrado en una de las áreas STEM. Cada módulo presenta tres retos interactivos que los estudiantes deben completar, con una duración aproximada de 40 minutos por módulo. Estos retos están diseñados para enseñar conceptos de manera gamificada.

Para el funcionamiento del juego se requiere una consola PlayStation 4 o PlayStation 5, junto con el sistema PlayStation VR que incluye las gafas de VR y el procesador correspondiente. Además, es necesario contar con tres controles de PlayStation para los jugadores, así como con un sistema de proyección que permita compartir la experiencia con los estudiantes que no utilicen las gafas en ese momento. Finalmente, el

software debe descargarse previamente para habilitar el acceso a la experiencia completa sin conexión a internet.

Cada estudiante selecciona las características del avatar que utilizará a lo largo del juego en un máximo de 40 segundos. Los avatares tienen una estética de bloques, similar a Minecraft, con opciones básicas de personalización (por ejemplo, color, accesorios y estilo). Si no concluyen la personalización en el tiempo establecido, el juego les arroja uno aleatorio. La selección se realiza con los controles de PlayStation. La interfaz para la creación de los avatares se puede apreciar en la Figura 14.

Figura 14

Interfaz de creación de avatares.



Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

Al concluir la personalización, los estudiantes eligen el módulo de inicio (Ciencias, Tecnología, Ingeniería o Matemáticas). Las instrucciones iniciales las presenta *Pi*, un personaje virtual con apariencia de robot. Su voz es sintética, similar a la generada por

sistemas de texto a voz, y es quien guía, narra y explica toda la experiencia. Una vez seleccionado el módulo, se dirigen a un portal y comienza el juego.

El propio juego indica en qué momento cada estudiante debe utilizar el visor VR (experiencia inmersiva). Cuando uno emplea el visor, los otros dos participan en los retos usando únicamente los controles (experiencia semi-inmersiva). La distribución del tiempo de uso del visor es equitativa entre los tres participantes durante la experiencia. A continuación, se describen los retos asociados a cada módulo del juego.

6.5.1. Módulo de Ciencias

El primer bloque de Ciencias comienza con la introducción a las características fundamentales de los seres vivos: muestran movimiento o desplazamiento según su especie, crecen a lo largo de su ciclo de vida, presentan sensibilidad ante estímulos, se nutren para obtener y transformar energía y materia, respiran como parte de sus procesos vitales, se reproducen para asegurar la continuidad de la especie y expulsan desechos, producto de su actividad biológica. Mientras se explican estos contenidos, los estudiantes recorren escenarios de la naturaleza en los que observan organismos en su ambiente. Posteriormente, se presenta la clasificación que utilizarán durante la experiencia: vertebrados, invertebrados, plantas, hongos y otros reinos.

Con esta base, el reto del bloque consiste en encontrar veinte seres vivos distribuidos en los escenarios y asignarlos a la familia correspondiente mediante el lanzamiento de una burbuja con el color indicado para cada categoría. El sistema establece un tiempo límite de cinco minutos y, al finalizar, muestra el puntaje obtenido. La retroalimentación es inmediata: si un organismo es clasificado de manera incorrecta, se marca como error y se permite lanzar otra burbuja hasta corregirlo. Una vez agotado el

tiempo, la actividad no puede repetirse de inmediato, ya que la narrativa y las explicaciones continúan. Para resolver nuevamente el reto, es necesario concluir el módulo de Ciencias y reiniciar la experiencia. En la Figura 15 se presenta una imagen para ejemplificar la visualización del entorno.

Figura 15

Primer bloque de Ciencias: Clasificación de organismos.



Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

En el *segundo bloque de Ciencias*, el contenido asociado es referente al sistema solar. Al inicio se realiza un recorrido guiado por los cuerpos celestes que orbitan alrededor del Sol y, durante ese trayecto, se ejemplifican y muestran particularidades de los planetas, sus lunas, asteroides y cometas. Se introduce la distinción entre planetas terrestres o interiores (Mercurio, Venus, Tierra y Marte) y planetas exteriores o gigantes (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno).

El reto consiste en ubicar los planetas en su órbita correspondiente e identificar su distancia correcta con respecto al Sol. Los estudiantes deben desplazarse por el escenario, tomar cada planeta, colocarlo en la órbita indicada y responder una pregunta sobre su distancia. El sistema ofrece retroalimentación inmediata: si un planeta se coloca en una órbita incorrecta, regresa a su posición inicial y puede intentarse de nuevo durante el tiempo disponible. El límite de tiempo es de cinco minutos y, al finalizar, el juego muestra el total de aciertos y presenta un cierre de contenido vinculado con la temática del sistema solar. Al igual que en los demás retos, una vez agotado el tiempo no es posible repetir la actividad de inmediato, ya que la experiencia continúa automáticamente. En la Figura 16 se representa la interfaz de este bloque.

Figura 16

Segundo bloque de Ciencias: Sistema solar.



Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

En el *tercer bloque del módulo de Ciencias*, la experiencia se centra en la célula. El recorrido inicia con un viaje por el interior del cuerpo humano, donde se ubican los órganos principales hasta llegar a la escala celular. Se presentan las partes básicas de la célula y sus funciones: membrana celular, núcleo, nucléolos implicados en la síntesis de proteínas, citoplasma, retículo endoplásmico, mitocondrias, aparato de Golgi y vacuolas.

El reto de este módulo consiste en ensamblar una célula a partir de piezas dispuestas sobre una mesa virtual. Una voz guía emite indicaciones funcionales; por ejemplo, que se identifique el orgánulo encargado de producir energía, y los estudiantes deben seleccionar la pieza correspondiente y colocarla en la ubicación señalada. Mientras dos integran la célula, un tercer participante la protege al responder reactivos; cada respuesta correcta mantiene o amplía el tiempo disponible para que el equipo complete el ensamblaje. El sistema establece un tiempo límite de cinco minutos y ofrece retroalimentación inmediata; es decir, si se coloca una pieza incorrecta, se marca como error, la pieza regresa a su posición inicial y puede intentarse de nuevo dentro del tiempo disponible. Al concluir, se muestra el puntaje y un cierre de contenido relacionado con la célula. La interfaz de este reto se visualiza en la Figura 17.

Figura 17

Tercer bloque de Ciencias: La célula.



Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

Una vez concluido este módulo el robot lleva a los usuarios al sitio de inicio y pueden seleccionar la siguiente área del conocimiento a explorar.

6.5.2. Módulo de Tecnología

En el *primer bloque de Tecnología*, el narrador introduce al concepto de tecnología como el conjunto de conocimientos, procesos y artefactos creados para satisfacer necesidades y resolver problemas. La explicación se orienta a la sostenibilidad y al reciclaje, con ejemplos de transformación de residuos en nuevos productos. Después, se presenta la clasificación para separar residuos y su relevancia para el proceso de reciclaje: contenedor amarillo para latas y plásticos, azul para cartón y papel, y verde para vidrio.

Este primer reto ocurre en un escenario tipo laberinto con residuos de distinta

naturaleza. Un estudiante conduce un vehículo con tres contenedores de los colores indicados y los otros dos colaboran para localizar los residuos y depositarlos en el contenedor correcto. Hay alrededor de cuarenta elementos por recoger y el tiempo límite es de cinco minutos. Si un residuo se coloca en un contenedor incorrecto, el sistema lo registra como error y no permite corregirlo con ese mismo elemento; la actividad continúa con los restantes. Al finalizar, se muestra el total de aciertos y un breve cierre de contenido sobre reciclaje. La Figura 18 muestra un momento del reto en el laberinto con la clasificación de residuos en pantalla.

Figura 18

Primer bloque de Tecnología: Sostenibilidad y reciclaje.



Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

El *segundo módulo de Tecnología* presenta el proceso de fabricación de productos dentro de un entorno de fábrica. La narración explica de manera general el origen de los bienes tecnológicos, su propósito y la necesidad de su producción. La introducción recorre

estaciones y líneas de producción a modo de panorama general y conduce al reto.

El reto se desarrolla en el piso de la fábrica y consiste en clasificar artículos tecnológicos en tres tolvas identificadas como comunicación, hogar y ocio. Los estudiantes recorren el espacio, localizan los objetos y los depositan en la tolva correspondiente según su uso. En determinados momentos el sistema solicita únicamente una categoría específica; por ejemplo, reunir solo artículos de ocio. Si un artículo se coloca en una tolva incorrecta, el sistema registra un error y permite recolocarlos durante el tiempo disponible. El límite es de cinco minutos y, al finalizar, se presenta el total de aciertos y un breve cierre de contenido. La Figura 19, muestra la interfaz de este reto.

Figura 19

Segundo bloque de Tecnología: Proceso de fabricación.



Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

El *tercer bloque de Tecnología* aborda los sistemas de comunicación y los tipos de operaciones en contextos tecnológicos, para introducir la importancia de la computadora

como medio de procesamiento y soporte de la comunicación actual. El narrador conduce un recorrido por el interior de un equipo de cómputo donde se presentan sus componentes principales y sus funciones: unidad central de procesamiento (CPU), disipador de calor, fuente de alimentación, tarjeta gráfica, disco duro y memoria RAM.

El reto de este bloque consiste en conocer un CPU por dentro y ubicar sus componentes previamente expuestos. Los estudiantes deben desplazarse por el escenario, tomar cada pieza y colocarla en su posición correspondiente siguiendo las indicaciones del sistema. La retroalimentación es inmediata: si un componente se sitúa en un lugar incorrecto, se marca como error y puede intentarse de nuevo mientras el tiempo lo permita. El límite es de cinco minutos y, al finalizar, se muestra el total de aciertos junto con un breve cierre de contenido. La Figura 20 muestra un momento del reto durante el reensamblaje de los componentes en el interior del equipo.

Figura 20

Tercer bloque de Tecnología: Componentes de un ordenador.



Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

Al igual que en todos los módulos, el robot lleva a los usuarios al sitio de inicio y pueden seleccionar la siguiente área del conocimiento a explorar.

6.5.3. Módulo de Ingeniería

El *primer bloque de Ingeniería* aborda la expresión gráfica y el uso de escalas.

Primeramente, se explica qué es la ingeniería, con énfasis en las habilidades humanas orientadas al diseño de procesos y desarrollos, y se explica por qué la expresión gráfica resulta fundamental en la construcción. Después, se describe la secuencia de representación técnica: boceto como idea inicial, croquis con medidas, materiales y detalles, y plano con delineado y mayor precisión. Se introduce el concepto de escala como relación entre el tamaño representado y el real, con ejemplos 2:1 para duplicar el tamaño, 1:2 para la mitad y 1:1 para escala natural. Esto, a través de un entorno inmersivo con elementos vinculados al espacio construido y al territorio, como construcciones, estructuras y mapas a escala.

El reto de este bloque se desarrolla en un escenario con 15 objetos ubicados en diferentes escalas y estantes rotulados con las escalas solicitadas. Para manipular los objetos correctos, el equipo ajusta el tamaño de uno de sus integrantes mediante dispositivos que lo hacen más pequeño o más grande, de modo que pueda tomar el objeto y colocarlo en el estante correspondiente. El tiempo límite, al igual que en los otros retos, es de cinco minutos. La retroalimentación es inmediata: si un objeto se coloca en un estante incorrecto, el sistema marca el error y permite recolocarlos dentro del tiempo disponible. Al finalizar, se muestra el total de aciertos. La Figura 21 muestra un momento del reto.

Figura 21

Primer bloque de Ingeniería: Escalas.



Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

El *segundo bloque de Ingeniería* aborda la estructura y el mecanismo de las fuerzas que actúan sobre una obra. Se introducen las cargas fijas y variables, y se presentan las acciones mecánicas más frecuentes en estructuras, tales como: tracción, compresión, flexión, torsión y cortante. La explicación se desarrolla en un entorno con escenas de un puente y otras estructuras, donde se muestran ejemplos puntuales para visualizar cada fuerza en contexto.

Este reto se sitúa sobre un puente en operación. El sistema indica en pantalla el nombre de la fuerza a localizar, por ejemplo flexión, y el equipo debe desplazarse por el escenario y señalar un punto donde esa fuerza esté presente. Las escenas incluyen situaciones de la propia estructura y de tareas específicas que permiten identificar la acción solicitada. Cada tipo de fuerza se solicita en dos o tres ocasiones y cada integrante debe elegir un ejemplo distinto. Si la selección es incorrecta, el sistema registra el error y el

puente pierde estabilidad como indicador de la falla; la actividad continúa con la siguiente búsqueda. Se establecen los cinco minutos de tiempo y, al finalizar, se muestran resultados globales del equipo. La Figura 22 ilustra el entorno del reto.

Figura 22

Segundo bloque de Ingeniería: Estructura y mecanismos de las fuerzas.



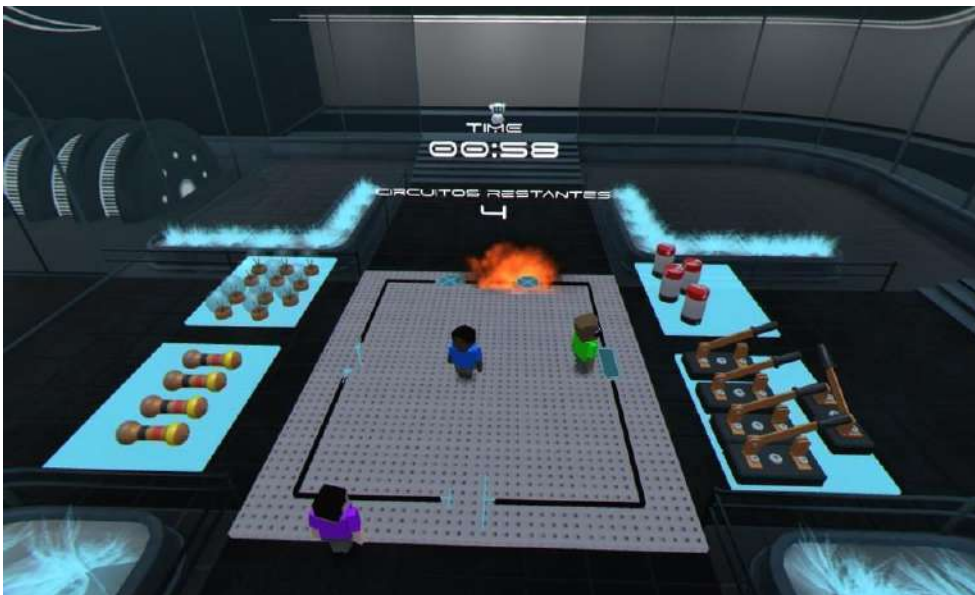
Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

El *tercer bloque de Ingeniería* aborda los fundamentos de la electricidad y del circuito eléctrico. Primeramente, el narrador introduce con explicaciones asociadas al origen de la electricidad y la estructura atómica, con núcleo formado por protones y neutrones y corteza. Posteriormente, explica las fuerzas de atracción y repulsión entre cargas; y presenta la corriente eléctrica como el movimiento ordenado de cargas a través de un material conductor. Finalmente, se explican los elementos de un circuito: generador, conductores, receptores, dispositivos de control y elementos de protección. Y se muestran ejemplos de armado.

El reto consiste en construir circuitos funcionales a partir de una base con símbolos preestablecidos. El equipo debe seleccionar los componentes, conectarlos según el diagrama y verificar su funcionamiento. El tiempo límite es de cinco minutos. La retroalimentación es inmediata: cuando la conexión es correcta, el circuito enciende un foco; si es incorrecta, el sistema marca el fallo y simula una explosión, tras lo cual puede intentarse de nuevo dentro del tiempo disponible. Al finalizar, se informa el número de circuitos logrados y se presenta un breve cierre de contenido. No es posible repetir la actividad de inmediato; para intentar nuevamente se requiere concluir el área de Ingeniería y reiniciar la experiencia. En la Figura 23 se ilustra el entorno de este reto.

Figura 23

Tercer bloque de Ingeniería: Circuito eléctrico.



Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

Al finalizar este módulo, el robot dirige a los usuarios a la pantalla de inicio, donde pueden elegir la siguiente área del conocimiento que desean explorar.

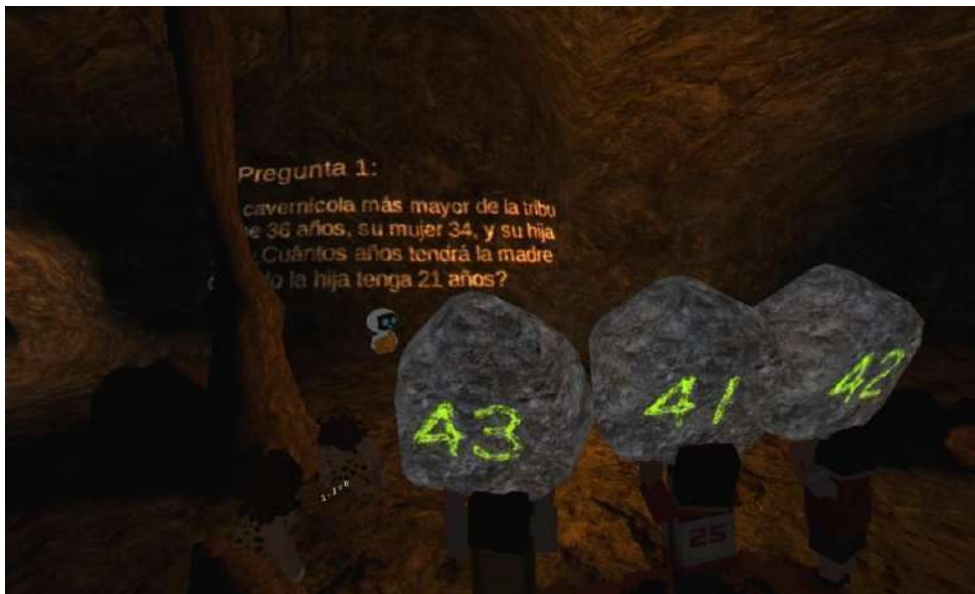
6.5.4. Módulo de Matemáticas

El primer módulo de Matemáticas aborda los números naturales en un entorno ambientado en una cueva. Pi, el robot narrador cuyo nombre alude al número irracional π , introduce brevemente su significado como relación entre la circunferencia y su diámetro y presenta un contexto histórico sobre el surgimiento de los números a partir de la necesidad de contar. Luego, se explican los números naturales y sus operaciones básicas; particularmente, los conceptos de múltiplo y divisor con ejemplos ilustrativos en una pizarra.

El reto consiste en resolver un problema planteado en la cueva. Tras escuchar el enunciado, los estudiantes deben buscar la piedra con la respuesta correcta y llevarla hasta Pi para registrarla. Si la elección es incorrecta, el sistema la marca como error y no permite volver a intentar ese mismo desafío en el momento. Este reto no establece límite de tiempo. En la Figura 24 se ilustra el entorno de este reto.

Figura 24

Primer módulo de Matemáticas: Números naturales.



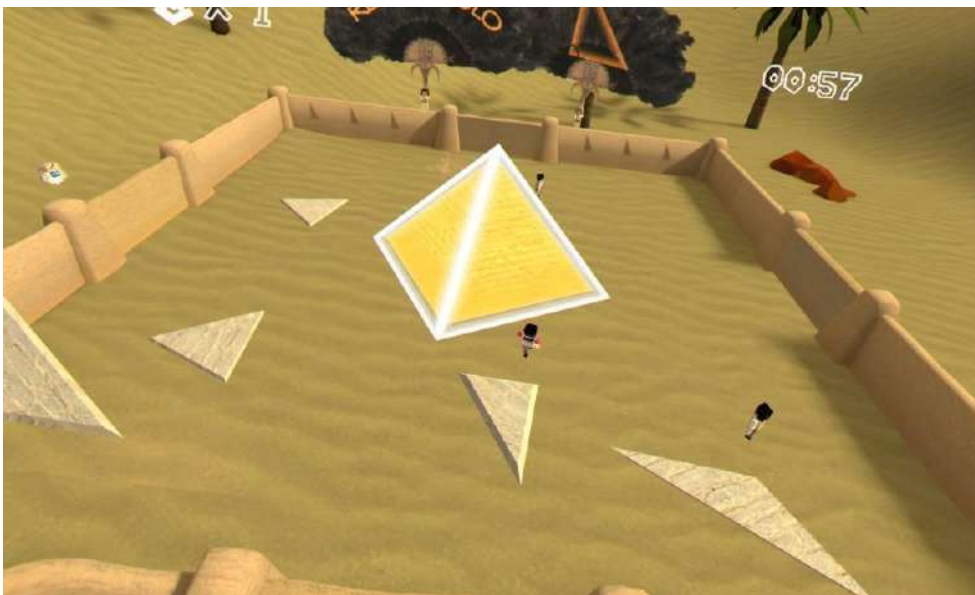
Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

El segundo reto de Matemáticas aborda la clasificación de triángulos en un entorno ambientado en las pirámides de Egipto. Se contextualiza con una breve referencia al conocimiento matemático de esa civilización y se explica que las pirámides están formadas por caras triangulares que comparten un vértice. Se define el triángulo como polígono de tres lados y se presentan sus dos clasificaciones: según los lados (escaleno, isósceles y equilátero) y según los ángulos (acutángulo, rectángulo y obtusángulo).

Durante el reto se solicita identificar el tipo de triángulo a partir de una figura y, con base en esa identificación, construir las pirámides indicadas utilizando piezas triangulares que aparecen en el escenario. Los estudiantes deben desplazarse, seleccionar la pieza correcta y colocarla en la posición señalada, sorteando algunos obstáculos del entorno. El tiempo límite es de cinco minutos y, al finalizar, el sistema informa cuántas pirámides fueron completadas. La Figura 25 muestra un momento del reto durante el armado de una pirámide con piezas triangulares.

Figura 25

Segundo módulo de Matemáticas: Pirámides y triángulos.



Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

El *tercer bloque de Matemáticas* aborda la geometría de los poliedros. Se sitúa brevemente el tema en el periodo clásico griego, cuando las matemáticas alcanzan una etapa de consolidación, y se introduce la noción de poliedro como un cuerpo geométrico limitado por polígonos planos, compuesto por caras, aristas y vértices. Tras esta introducción, la experiencia se desarrolla en un palacio de inspiración egipcia, elegante y amplio, donde aparecen múltiples sólidos de distinta forma, entre ellos cubos, tetraedros y octaedros.

El reto consiste en identificar poliedros específicos a partir de indicaciones entregadas en pergaminos. Cada vez que se solicita, por ejemplo, un octaedro, el equipo debe desplazarse por el palacio, localizarlo entre los sólidos disponibles y señalarlo con un puntero luminoso. Durante la búsqueda el sistema ofrece pistas breves, como la forma de sus caras o el número de aristas. El tiempo límite es de cinco minutos y, al finalizar, se informa cuántos poliedros fueron correctamente identificados. La Figura 26 muestra un momento del reto de identificación de poliedros en el palacio.

Figura 26

Tercer módulo de Matemáticas: Poliedros.



Nota. Imagen tomada del entorno del juego *STEM + VR*.

Al terminar cualquier módulo, el robot lleva a los usuarios a la pantalla de inicio. Desde ahí son libres de elegir con qué área del conocimiento (módulo) quieren comenzar o continuar: la elección aplica únicamente para el módulo, no para el reto. Una vez que ingresan a un módulo deben completarlo y, si deciden realizar o repetir un reto, deberán concluir toda la experiencia.

6.6. Consideraciones éticas

La investigación se llevó a cabo siguiendo un protocolo ético de consentimiento informado y resguardo de datos. En primer lugar, se obtuvo la autorización institucional mediante un oficio formal debidamente firmado por la dirección escolar, en el que se especificaba el alcance de la investigación y el compromiso de respeto a los derechos de la comunidad educativa. Posteriormente, se entregó a madres, padres o tutores una carta de

consentimiento informado que describía los objetivos del estudio, los procedimientos de recolección de datos, los posibles riesgos y beneficios, así como la garantía de confidencialidad; esta carta fue devuelta debidamente firmada. De manera complementaria, se recabó el asentimiento verbal de las y los participantes, asegurando que comprendieran su derecho a participar de manera voluntaria y a retirarse en cualquier momento sin repercusiones.

Para salvaguardar la privacidad, se mantuvo el anonimato de los participantes. La información personal fue sustituida por códigos alfanuméricos en los registros y análisis, evitando cualquier posibilidad de identificación directa. Los audios y transcripciones se almacenaron en un repositorio digital seguro, con acceso restringido únicamente al equipo de investigación, y bajo medidas de protección acordes con los estándares internacionales de ética en investigación. Estas acciones garantizaron tanto la protección de los datos como el cumplimiento de los principios de respeto, justicia, confidencialidad y anonimato.

Otro aspecto ético fundamental fue la equidad en el acceso a la experiencia educativa. Dado que solo el grupo experimental tuvo acceso a la VR durante la fase principal del estudio, se diseñó una estrategia para brindar la misma experiencia al grupo de control una vez finalizado el proceso de recolección de datos del posttest. Con este propósito, tras la aplicación del posttest, se programaron cinco sesiones de juego en VR para cada estudiante del grupo de control. La primera sesión estuvo enfocada en la familiarización con la tecnología y los dispositivos, con el objetivo de asegurar que los participantes comprendan el funcionamiento del sistema. Posteriormente, cada estudiante participó en cuatro sesiones con la misma dinámica seguida para el grupo experimental, una para cada área STEM.

La aplicación de la experiencia al grupo de control no tuvo efecto en los resultados del estudio, ya que se realizó después de haber concluido la evaluación de ambos grupos. Sin embargo, permitió que todos los estudiantes involucrados en la investigación tuvieran la oportunidad de beneficiarse del uso de la VR como herramienta de aprendizaje. Estas sesiones adicionales fueron organizadas de manera flexible, con respeto a la disponibilidad de los participantes y las condiciones logísticas de la institución.

CAPÍTULO VII:

ESTUDIO DE LAS PERCEPCIONES PREVIAS ASOCIADAS AL APRENDIZAJE Y MOTIVACIÓN STEM

En este capítulo se presenta el análisis cualitativo de las percepciones estudiantiles previas a la implementación del juego educativo en VR. Primero, se presenta el objetivo del estudio, su metodología particular y describe las características de los participantes seleccionados para este estudio. Después, se detalla el diseño del guion, el procedimiento de aplicación y las medidas tomadas para el resguardo de los datos. Finalmente, se presenta el tipo de análisis utilizado y los resultados del estudio.

7.1. Objetivo del estudio

Explorar las percepciones de los estudiantes del grupo experimental respecto a su experiencia previa en relación con su aprendizaje y motivación STEM. Para alcanzar lo anterior, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- a) Conocer la dinámica que utilizan los docentes de las clases STEM.
- b) Describir las experiencias previas de los estudiantes con tecnología educativa.
- c) Identificar la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje STEM, con base en la percepción de los propios estudiantes.
- d) Conocer la autoevaluación que hacen los estudiantes sobre su aprendizaje obtenido durante las clases asociadas a las áreas STEM.
- e) Explorar sus expectativas respecto al uso de juegos en VR como herramienta educativa.

7.2. Diseño del estudio

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de corte interpretativo con sustento hermenéutico, de alcance exploratorio y descriptivo. Se optó por un diseño orientado a comprender las percepciones estudiantiles previas a la implementación del juego educativo en VR en un contexto escolar específico.

7.3. Participantes del estudio

Se seleccionaron aleatoriamente estudiantes del grupo experimental, hasta alcanzar la saturación teórica, es decir, hasta el punto en que las respuestas comenzaron a repetirse y no aportaban información nueva al análisis. La caracterización de los participantes de este estudio se detalla en la Tabla 12.

Tabla 12

Caracterización de los participantes del primer estudio cualitativo.

Participante	Sexo	Edad	Promedio general	Experiencia previa con VR	Duración de la entrevista
Participante 1 (P1)	Mujer	14	9.9	Sí	11.41 minutos
Participante 2 (P2)	Mujer	15	5	No	12.57 minutos
Participante 3 (P3)	Mujer	13	8.2	No	10.14 minutos
Participante 4 (P4)	Hombre	14	7.2	No	12.24 minutos
Participante 5 (P5)	Mujer	14	8.9	No	15.20 minutos
Participante 6 (P6)	Hombre	14	9.8	Sí	16.04 minutos
Participante 7 (P7)	Hombre	14	8	Sí	8.51 minutos

Nota. Elaboración propia.

7.4. Técnica de recolección de datos: entrevista semiestructurada

Para la recolección de datos se utilizó la técnica de entrevista semiestructurada, aplicada de forma individual a los estudiantes. El guion fue elaborado con base en los objetivos del estudio y se organizó en cinco unidades de análisis: (1) clases STEM; (2) motivación STEM; (3) aprendizaje STEM; (4) uso y experiencia previa con tecnología y juegos educativos; y (5) expectativas sobre el uso educativo de juegos en VR. En la Tabla 13, se muestra la estructura del guion y las preguntas correspondientes a cada unidad.

Tabla 13

Estructura del guion de entrevista semiestructurada del primer estudio cualitativo.

Unidad de análisis	Preguntas asociadas
Clases STEM	P1: ¿Cómo son tus clases de Ciencias (Química)? ¿Qué tipo de actividades hacen? ¿Qué les piden? Dime todos los detalles sobre esa clase. ¿Y las clases de Matemáticas? ¿Y las de Tecnología? ¿Hacen algo relacionado con Ingeniería? P2: ¿Cómo es tu participación durante estas clases? P3: ¿Qué tipo de actividades te hacen involucrarte más o menos en la dinámica de las clases?
Motivación STEM	P4: ¿Cuál es tu materia favorita y qué es lo que más te gusta de ella? P5: ¿Qué actividades de clases disfrutas más? Cuenta alguna que te haya gustado mucho y dime qué estaba pasando o qué estabas haciendo. P6: ¿Qué actividades de clases disfrutas menos? ¿Por qué? P7: ¿Cuáles son tus sentimientos recurrentes durante tus clases relacionadas con Ciencias, Tecnología, Ingeniería o Matemáticas? P8: ¿Hay alguna de estas áreas que te interese más que las demás? ¿Por qué? P9: ¿Qué cosas o situaciones te motivan a aprender contenidos asociados a STEM, ya sea en la escuela o fuera de ella?
Aprendizaje STEM	P10: Cuéntame sobre tus calificaciones y desempeño en estas áreas y qué tanto sabes sobre los contenidos de las áreas STEM.
Uso y experiencia previa con tecnología y juegos educativos	P11: ¿Tus profesores utilizan tecnología en sus clases? Si es así, ¿qué tipo de tecnología usan y cómo la integran en el proceso de enseñanza? P12: ¿Alguno de tus profesores ha utilizado juegos o aplicaciones educativas para enseñarte? ¿Cómo fue esa experiencia? P13: ¿Qué dispositivos tecnológicos usas en tu vida diaria (por ejemplo, celular, tablet, computadora)? ¿Para qué los utilizas? P14: ¿Has usado alguna aplicación o programa educativo en tu celular, computadora o tablet? ¿Cuál es su nombre y cómo fue la experiencia?

Expectativas sobre el uso educativo de juegos en VR	P15: ¿Sabes qué es la VR? ¿Cómo la definirías?
	P16: ¿Has utilizado VR alguna vez? Si la respuesta es sí, ¿cómo fue tu experiencia? ¿Te gustó?
	P17: ¿Cómo te imaginas que es la experiencia de aprender con esta tecnología?
	P18: ¿Crees que la VR podría ayudarte a aprender mejor en la escuela? ¿Por qué?
	P19: ¿Cómo te sientes al saber que vas a usar VR para aprender?
	P20: ¿Hay algo en particular que te gustaría aprender o experimentar utilizando VR en las clases?

	P21: ¿Qué esperas de esta experiencia con VR?
--	---

Nota. Elaboración propia con base en los objetivos del estudio.

7.5. Implementación y condiciones de aplicación del estudio

Las entrevistas se realizaron el 7 de noviembre de 2024 en la biblioteca de la institución con la presencia del bibliotecario, la entrevistadora y el entrevistado. Es importante aclarar que, aunque el bibliotecario permaneció dentro de la biblioteca por cuestiones de seguridad, se ubicó en una zona apartada del espacio de entrevista, sin contacto visual ni auditivo con los participantes. De esta forma, su presencia no intervino en el desarrollo de las entrevistas ni fue percibida por los estudiantes, garantizando así un ambiente de privacidad y confianza.

Todas las entrevistas fueron grabadas con el consentimiento de los estudiantes a través de un celular. Antes de comenzar, se brindaron las instrucciones e información sobre el objetivo de la entrevista y se les pidió a los estudiantes que respondieran con total honestidad y se expresó que sus respuestas serían confidenciales y con fines de investigación y no de evaluación ni de ellos, ni de sus docentes.

Las entrevistas fueron realizadas a cada estudiante de forma individual, y cada una tuvo una duración promedio entre 8 y 16 minutos. Se cuidó que la biblioteca fuera un espacio cómodo para que los estudiantes pudieran concentrarse y participar sin distracciones. Además, se permitió que los estudiantes tuvieran tiempo suficiente para

expresar sus ideas, aunque la mayoría de ellos mostraron cierta dificultad para hablar o expresar sus ideas de manera clara y fluida. Para estos casos se agregaron preguntas abiertas adicionales con el objetivo de facilitar la conversación. Sin embargo, no todos los estudiantes participaron con el mismo nivel de detalle, ya que algunos se limitaban a respuestas cortas, por ejemplo “bien”, “no sé”, “no recuerdo”, “nada”.

Se realizaron las entrevistas hasta identificar respuestas repetitivas en todas las dimensiones, es importante reconocer que el nivel de detalle que se obtuvo en este estudio no fue el esperado para todas las dimensiones, pero se obtuvo información clave para la triangulación final de los resultados.

7.6. Resguardo y preparación de los datos del estudio

Las entrevistas fueron transcritas en su totalidad con apoyo de software de reconocimiento de voz, y posteriormente revisadas manualmente para garantizar la fidelidad del contenido. Los archivos de audio y las transcripciones fueron almacenados en una carpeta privada en *Google Drive*, protegida con contraseña, a la que solo tuvieron acceso los investigadores principales. Para resguardar la identidad de los participantes, se asignaron seudónimos codificados (P1, P2, P3...).

Una vez completada la transcripción, el contenido fue organizado conforme a las unidades de análisis definidas previamente en el guion de entrevista, las cuales corresponden a los objetivos del estudio. A partir de esta organización inicial, se identificaron fragmentos significativos y se asignaron subcategorías y códigos abiertos que permitieron clasificar la información. Posteriormente, fueron agrupados en cinco categorías (cada una vinculada a cada unidad de análisis), lo que facilitó una interpretación sistemática de las percepciones estudiantiles.

7.7. Análisis cualitativo del estudio

Se llevó a cabo un análisis cualitativo de corte hermenéutico, con el propósito de interpretar en profundidad los significados expresados por los participantes y comprenderlos en su contexto. Se empleó una estrategia de codificación abierta, en la cual se identificaron y etiquetaron fragmentos significativos conforme se realizaba la lectura detallada de cada entrevista. Inicialmente, se subrayaron ideas clave y se asignaron códigos que surgieron directamente del contenido, sin una lista de códigos predefinida.

Posteriormente, estos códigos fueron agrupados en categorías temáticas y, dichas categorías se organizaron en las cinco unidades de análisis definidas inicialmente en el guion de entrevista. El proceso se llevó a cabo con el apoyo del software *Atlas.ti*, lo que facilitó la organización, codificación y recuperación de los fragmentos relevantes.

Finalmente, los resultados se organizaron por unidades de análisis, categorías y códigos, y se presentó evidencia textual directa a través de citas representativas y, en algunos casos, mediante tablas que resumieron los hallazgos más relevantes.

7.8. Resultados del estudio

Este apartado presenta los resultados derivados del análisis cualitativo de las entrevistas semiestructuradas realizadas a siete estudiantes de tercer grado de secundaria. El análisis se estructuró en torno a las cinco categorías de análisis establecidas en el guion de la entrevista: (1) clases STEM, (2) motivación STEM, (3) aprendizaje STEM, (4) uso y experiencia previa con tecnología y juegos educativos, y (5) expectativas sobre el uso educativo de juegos en VR.

En la Tabla 14, se presenta una síntesis de las categorías y códigos resultantes del análisis y, posteriormente, en cada apartado se profundiza en el análisis de las categorías.

Tabla 14

Síntesis de unidades de análisis, categorías y códigos que organizan los resultados del primer estudio cualitativo.

Unidad de análisis	Categoría	Códigos
Clases STEM	Estrategias de enseñanza en Ciencias	Lectura, resúmenes y cuestionarios Indicaciones escritas en el pizarrón Escasa experimentación
	Estrategias de enseñanza en Matemáticas	Explicación en el pizarrón y ejercicios en el cuaderno Práctica de cálculo mental
	Estrategias de enseñanza en Tecnología	Uso de aula de cómputo Lectura, resúmenes e investigación Plataformas digitales
Motivación STEM	Actividades preferidas	Actividades creativas Juegos y dinámicas Investigación y búsqueda de información Actividades experimentales
	Actividades no preferidas	Exposiciones en público Actividades de matemáticas Tareas extensas o repetitivas Lectura y búsqueda de respuestas o resúmenes
	Participación en clase	Participación condicionada Limitada por la vergüenza o el ambiente Escasa promoción
	Emociones en clase	Presión y estrés Nerviosismo Tensión por el ambiente del aula Emociones positivas por el ambiente
	Factores de motivación personal	Deseo de superación personal Expectativas y reconocimiento familiar Recompensas Interés por mejorar
Aprendizaje STEM	Aprendizaje percibido	Falta de docentes Desconocimiento de contenidos
	Calificaciones y desempeño	Dominio de contenidos básicos Dificultades en contenidos específicos Aprendizaje tecnológico básico Falta de consolidación
Uso y experiencia previa con tecnología y juegos educativos	Integración docente de tecnología educativa	Uso de plataformas y aplicaciones en clase Proyecciones de videos y presentaciones
	Uso estudiantil de tecnología	Uso del celular en la vida diaria Uso de la computadora Plataformas educativas y aplicaciones Uso recreativo de tecnología
	Experiencias previas con juegos	Juegos recreativos sin contenido académico Dinámicas gamificadas en Matemáticas Uso de la aplicación Sofía XT Videojuegos en la vida cotidiana

	Expectativas sobre el uso de tecnología en sus clases	Clases menos aburridas mediante tecnología Proyectores, imágenes y videos como apoyo Uso de computadoras por los estudiantes
Expectativas sobre el uso educativo de la VR	Conocimiento previo sobre VR	Asociación con el uso de lentes Sensación de estar en otro lugar Relación con videojuegos y entretenimiento Conocimiento limitado o general
	Experiencias previas con VR	Sin experiencias previas Experiencias recreativas en casa Experiencias en actividades escolares
	Expectativas y emociones sobre VR	Emociones positivas Nervios o incertidumbre Expectativa de aprendizaje Diversión y novedad

Nota. Resultados del análisis de las entrevistas.

7.8.1. Clases STEM

Esta unidad de análisis hace referencia a las experiencias de los estudiantes en el desarrollo de las asignaturas STEM, lo que ellos conocen como Ciencias, Informática y Matemáticas. En esta unidad se organizaron los hallazgos en tres categorías: (1) estrategias de enseñanza en Ciencias, (2) estrategias de enseñanza en Matemáticas y, (3) estrategias de enseñanza en Tecnología. Dentro de estas categorías se ubicaron diversos códigos previamente mostrados en la Tabla 14, que sirvieron para identificar los métodos y dinámicas que los docentes emplean, así como la forma en que los estudiantes las perciben.

La categoría *enseñanza de las Ciencias*, agrupa las estrategias que los docentes utilizan para el desarrollo de las clases de Ciencias, que en tercer grado de secundaria se alinea con la materia de Química, incluyendo las actividades más comunes, los recursos empleados y la manera en que se organizan las tareas dentro del aula. Los estudiantes describieron que estas clases suelen centrarse en el uso del libro de texto y la realización de lecturas y, posteriormente, resúmenes o cuestionarios con la información leída. Esta dinámica fue señalada por múltiples participantes, quienes indicaron que el trabajo en clase

generalmente consiste en leer y transcribir información. Por ejemplo, un estudiante mencionó: “*en Ciencias nada más nos dicen tal página de un libro y nos dicen hagan un resumen*” (P1), mientras que otro agregó: “*en Química nos pone a leer en el libro cosas y luego hacemos ejercicios o resúmenes en el cuaderno*” (P4). De forma similar, una participante comentó: “*en Ciencias... lo que generalmente hacemos es abrir el libro, leer unas páginas y hacer un esquema, un resumen o revolver un cuestionario*” (P6). Estas respuestas muestran una estructura centrada en la copia de contenidos que en la exploración activa del conocimiento.

Aunado a esto, algunos estudiantes destacaron que las actividades prácticas o experimentales son escasas, y en muchos casos, solo las han vivido de manera ocasional en años anteriores. Un estudiante explicó: “*no hemos hecho muchos experimentos, de hecho solo pocas veces en segundo... pero me da curiosidad*” (P6), mientras que otro añadió: “*casi nunca hacemos experimentos o cosas diferentes, solo en segundo una vez fuimos, pero en realidad siempre son resúmenes o preguntas*” (P5). Incluso hubo quien mencionó: “*en Ciencias... aún no nos enseñan nada porque no tenemos maestro y no tenemos libro ni cuaderno*” (P2).

Por su parte, la categoría ***Estrategias de enseñanza en Matemáticas*** recoge las percepciones de estudiantes respecto a cómo se desarrollan comúnmente las clases de esta asignatura. Una práctica muy mencionada fue el uso del pizarrón por parte del docente para explicar procedimientos, mientras los estudiantes trabajan individualmente en su cuaderno. Un estudiante expresó: “*en matemáticas estamos con la regla de tres, la profe explica en el pizarrón y hacemos apuntes en el cuaderno*” (P4), mientras que otro comentó: “*usa el pizarrón y un cuaderno, nos dice, saquen su cuaderno y pongan el resultado de estas multiplicaciones*” (P7). Estas rutinas parecen ser el eje central de la dinámica de clase y se

refuerza con expresiones como: “*es muy de utilizar el libro o el cuaderno*” (P1).

También se identificó la incorporación de ejercicios de cálculo mental al inicio de la sesión. Esta práctica fue valorada positivamente por algunos estudiantes, quienes la asociaron con agilidad mental o repaso de operaciones básicas. Un participante mencionó: “*me gusta el cálculo mental que nos pone apenas al llegar... va diciendo multiplicaciones y escribimos la respuesta*” (P6), mientras que otro señaló: “*nos pregunta como tablas... debemos responder rápido*” (P2).

Asimismo, la categoría *Estrategias de enseñanza en Tecnología* reúne las descripciones que hicieron los estudiantes sobre cómo se desarrollan regularmente las clases de esta asignatura. De manera general, mencionaron que estas sesiones suelen realizarse en el aula de cómputo y que las actividades se centran en la elaboración de trabajos escritos o resúmenes, similares a los realizados en otras materias, solo que en formato digital. Un estudiante relató: “*en tecnología pues casi siempre nos vamos al aula de computación y hacemos trabajos igual de... el libro, la profe nos dice hacer resúmenes y al último como dar nuestra opinión acerca del tema*” (P1), mientras que otro comentó: “*en tecnología... nos hace hacer resumen*” (P2).

Además, algunos participantes destacaron que los docentes también solicitan redactar conceptos o realizar investigaciones adicionales sobre los temas tratados. Por ejemplo, una estudiante mencionó: “*la profe de tecnología a veces nos pone a investigar conceptos*” (P5). De forma similar, otro comentó: “*nos explica, escribe lo que tenemos que escribir y nos hace preguntas y nos hace hacer resumen*” (P2).

Finalmente, se identificó la incorporación de plataformas digitales como parte del trabajo cotidiano en la asignatura, lo cual se percibe como una diferencia con respecto a otras materias. En palabras de un estudiante: “*Informática, vamos a aula de medios de vez*

en cuando, usamos la computadora, usamos documentos, Classroom y Sofía Xt” (P6). Otro participante agregó: “en tecnología hacemos trabajos en Classroom, también resúmenes pero en la computadora” (P7).

7.8.2. Motivación STEM

Esta unidad de análisis agrupa los hallazgos relacionados con los factores asociados a la motivación hacia el aprendizaje de las áreas STEM. Las categorías incluidas en esta unidad fueron: (1) actividades preferidas, (2) actividades no preferidas, (3) participación en clase, (4) emociones en clase y, (5) factores de motivación personal. A través de los códigos propuestos, se analizaron los aspectos que generan mayor o menor motivación, así como el entorno emocional, escolar y familiar que condiciona la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de estas áreas.

Dentro de la categoría *Actividades preferidas*, se agrupan las respuestas de los estudiantes sobre los tipos de actividades que disfrutan realizar durante las clases, tanto dentro como fuera de las áreas STEM. Las percepciones reflejan una variedad de intereses que van desde lo artístico hasta lo participativo o investigativo. Varios estudiantes mencionaron que prefieren aquellas tareas que implican menor complejidad o que permiten expresar su creatividad. En ese sentido, se identificaron comentarios vinculados con las actividades creativas, como *“yo creo que dibujar” (P3)*, o bien, *“pues hay trabajos que no están tan difíciles, como los resúmenes... hay veces que nos hacen hacer dibujos o cartulinas” (P1)*. Estas actividades parecen percibirse como más accesibles y relajadas.

Por otro lado, se destaca el gusto por las dinámicas y juegos, especialmente aquellos que involucran participación activa. Un estudiante relató: *“la de matemáticas, un juego en el que tienes que lanzar como unos dardos y vas sacando resultados. Me gustó más que las*

clases normales y participé más” (P2). Otro describió: “*nos hacen pasar enfrente... la profe de matemáticas nos dice un número y nos da hojas y tenemos que pasar antes que los demás... son como competencias, me gustan esas actividades*” (P7). Estas expresiones evidencian una preferencia por clases con dinámicas que promueven la interacción.

Además, se identificaron comentarios relacionados con las actividades de investigación y búsqueda de información, por ejemplo, “*la profe de tecnología a veces nos pone a investigar conceptos y eso me gusta porque creo que es más rápido y más fácil que se te quede en la mente*” (P5). Esta modalidad parece ser bien recibida cuando se percibe como útil o práctica para el aprendizaje.

Finalmente, algunas expresiones reflejaron interés por las actividades experimentales o por asignaturas específicas. Por ejemplo, “*en ciencias me gustan los experimentos, no hemos hecho muchos, pero me da curiosidad*” (P6), o “*también disfruto aprender más cosas de matemáticas porque se me complica*” (P4), lo que refleja una disposición a involucrarse más en contenidos que despiertan su atención o presentan retos personales. También se mencionó: “*las de computación*” (P7), destacando áreas que resultan atractivas por su componente tecnológico.

Por el contrario, la categoría *Actividades no preferidas* incluye los hallazgos relacionados con las tareas que los estudiantes disfrutaron menos o que consideran poco atractivas. Una de las actividades que más incomodidad genera es la exposición en público. Varios participantes mencionaron que esta dinámica les causa vergüenza o incomodidad al hablar frente a sus compañeros. Un caso representativo fue: “*yo creo que las exposiciones. Me da como vergüenza pararme en frente de todos y como hablar y luego si me equivoco, ay no, me da pena*” (P1).

Asimismo, se identificaron dificultades asociadas a los contenidos de matemáticas,

especialmente en temas que los estudiantes consideran complicados. Por ejemplo, una estudiante comentó: *“las que menos me gustan son las de matemáticas, dividir porque no le entiendo mucho y se me complica más”* (P3), mientras que otra agregó: *“creo que matemáticas. O sea, me gusta, pero no soy muy buena en eso, no se me da”* (P2). De forma similar, otro participante señaló: *“pues a mí se me hace un poco difícil matemáticas”* (P7).

Por otro lado, algunos estudiantes señalaron que les desagradan las actividades extensas o repetitivas, como redactar trabajos largos o responder constantemente cuestionarios. Un ejemplo de esto fue: *“no me gusta cuando los trabajos son muy extensos y debo escribir muchas páginas”* (P4). En la misma línea, se expresó: *“lo que no me gusta es responder cuestionarios y hacer resúmenes, creo que lo hacemos tanto que es como que ya no, cálmense”* (P5).

Finalmente, también se identificaron comentarios negativos hacia las actividades que implican lectura y búsqueda de información en el libro de texto. Un estudiante comentó: *“pues yo no soy fan de la lectura, no me gusta mucho, pero aparte no me gusta sacar del libro... voy a una pregunta, tengo que leerlo y cuando encuentre anotarlo y seguir leyendo para encontrar otra pregunta y eso no me gusta mucho”* (P6), lo que refleja una percepción de incomodidad o aburrimiento frente a este tipo de tareas.

Con respecto a la categoría **Participación en clase**, se recogen los hallazgos relacionados con el nivel de intervención de los estudiantes durante las sesiones en áreas STEM. En general, las percepciones apuntan a una participación limitada, condicionada por factores como la seguridad en las respuestas, la dinámica del grupo y las estrategias empleadas por los docentes. Algunos participantes mencionaron que suelen participar únicamente cuando se sienten seguros o cuando se les solicita de forma directa: *“a veces sí participo, por ejemplo, estamos resolviendo un problema en matemáticas y la maestra*

pregunta el resultado, si puedo responder, participo" (P1), "si me piden que participe, lo hago... no me gusta mucho, pero lo hago" (P5) o "sí participo, cuando algo lo tengo claro me gusta decirlo, levanto la mano y participo. O si me lo preguntan directamente, yo respondo con lo que sé" (P6).

Asimismo, se identificaron comentarios que reflejan cómo la timidez o el ambiente en clase pueden dificultar la participación: *"la mayoría de veces no participo porque me da vergüenza y me la paso sentada escribiendo. No hablo mucho" (P3)* y otro comentario al respecto fue: *"en lo que se me hace más difícil participar es en las exposiciones o cuando tengo que hablar frente al grupo, porque me da pena equivocarme" (P1)*, lo cual evidencia una barrera emocional que limita su involucramiento.

Por otro lado, se señaló que en algunos casos la escasa promoción de la participación por parte del docente también influye. Comentarios como *"no soy muy participativo porque no me lo piden" (P7), "no paso al pizarrón... no nos piden eso" (P4)* o *"yo creo que en ninguna actividad me ponen a participar, solo en el cuaderno" (P3)* sugieren una falta de estrategias específicas que incentiven la participación activa del grupo. Sobre concursos o competencias, una estudiante resumió: *"no participo en concursos, de hecho no hacen o no estoy enterada que hagan" (P1).*

Por su parte, la categoría ***Emociones en clase*** recoge las percepciones de los estudiantes sobre las emociones experimentadas durante sus clases en áreas STEM. Los hallazgos revelan una presencia significativa de emociones negativas, como presión, nerviosismo y tensión, especialmente durante las clases de matemáticas o en ambientes poco estructurados. Algunos estudiantes manifestaron sentirse presionados cuando son cuestionados sobre temas que no dominan: *"más que nada nervioso, por si me preguntan algo a mí y no me lo sé, ahí llega el nervio" (P4).*

También se reportaron emociones asociadas al desorden del grupo o a la falta de control docente, lo cual genera incomodidad: *“pues a veces como que me pongo tensa o estresada, porque como la profe es nueva, a veces no tiene mucho control de la clase y como que todos gritan y no le hacen caso”* (P5). Esta tensión derivada del ambiente del aula parece influir en la disposición emocional de los estudiantes frente al aprendizaje.

En cuanto al ambiente de clase, se reportaron sentimientos de presión o tensión, especialmente vinculados a la actitud del docente. Un estudiante compartió: *“el ambiente se pone tenso, la profe es estricta y todos tenemos miedo de hablar, de movernos, de equivocarnos”* (P5), reflejando cómo el clima emocional también forma parte de la experiencia de aprendizaje en esta asignatura.

Sin embargo, no todas las emociones fueron negativas. Algunos testimonios expresaron sentimientos positivos vinculados con docentes que logran establecer ambientes tranquilos o explicaciones claras: *“la profe nos da una gran calma y nos hace sentir en un ambiente bien padre”* (P5), o *“en esa clase me siento bien, porque explican bien y la profe nos escucha”* (P2). Estas percepciones reflejan que, en ciertos contextos, las clases pueden ser experimentadas de forma emocionalmente favorable.

La categoría ***Factores de motivación personal*** agrupa las razones individuales que impulsan a los estudiantes a esforzarse en su aprendizaje en las áreas STEM. Los hallazgos muestran que muchas de estas motivaciones están relacionadas con el deseo de superarse y alcanzar metas personales. Algunos participantes mencionaron que buscan *“ser alguien en la vida”* (P3), mientras que otros explicaron que su esfuerzo responde al deseo de demostrar algo a su familia: *“por mis papás, porque yo he tenido muchos problemas con ellos y pues quiero mínimo terminar la secundaria, quiero demostrarles que puedo hacerlo”* (P4).

También se identificaron motivaciones asociadas al interés por aprender más o mejorar en contenidos que les resultan difíciles. Un estudiante comentó: *“porque quiero que se me dé, quiero aprender más”* (P2), y añadió que *“en matemáticas, cuando no sé algo, se que tengo que investigar y pues me motiva investigarlo”* (P2). Otro expresó que le motiva la novedad: *“a mí me motivan las cosas nuevas y me enfada la rutina”* (P5).

Finalmente, algunos estudiantes indicaron que sentirse reconocidos por sus padres o recibir recompensas es un incentivo importante: *“si me va bien, mis papás me felicitan y me siento bien”* (P3), o *“pues a veces me dicen que si saco buenas calificaciones me van a dar algo”* (P6). Estas percepciones evidencian que el entorno familiar también tiene un rol relevante en su disposición hacia el aprendizaje.

7.8.3. Aprendizaje STEM

Esta unidad de análisis se centra en los hallazgos relacionados con el aprendizaje y desempeño académico asociado a STEM percibido por los estudiantes. Las categorías incluidas en esta unidad fueron: (1) aprendizaje percibido y, (2) calificaciones y desempeño. A partir de los códigos identificados en cada categoría, se analizaron las percepciones de los estudiantes sobre su capacidad para aprender los contenidos, las dificultades que enfrentan y la forma en que evalúan su propio desempeño en estas áreas.

Primeramente, en relación con las percepciones sobre el aprendizaje, la categoría *Aprendizaje percibido* integra las opiniones de los estudiantes sobre lo que consideran que han aprendido en los contenidos STEM. En general, los hallazgos muestran que los participantes reconocen cierto dominio en operaciones básicas, aunque también señalan vacíos importantes en temas más complejos. Por ejemplo, un estudiante expresó: *“siento*

que lo básico, como sumar y multiplicar, sí lo sé, pero cuando ya son ecuaciones o fracciones me pierdo” (P1). Otro compartió: “yo puedo resolver operaciones sencillas, pero si me ponen problemas con varios pasos ya no sé por dónde empezar” (P3), mientras que otro añadió: “hay muchas cosas que no sé hacer, como cuando piden resolver ecuaciones, porque nunca me han quedado claras” (P7).

Asimismo, en el caso de Ciencias, la mayoría de los participantes manifestó sentirse más cómodos con la memorización de conceptos teóricos, pero no con su aplicación práctica. Un estudiante indicó: *“en ciencias me aprendo los conceptos, como lo que es un átomo o las partes de una célula, pero si me piden explicarlo no sé, solo me los aprendo de memoria” (P2). Otro comentó: “si me piden explicar un tema sin el libro no sabría por dónde empezar” (P4), mientras que otro agregó: “todo es muy automático, en realidad solo copiamos la información” (P5).*

Por otro lado, respecto a los contenidos de Tecnología e Ingeniería, varios estudiantes expresaron que su aprendizaje ha sido limitado a herramientas básicas que ya conocían. Como señaló un participante: *“en tecnología sé usar lo básico, pero siento que no he aprendido nada nuevo, solo lo que ya sabía de la primaria” (P5).*

Finalmente, algunos estudiantes reconocieron que han pasado de grado sin haber consolidado los aprendizajes esperados. Uno de ellos dijo: *“a veces siento que paso de grado, pero sin aprender lo que debería” (P3).*

En cuanto a las valoraciones que hacen los estudiantes sobre la categoría **Calificaciones y desempeño** refleja percepciones diversas respecto a su desempeño en las áreas STEM. En particular, las matemáticas se señalaron como la asignatura más difícil, con calificaciones bajas o apenas aprobatorias. Al respecto, algunos estudiantes expresaron: *“en matemáticas 6. En ciencias no sabría porque casi no he tenido clases” (P2), “no le*

entendiendo mucho esas clases y se me complica aprender” (P3), “la verdad creo que no sé casi nada, o sea, me lo aprendo en el momento, pero ya después se me olvida” (P6), “de Matemáticas no sé nada” (P7).

Por el contrario, algunos estudiantes indicaron que su desempeño en Ciencias o Tecnología es más favorable, ya que consideran que las actividades son sencillas o más comprensibles. Así lo mencionó un estudiante: *“pues la mayoría son fáciles... sí entendemos, las actividades son sencillas” (P5)* y otro expuso *“en realidad es fácil sacar buenas calificaciones en Ciencias y Tecnología, es muy fácil el trabajo” (P1)*. Estos hallazgos reflejan que el desempeño percibido varía entre asignaturas y que, mientras algunas áreas son vistas como accesibles, las Matemáticas continúan siendo una asignatura con dificultad académica.

7.8.4. Uso y experiencia previa con tecnología y juegos educativos

Esta unidad de análisis agrupa los hallazgos relacionados con la integración de recursos tecnológicos en el aula y las experiencias previas de los estudiantes con aplicaciones o juegos educativos, así como el uso que le dan a la tecnología en su vida diaria. Las categorías asociadas a esta unidad fueron: (1) integración docente de tecnología, (2) uso estudiantil de tecnología, (3) experiencias previas con juegos, (4) expectativas sobre el uso de tecnología en sus clases. A partir de los códigos asociados a cada categoría se identificaron las principales maneras en las que los estudiantes han utilizado tecnología y juegos, tanto en educación como en su vida cotidiana.

En relación con los recursos digitales empleados en las clases, la categoría ***Integración de tecnología en el aula*** reúne los hallazgos relacionados con los espacios, plataformas y recursos tecnológicos utilizados por los docentes. La mayoría de los

estudiantes coincidió en que el uso de tecnología se limita principalmente a la asignatura de Tecnología, donde se emplean plataformas como *Classroom* o *Sofía XT*, así como documentos digitales. Algunos estudiantes mencionaron: “*nos metemos a una aplicación que se llama SOFIA XT y hacemos ejercicios*” (P3), “*la app se llama Sofía, creo que es la única... eso lo usábamos todos en clases en línea, pero ya que estamos presencial ya nadie usa tecnología solo ella*” (P5), “*vamos al aula de medios de vez en cuando, usamos la computadora, usamos documentos, Classroom y Sofía XT*” (P6), y “*en Tecnología hacemos trabajos en Classroom, también resúmenes pero en la computadora*” (P7).

Además, se identificó que en otras asignaturas como Historia y Español, el uso de tecnología se reduce a la proyección de contenidos audiovisuales mediante proyectores. Como lo comentaron algunos participantes: “*el de historia nos trae aquí a poner videos a veces... proyecta videos aquí en la biblioteca*” (P4), “*solo a veces el profe de Historia... nos ha traído aquí a la biblioteca a proyectarnos la información*” (P5), y “*a veces en español proyecciones. Es con proyectores y computadoras para el maestro*” (P7).

En relación con las interacciones lúdicas dentro y fuera del aula, la categoría ***Experiencias previas con juegos*** agrupa los hallazgos sobre el contacto que los estudiantes han tenido con actividades recreativas o gamificadas, tanto en clase como en su vida cotidiana. En general, se identificó que estas experiencias han sido esporádicas y, en su mayoría, sin un enfoque pedagógico explícito. Algunos estudiantes comentaron que sus docentes permiten juegos al final de la clase con un propósito recreativo: “*acabamos con una actividad que era fácil y nos poníamos a jugar basta y cosas así... pero eran para diversión, no para enseñarte*” (P1).

En el caso de Matemáticas, se mencionaron dinámicas que integraron competencias entre equipos o juegos físicos, lo que favoreció una mayor participación por parte de

algunos estudiantes: *“la profe de Matemáticas, un juego en el que tienes que lanzar como unos dardos y vas sacando resultados... me gustó más que las clases normales y participé más”* (P2), *“la profe de Matemáticas nos dice un número y nos da hojas y tenemos que pasar enfrente antes que los demás, hace equipo, son como competencias, me gustan esas actividades”* (P7).

Además, varios participantes recordaron el uso de la aplicación *Sofía XT* durante las clases en línea y en Matemáticas, ya que integra actividades con puntajes y mini juegos de agilidad mental: *“en Matemáticas una página, la app se llama Sofía, es una página de actividades que hacen puntos y así... eso lo usábamos todos en clases en línea”* (P5), *“Sofía XT, tiene juegos de memoria, de agilidad mental... los juegos de Sofía XT me gustan porque son de agilidad mental más que nada”* (P6).

Por último, también se identificaron menciones sobre videojuegos en la vida cotidiana, los cuales forman parte de sus rutinas de entretenimiento. Varios estudiantes mencionaron consolas como *Xbox* o el celular, y títulos populares como *Fortnite* o *FIFA*: Por ejemplo: *“la consola para distraerme, uso el Fortnite, también FIFA”* (P4), *“si juego, juego videojuegos en mi teléfono... tengo un Xbox One”* (P6), *“tengo mi teléfono y una computadora. Y un Xbox, los uso como entretenimiento”* (P7).

Respecto a las ideas que los estudiantes tienen sobre cómo debería incorporarse la tecnología en sus clases, la categoría ***Expectativas sobre el uso de tecnología en sus clases*** reúne los hallazgos sobre las formas en que desearían que se aplicaran los recursos digitales en el aula. En primer lugar, se destacó la percepción de que la tecnología podría hacer las clases más dinámicas y romper con la rutina tradicional: *“Es que algunas materias son como aburridas y me gustaría más que pues metiera como más tecnología para que no fuera tan aburrida y tanto lo de siempre”* (P1).

Además, se identificó un interés por el uso más frecuente de proyectores, imágenes y videos como herramientas para facilitar la comprensión de los contenidos: *“más, porque, por ejemplo... están los, como se llaman los, estos que son como para imágenes que los ponen y... cañones... Eso me gustaría más porque pues las universidades tienen eso”* (P2). Otros comentarios al respecto fueron: *“si me gustaría, tal vez proyectando los ejercicios que vamos a hacer y explicando mejor, estaría bien explicaciones con videos”* (P3), *“pues en vez del pizarrón hacer como esto, que proyecten más cosas”* (P4), y *“pues igual un poquito de todo, pues los proyectores siento que sí, pero como que lo usen más para rapidez y que sea más práctico y para que pongan atención”* (P5).

Finalmente, un estudiante compartió una expectativa que, si bien reconoció como fantasiosa, refleja su deseo de contar con más recursos digitales disponibles para el trabajo en clase: *“pues sería algo fantasioso, porque yo me imagino cosas muy de mucha fantasía. (...) podríamos traer una computadora a clases, yo creo que estaría bien para hacer trabajos más fáciles, ahí poner apuntes y esas cosas, es fantasioso, pero estaría muy padre que todos tengamos una computadora, así como en las películas”* (P6).

7.8.5. Expectativas sobre el uso educativo de juegos en VR

Esta unidad integra los hallazgos relacionados con el conocimiento y las experiencias previas de los estudiantes respecto a la VR, así como las emociones y expectativas que genera su futuro uso en el contexto educativo. Las categorías incluidas en esta unidad fueron: (1) conocimiento previo sobre VR, (2) experiencias previas con VR y, (3) expectativas y emociones sobre VR. A partir de los códigos asociados a dichas categorías, se interpretaron las percepciones de los estudiantes en torno al potencial de los juegos en VR para favorecer su aprendizaje.

En relación con las ideas previas que los estudiantes tenían sobre la VR, la categoría **Conocimiento previo sobre VR** recoge los hallazgos asociados a sus descripciones iniciales sobre esta tecnología. La mayoría la relacionó con el uso de lentes especiales que permiten visualizar entornos en 360 grados y que provocan la sensación de estar en otro lugar: Al respecto, algunos fragmentos representativos son: *“pues es como los lentes, los que te enseñan, o sea como el celular, pero de que lo puedes sentir como real”* (P1), *“son como unos lentes y es como que pones algo en 360 grados, no he usado nunca realidad virtual”* (P4), *“son como con los lentes dobles y como que ves y te puede llevar a varios lados, puedes ver y te lleva a otro lugar, pero pues todo es con tecnología, no es real”* (P5), y *“pues es cuando no sé explicarlo literalmente. Pues es realidad aumentada con unas gafas, que sería como un teléfono pero más pegado a la cara y en el cual puedes girar 360”* (P6).

También se identificó que algunos estudiantes habían tenido contacto con la VR a través de videos o redes sociales, principalmente en el contexto del entretenimiento o los videojuegos: *“pues yo he visto de que solamente juegan o son como unos monitos que se mueven o para buscar temas o enseñarte como estructuras”* (P2), o *“la VR se usa para los videojuegos”* (P7).

La categoría **Experiencias previas con VR** agrupa los testimonios sobre el uso anterior de esta tecnología por parte de los estudiantes. Algunos participantes mencionaron no haber tenido contacto con dispositivos de VR: *“son como unos lentes, y es como que pones algo en 360 grados, no he usado nunca realidad virtual”* (P4), *“no, nunca he utilizado realidad virtual”* (P5).

Por otro lado, algunos estudiantes relataron experiencias recreativas vividas en el contexto familiar, especialmente a través de videojuegos: *“una vez en casa de un primo, estábamos jugando un videojuego. Me gustó”* (P7), *“No recuerdo cómo se llamaba...”*

aparecían preguntas y tenías como 10 segundos para responder... me gustó mucho” (P2).

También se identificaron referencias a usos escolares previos de la VR, principalmente en una actividad que llevaron a la secundaria sobre prevención del consumo de drogas. Sin embargo, estas experiencias no fueron completamente positivas para todos los estudiantes: *“eran unos videos... explicaban sobre por qué está mal elegir las drogas... no me gustó que no se sentían reales” (P3), “sí, aquí sí... nos pusieron un cuestionario acerca de las drogas... hubo una escena... estuvo muy incómodo lo del volumen, yo no sabía bajarle y me aturdí” (P6).*

La categoría **Expectativas y emociones sobre VR** recoge las impresiones de los estudiantes en torno a cómo imaginan la experiencia con VR en el entorno escolar. En general, manifestaron entusiasmo, curiosidad y una disposición positiva ante lo nuevo. Por ejemplo: *“me pongo un poco feliz y un poco nerviosa” (P2), “emocionada” (P3), “contento por probar experiencias nuevas. Espero que sea emocionante y que sí aprendamos” (P4), “me siento emocionada porque siento que es algo nuevo (...) me gusta que será algo nuevo, súper chido” (P5), “espero diversión, pero que sea entretenido y a la vez educativo” (P6), “divertida” (P7).*

Por último, el componente emocional, los estudiantes expresaron expectativas académicas positivas. Consideran que la VR puede facilitar el aprendizaje a través de explicaciones visuales o actividades más dinámicas. Por ejemplo: *“tal vez te puede enseñar algo más fuera de lo que te enseñan” (P2), “yo digo que sí, porque como estoy muy acostumbrada al teléfono y eso tal vez me ayudaría un poco más” (P3).* Otro comentario sobre sus expectativas de aprendizaje con el uso de VR fue: *“sí, considero que en las manos correctas todo es bueno (...) en casos como tecnología y ciencias, yo creo que sí sería más útil la realidad virtual porque podríamos hacer experimentos y esas cosas” (P6).*

CAPÍTULO VIII:

EXPERIMENTO

El experimento se llevó a cabo inmediatamente después de la fase de entrevistas del primer estudio, con el propósito de analizar el efecto cuantitativo del juego educativo *STEM + VR* en el aprendizaje y la motivación STEM en estudiantes de secundaria. A través de un diseño experimental puro, se contrastaron los resultados obtenidos por el grupo experimental y el grupo de control en las mediciones aplicadas antes y después de la intervención. Este capítulo describe la metodología empleada, el diseño y validación de los instrumentos, la planeación y ejecución de la intervención, así como las estrategias de análisis y los resultados derivados del estudio experimental.

8.1. Objetivo del estudio

El objetivo del estudio fue comparar el nivel de aprendizaje y motivación STEM entre estudiantes del grupo experimental y del grupo de control, antes y después de la intervención con el juego *STEM + VR*.

8.2. Diseño del estudio

Se diseñó un experimento con base en los lineamientos de Kerlinger y Lee (2002), que incluyeron la manipulación de la variable independiente mediante la implementación del juego *STEM + VR*, la asignación aleatoria de los participantes a un grupo experimental y a un grupo de control, el control de variables externas a través de la estandarización de procedimientos y la realización de mediciones pretest y posttest para evaluar cambios en el aprendizaje y la motivación hacia las áreas STEM.

El grupo experimental recibió la intervención con el juego, mientras que el grupo de control no fue expuesto a dicha condición hasta después de las evaluaciones finales. De esta manera, el grupo experimental permitió observar los efectos directos de la manipulación de la variable independiente, en tanto que el grupo de control funcionó como referencia para verificar que los cambios observados se debieron a la intervención.

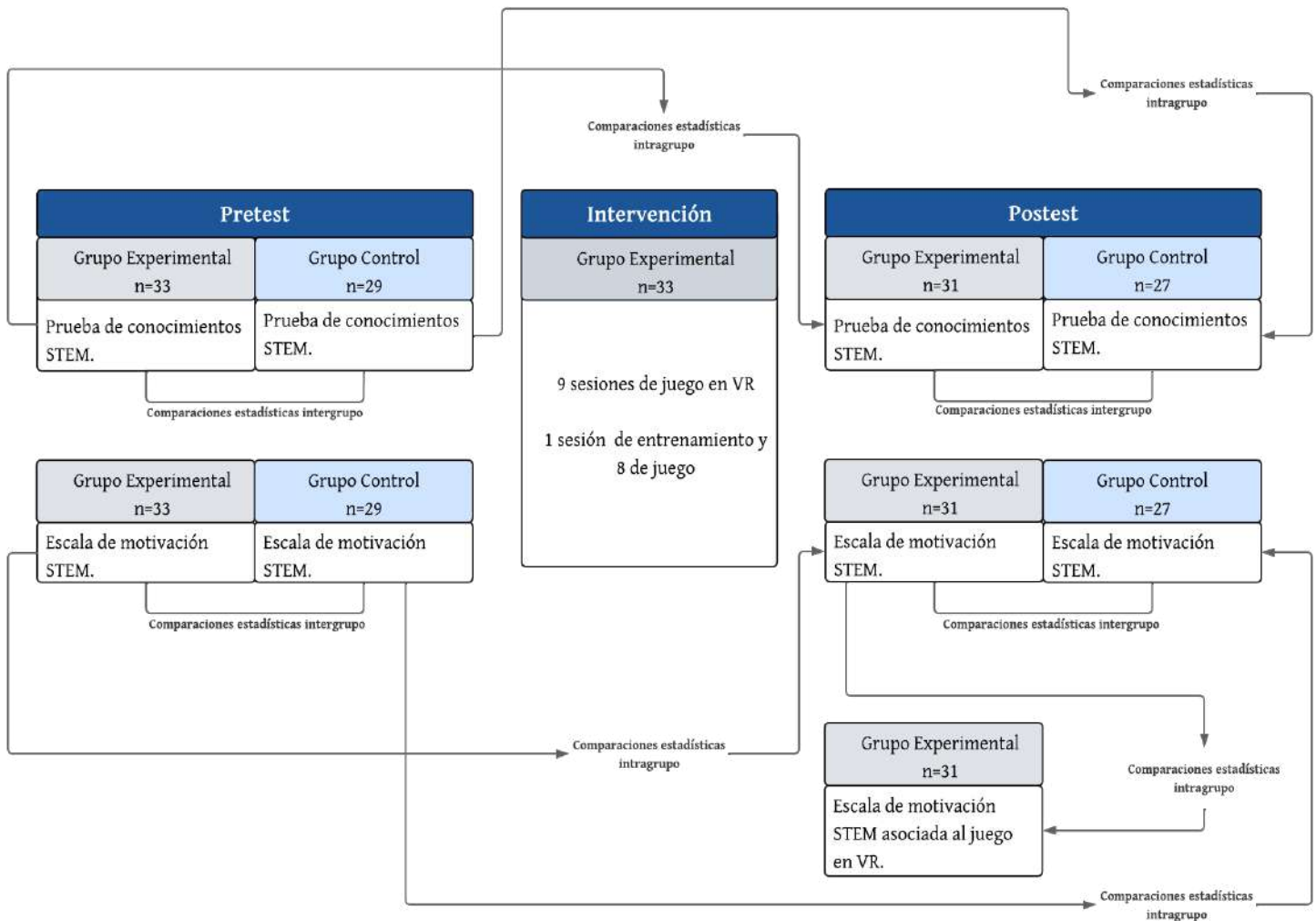
Los estudiantes fueron seleccionados y distribuidos aleatoriamente en ambos grupos para equilibrar sus características iniciales, cumplir con la equivalencia entre ellos y fortalecer la validez interna del diseño. A su vez, la intervención fue monitoreada para asegurar su aplicación homogénea y evitar la influencia de variables externas. La aplicación estandarizada de los instrumentos en ambos grupos contribuyó a mantener condiciones comparables antes y después de la intervención.

Hernández-Sampieri et al. (2014) señalan que el diseño experimental es apropiado para evaluar intervenciones específicas bajo condiciones de control. Esta característica resulta pertinente en el presente estudio, enfocado en medir el aprendizaje y la motivación hacia las áreas STEM como variables dependientes. En la Figura 27, se visualizan los detalles del diseño asociado al experimento, el cual se estructuró en tres fases:

- a) Pretest: Evaluación inicial de aprendizaje y motivación STEM.
- b) Intervención: Aplicación del juego *STEM + VR* al grupo experimental, mientras que el grupo de control no recibió tratamiento.
- c) Postest: Evaluación final de aprendizaje y motivación STEM. En esta fase, además, se aplicó una escala complementaria de motivación STEM atribuida específicamente al juego, cuyo propósito fue comparar dicho efecto con la motivación STEM general, sin formar parte del contraste experimental directo.

Figura 27

Esquema del diseño experimental del estudio.



Nota. Diseño experimental con base en Kerlinger y Lee (2002). Las comparaciones intergrupo se refieren a análisis entre el grupo experimental y el grupo de control (muestras independientes), mientras que las comparaciones intragrupo corresponden a análisis dentro del mismo grupo entre pretest y posttest (muestras relacionadas).

8.3. Participantes del estudio

La muestra estuvo conformada por 62 estudiantes de tercer grado de secundaria, distribuidos en 33 del grupo experimental y 29 del grupo de control. La edad promedio fue de 14 años. Como se detalló previamente, no se encontraron diferencias significativas entre

ambos grupos en edad, promedio general ni distribución por sexo, lo que confirmó su equivalencia inicial para el desarrollo del experimento. Respecto a la experiencia previa con VR, el 63.6% del grupo experimental y el 55.2% del grupo de control reportaron haber utilizado esta tecnología anteriormente.

Al categorizar los promedios en cuatro niveles (Excelente, Muy bueno, Bueno y Bajo), se observó que el 39.4% del grupo experimental se ubicaba en el nivel Excelente (9–10), mientras que en el grupo de control este porcentaje fue del 20.7%. En contraste, el 69% del grupo de control se situó en la categoría Muy bueno, frente al 42.4% del experimental. En suma, la mayoría de los estudiantes se concentró entre los niveles Muy bueno y Excelente.

8.4. Diseño, desarrollo y validación de instrumentos de medición

Con el objetivo de evaluar el aprendizaje y la motivación STEM de los estudiantes, se diseñaron y aplicaron diversos instrumentos de medición en distintas fases del experimento. La Tabla 15 resume los métodos utilizados, los instrumentos aplicados, la fase de implementación y los participantes involucrados.

Tabla 15

Métodos para la recolección de datos.

Método	Instrumento	Fase de aplicación	Participantes
Evaluación criterial	Prueba de conocimientos STEM	Pretest y postest	Grupo de control y experimental
Escala	Escala de motivación STEM	Pretest y postest	Grupo de control y experimental
Escala	Escala de motivación STEM asociada al juego en VR	Al término de la intervención	Grupo experimental

Nota. Elaboración propia.

8.4.1. Prueba de conocimientos STEM

Para evaluar el efecto del juego en VR en el aprendizaje de contenidos STEM se diseñó una prueba criterial. De acuerdo con Popham (1983, citado en Blanco, 1996), una prueba basada en criterios permite determinar la posición de un individuo con respecto a un dominio de conocimientos bien definido.

8.4.1.1. Diseño y desarrollo de la prueba

Para definir los contenidos que conformaron la prueba, en primer lugar se realizó un análisis del juego *STEM+VR*. Se utilizó como referente el estudio de Silva-Díaz et al. (2019), quienes previamente habían identificado los temas abordados por el juego en cada una de las áreas STEM. A partir de esta base, se llevaron a cabo diversas sesiones de juego con el propósito de examinar detalladamente los contenidos trabajados, las instrucciones proporcionadas al usuario, los desafíos que se presentan y el tipo de preguntas o problemas que se plantean durante el juego. La información obtenida en esta fase permitió definir los contenidos que debían ser incluidos en la prueba y diseñar los ítems de manera que se alinearan al enfoque del juego.

Una vez establecidos los contenidos desde la perspectiva del software, se llevó a cabo un segundo análisis enfocado en el currículo oficial de educación secundaria en México. Para ello, se revisó el programa sintético de la fase 6 de la SEP (2022a), con el fin de ubicar los temas presentes en el juego dentro de los contenidos que los estudiantes de secundaria deben cursar formalmente. Este paso permitió alinear los contenidos abordados por el juego *STEM + VR* con los temas previstos en el currículo nacional, asegurar la pertinencia de la prueba para el nivel educativo de los participantes y reforzar su validez

curricular (ver Tabla 16).

Tabla 16

Contenido del software STEM + VR por área temática.

Contenido	Ubicación en el currículo mexicano
Área temática: Ciencias	
Sistema solar	<i>Física segundo grado</i> Contenido 8: Composición del Universo y el Sistema Solar. 8.2.3. Relaciona e interpreta las características y dinámica del Sistema Solar con la gravitación y el movimiento de los planetas, en particular el caso de la Tierra y la luna.
Clasificación de seres vivos	<i>Biología primer grado</i> Contenido 6: La biodiversidad como expresión del cambio de los seres vivos en el tiempo. 6.1.2. Indaga las principales de Darwin y Wallace, las identifica como una de las explicaciones más fundamentales acerca del origen de la biodiversidad, reflexiona acerca de cómo han cambiado, reconoce que los conocimientos científicos son un proceso de construcción permanente.
La célula	<i>Biología primer grado</i> Contenido 8: Importancia del microscopio para el conocimiento de las células y la biodiversidad. 8.1.2. Describe las estructuras y funciones básicas de la célula a partir de modelos, explica la participación de la membrana y el citoplasma en las funciones de nutrición y relación, y del núcleo en la reproducción y herencia.
Contenido	Ubicación en el currículo mexicano
Área temática: Tecnología	
Sostenibilidad: Reciclaje	<i>Química tercer grado</i> Contenido 4: Presencia de contaminantes y su concentración, relacionada con la degradación y contaminación ambiental de la comunidad. 4.3.3. Diseña y lleva a cabo proyectos comunitarios con la intención de proponer medidas preventivas o alternativas de solución, factibles y sustentables para el cuidado de la salud y el medio ambiente.
Proceso de fabricación	<i>Geografía primer grado</i> Contenido 7: Los procesos productivos y sus consecuencias ambientales y sociales en la comunidad de México y el mundo. 7.1.2. Analiza y relaciona distintos procesos productivos sustantivos en la conformación social, económica y espacial de las sociedades a nivel mundial, para identificar sus contradicciones y desigualdades.
Componentes de un ordenador	<i>Tecnología primer, segundo y tercer grado</i> Contenido 1: Herramientas, máquinas e instrumentos, como extensión corporal, en la satisfacción corporal, en la satisfacción continua de intereses y necesidades humanas. 1.2.1. Analiza las herramientas, máquinas, instrumentos y formas de organización como una extensión de las posibilidades corporales para solucionar problemas en diversos contextos.
Contenido	Ubicación en el currículo mexicano
Área temática: Ingeniería	
Expresión gráfica de las escalas	<i>Matemáticas tercer grado</i> Contenido 12: Obtención y representación de información. 12.3.1. Lee, interpreta y comunica información de cualquier tipo de gráficas.
Estructura y mecanismo de las fuerzas	<i>Física segundo grado</i> Contenido 5: Interacciones en fenómenos relacionados con la fuerza y el movimiento. 5.2.3. Identifica y describe la presencia de fuerzas en interacciones cotidianas (fricción, fuerzas en equilibrio).
Circuito eléctrico	<i>Física segundo grado</i> Contenido 8: Interacciones de la electricidad y el magnetismo. 8.2.4. Explica el funcionamiento de aparatos tecnológicos de comunicación, a partir de las ondas electromagnéticas.

Contenido	Ubicación en el currículo mexicano
Área temática: Matemáticas	
Números naturales	<i>Matemáticas primer grado</i> Contenido 2: Extensión de los números positivos y negativos y su orden. 2.1.1. Reconoce la necesidad de los números negativos a partir de usar cantidades que tienen al cero como referencia.
Clasificación de triángulo	<i>Matemáticas primer grado</i> Contenido 9: Construcción y propiedades de las figuras planas y cuerpos. 9.1.3. Construye y clasifica triángulos y cuadriláteros a partir del análisis de distinta información.
Geometría: Poliedros	<i>Matemáticas tercer grado</i> Contenido 9: Construcción y propiedades de las figuras planas y cuerpos. 9.3.2. Reconoce las propiedades de los sólidos. 9.3.4. Explora y construye desarrollos planos de figuras tridimensionales, cilindros, pirámides y conos.

Nota. Elaboración con base en la SEP (2022a).

Lo presentado en la Tabla 16 permitió confirmar que el contenido abordado en el juego se alineaba con los objetivos de enseñanza en México para el nivel secundaria. De hecho, fue después de este análisis curricular cuando se decidió el nivel educativo con el cual trabajar. Es decir, primero se seleccionó el juego, posteriormente se revisaron sus contenidos frente al currículo oficial de secundaria y, a partir de ello, se definió que el grado adecuado era tercero de secundaria. Esta elección se debió a que los contenidos del juego *STEM + VR* correspondían a todos los grados escolares, desde primero a tercero de secundaria. Es decir, el juego incluye temas de primero y segundo grado que pueden ser útiles como repaso para los estudiantes de tercer grado y reforzar aprendizajes previos y, a la vez, aborda contenidos propios de su grado educativo. Es por ello, que la prueba evalúa a su vez los contenidos de los tres grados escolares.

Una vez definido el grado y establecidos los contenidos pertinentes, se procedió a determinar el nivel de alcance cognitivo de la información presentada en el juego para elaborar la tabla de especificaciones de la prueba, que incluyó los contenidos, los focos evaluativos y la descripción de los ítems.

La prueba se organizó en cuatro áreas temáticas: Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, con tres temas específicos por área. Cada tema incluyó cuatro ítems, dos en el nivel de recordar y dos en el nivel de comprender, lo que llevó a un total de 48 ítems de opción múltiple. En el Anexo 2, se comparte la tabla con las especificaciones utilizadas para el desarrollo de la prueba de conocimientos.

Para la construcción de los ítems, se tomaron en consideración los temas identificados a partir del análisis del software y el currículo escolar vigente en México. La mayoría de los retos incorporados en el juego *STEM + VR* se ubicaron en el nivel cognitivo de *recordar*, al ofrecer información, explicaciones y actividades orientadas a que el estudiante identifique, reconozca y recupere conocimientos que se impartieron durante el juego. Sin embargo, en la prueba diseñada se incluyeron preguntas dirigidas a evaluar si los estudiantes habían comprendido los conceptos (Anderson y Krathwohl, 2001).

De acuerdo con Anderson y Krathwohl (2001), *recordar* implica la capacidad de recordar información previamente aprendida. Se asocia con habilidades como: identificar, reconocer, listar y repetir conceptos. Por su parte, *comprender* representa un nivel más profundo de aprendizaje, donde el estudiante puede interpretar, ejemplificar, clasificar, resumir, comparar o inferir información.

En la prueba, los ítems se distribuyeron equitativamente entre ambos niveles cognitivos. Cada uno se estructuró en formato de opción múltiple con tres alternativas de respuesta, cuidando que solo una fuera correcta, que las distractoras resultaran plausibles pero claramente distinguibles para estudiantes con conocimiento en el área, y que no se empleara terminología que pudiera generar sesgos en la evaluación. La elaboración de los ítems estuvo a cargo de dos expertos en psicometría y en contenidos de las áreas STEM. En conjunto, la estructura final del instrumento se conformó por:

- a) 48 ítems distribuidos en cuatro áreas del conocimiento (12 Ciencias, 12 Tecnología, 12 Ingeniería y 12 Matemáticas),
- b) tres temas por área, cada uno evaluado con cuatro preguntas,
- c) dos preguntas por tema en el nivel recordar y dos en el nivel de comprender y,
- d) diseño para realizar la aplicación en modalidad presencial, en formato papel y lápiz.

Una vez concluida la primera versión de la prueba, se realizó un pilotaje con tres estudiantes que presentaban características sociodemográficas y académicas similares a las de los participantes previstos en el experimento principal. Este procedimiento permitió verificar la claridad de la redacción y el tiempo estimado de aplicación. El análisis de los datos obtenidos, complementado con las observaciones cualitativas durante la aplicación de la prueba, reveló áreas de mejora en la redacción de algunos reactivos, los cuales fueron ajustados para garantizar mayor precisión semántica, adecuación al nivel de los estudiantes y comprensibilidad del contenido. Asimismo, se revisó la consistencia interna de la prueba preliminar y se atendieron posibles ambigüedades en la formulación de las preguntas.

8.4.1.2. Validación de la prueba

Se realizó un proceso de validación de contenido a través del juicio de expertos, el cual es clave en la construcción de instrumentos de evaluación, dado que permite establecer en qué medida los ítems representan de manera adecuada el dominio de conocimiento que se pretende medir. Con el fin de sistematizar las valoraciones de los jueces, se utilizaron escalas de apreciación que permitieron cuantificar el grado de acuerdo entre los jueces y calcular índices de validez de contenido (Aiken y Lawshe). Este procedimiento garantizó

que los ítems fueran comprensibles, relevantes para los objetivos del estudio y congruentes con el constructo a evaluar.

Para ello, se contó con la participación de un grupo de especialistas en evaluación educativa, en la enseñanza de las matemáticas y las ciencias, en tecnología educativa y en psicometría, quienes analizaron la prueba de conocimientos con base en criterios previamente definidos. La selección de jueces se basó en los siguientes criterios: (1) formación académica en áreas asociadas al estudio, (2) experiencia en el diseño y validación de instrumentos de evaluación, (3) experiencia en la enseñanza y/o evaluación de contenidos STEM o, (4) conocimiento en metodologías de investigación educativa. Los perfiles de los jueces participantes en este proceso se presentan en la Tabla 17

Tabla 17

Perfil de los jueces participantes en la validación de la prueba de conocimientos STEM.

Grado académico	Puesto actual	Experiencia relevante
Doctorado en Innovación Educativa	Investigador y docente	Diseño y validación de instrumentos de evaluación educativa; miembro de cuerpos académicos en medición, innovación y estudios psicopedagógicos.
Doctorado en Ciencias Educativas	Investigador y docente	Evaluación educativa; especialista en diseño, desarrollo y validación de instrumentos de evaluación.
Licenciatura en Matemáticas Aplicadas; estudiante de Maestría en Educación	Docente en secundaria y bachillerato	Experiencia docente en matemáticas en secundaria, bachillerato y universidad; actualmente cursa Maestría en Educación.
Maestría en Educación	Docente de Tecnología en el nivel secundaria	Experiencia en enseñanza de tecnología y ofimática en secundaria; capacitación docente; desarrollo de pruebas en entornos digitales.

Nota. Elaboración propia con base en la información proporcionada por los jueces expertos.

El proceso de validación de contenido se dividió en cinco fases: 1) envío de documentación a los jueces, quienes recibieron una carpeta digital en *Google Drive* con

todos los materiales necesarios para la revisión; 2) evaluación individual de los jueces; 3) registro de los juicios de los expertos en hojas de cálculo en Excel; 4) cálculo de índices de validez de contenido (Aiken y Lawshe); y 5) análisis de las observaciones de los expertos a los ítems que no cumplían con los criterios de las escalas de validación.

A cada uno de los jueces se les hizo una invitación formal por correo electrónico y, posteriormente, se les proporcionó acceso a una carpeta en Google Drive que contenía los materiales necesarios para llevar a cabo la validación. Esta carpeta incluía: una guía con instrucciones detalladas sobre el proceso y los pasos que debían seguir, la ficha técnica de la prueba con información sobre su propósito, población objetivo, estructura y tabla de especificaciones, una hoja de trabajo en Excel para registrar la evaluación de cada ítem y anotar observaciones en caso de requerir ajustes (ver ejemplo en Anexo 3), y la versión preliminar de la prueba en formato PDF, con las respuestas correctas subrayadas para facilitar la revisión. Los jueces registraron sus evaluaciones en la hoja de trabajo, donde indicaron si cada ítem cumplía con los criterios establecidos y anotaron observaciones cuando fue necesario.

La validación de contenido se realizó en función de once criterios tomados de los propuestos en *Standards for Educational and Psychological Testing (2014)*, desarrollados conjuntamente por la American Educational Research Association (AERA), la *American Psychological Association (APA)* y el *National Council on Measurement in Education (NCME)*. Estos criterios permitieron analizar la estructura, redacción y contenido de cada ítem, además de asegurar que la prueba cumpliera con los estándares de precisión y pertinencia. Los criterios utilizados fueron los siguientes:

1. Correspondencia de ítem con su respectiva especificación: Evalúa si el ítem presenta los elementos de la manera en que fueron definidos en la tabla de especificaciones.
2. Corrección conceptual: Verifica si el ítem está libre de errores en el uso de conceptos relacionados con las áreas STEM.
3. Penalización injusta: Analiza si el ítem pone en ventaja a examinados de cierto nivel socioeconómico o cultural.
4. Sesgo de género: Evalúa si el ítem favorece de manera implícita o explícita a examinados de un determinado género.
5. Uso de claves contextuales o gramaticales: Determina si el ítem contiene pistas no intencionales en su redacción, como distractores poco plausibles o estructuras que faciliten la respuesta correcta.
6. Demanda lingüística apropiada: Evalúa si el ítem tiene un nivel de lenguaje adecuado para la población objetivo
7. Corrección ortográfica y de impresión: Verifica que el ítem no presente errores ortográficos o de impresión que puedan afectar su comprensión.
8. Claridad y concisión en la redacción: Determina si la redacción del ítem es clara y esencial para evitar ambigüedades.
9. Suficiencia de los ítems: Evalúa si el número de ítems es suficiente para medir cada foco evaluativo.
10. Suficiencia para medir la dimensión: Revisa si la cantidad total de ítems es adecuada para evaluar la dimensión establecida en la prueba.
11. Recomendación de nuevos ítems: Permite que el juez sugiera la adición de nuevos ítems en caso de identificar vacíos en la evaluación.

8.4.1.3. Resultados de la validación de contenido de la prueba de conocimientos STEM

Para determinar el nivel de acuerdo entre los jueces y validez de contenido de la prueba, se calcularon los índices de contenido de Aiken y Lawshe. El Índice de Validez de Contenido (CVI) de Aiken (Aiken, 1985) se emplea en escalas ordinales para estimar el grado de consenso sobre la relevancia de cada ítem; sus valores oscilan entre 0 y 1, y valores superiores a 0.80 suelen considerarse aceptables. Por su parte, la Razón de Validez de Contenido (CVR) de Lawshe (Lawshe, 1975) evalúa la esencialidad de los ítems, con un rango entre -1 y 1, y un umbral mínimo de 0.75 en el caso de cuatro jueces.

Los valores obtenidos en la validación global de la prueba fueron: *Aiken, global* = 0.96 y *Lawshe, global* = 0.93, lo que refleja un consenso alto y sostenido entre los jueces respecto a la pertinencia de los ítems. Además, se calcularon los coeficientes para cada criterio específico de evaluación (ver Tabla 18).

Tabla 18

Coefficientes de validez de contenido de la prueba de conocimientos STEM por criterio evaluado.

Aspecto a evaluar	Criterio a evaluar	CVI de Aiken	CVR de Lawshe
Correspondencia de ítem con su respectiva especificación	1. ¿El ítem presenta los elementos de la manera en que fueron especificados en la tabla de especificaciones?	1	1
Corrección conceptual	2. ¿El ítem está libre de errores conceptuales?	0.99	0.99
Penalización injusta	3. ¿El ítem pone en ventaja a examinados de cierto nivel socioeconómico o cultural?	0.99	0.99
	4. ¿El ítem pone en ventaja a los examinados de algún género?	1	1
Apego a las convenciones de redacción técnica	5. ¿El ítem presenta determinantes específicos como claves contextuales o gramaticales, distractores poco plausibles, etc.?	0.86	0.73

Demanda lingüística apropiada	6. ¿El ítem presenta una demanda lingüística excesiva o vocabulario complejo, o redacción poco familiar o términos técnicos innecesarios?	0.98	0.96
Demanda cognitiva apropiada	7. ¿El ítem presenta una estructura congruente con el tipo de contenido que evalúa, ya sea un concepto o procedimiento?	0.96	0.93
	8. ¿El ítem suscita los procesos cognitivos pretendidos, según el dominio que se pretende evaluar o el nivel cognitivo especificado?	0.94	0.89
Escritura	9. ¿El ítem carece de errores ortográficos y de impresión?	0.91	0.82
	10. ¿La redacción de ítem es clara y esencial?	0.98	0.96
Suficiencia	11. ¿Los ítems son suficientes para el foco evaluativo?	0.99	0.99
Promedio Global		0.96	0.93

Nota. Resultados de la validación de contenido de la prueba de conocimientos STEM.

A partir del análisis de los resultados, se identificó un alto nivel de concordancia entre los jueces en aspectos clave de la prueba. Los valores más altos se observaron en la correspondencia de los ítems con la tabla de especificaciones (*criterio 1*), la corrección conceptual (*criterio 2*), la suficiencia de los reactivos (*criterio 11*) y la ausencia de sesgos asociados al género (*criterio 4*) y al nivel socioeconómico (*criterio 3*). En estos casos, los coeficientes se ubicaron en niveles cercanos o iguales a 1, lo que indica consenso pleno o casi pleno entre los jueces respecto a la pertinencia de los ítems. Al no recibir observaciones relevantes en estos criterios, no se realizaron modificaciones.

En criterios como la demanda lingüística (*criterio 6*), la claridad de redacción (*criterio 10*) y la demanda cognitiva (*criterios 7 y 8*), los coeficientes se situaron en valores elevados, dentro de un rango aproximado de 0.94 a 0.98 en el CVI de Aiken y de 0.89 a 0.96 en el CVR de Lawshe. Aunque satisfactorios, los jueces realizaron observaciones menores relacionadas con la complejidad terminológica y la congruencia entre algunos

reactivos y los procesos cognitivos esperados. Estas observaciones derivaron en ajustes de redacción que mejoraron la comprensión y precisión conceptual de los ítems.

Los jueces comentaron que, en lo relativo a la *demanda lingüística*, los ítems fueron considerados comprensibles y bien estructurados, aunque algunos incluían tecnicismos que podían representar una barrera para ciertos estudiantes. Para atender esta situación, se ajustaron las redacciones sustituyendo términos especializados por expresiones más accesibles, sin afectar la exactitud conceptual. Respecto a la *claridad de redacción*, los jueces señalaron que en algunos reactivos la formulación podía prestarse a interpretaciones ambiguas. Para subsanar esto, se revisaron los enunciados con el fin de garantizar que la idea central quedara expuesta de manera directa y sin ambigüedades. En cuanto a los criterios asociados a la *demanda cognitiva*, la mayoría de los ítems presentaron coherencia con el nivel de complejidad requerido. No obstante, algunos no activaban los procesos cognitivos esperados. En estos casos, se reformularon los reactivos para asegurar una correspondencia más precisa entre la pregunta y el nivel de procesamiento cognitivo previsto.

En los criterios con valores más bajos, correspondientes a la corrección ortográfica (*criterio 9*) y al apego a convenciones de redacción técnica (*criterio 5*), los coeficientes se ubicaron en un rango entre 0.72 y 0.91. Aunque estos resultados se mantuvieron por encima de los umbrales mínimos de aceptación, señalaron comentarios sobre aspectos específicos que requerían atención para mejorar la calidad técnica de la prueba.

Los jueces comentaron que, en el caso de la *corrección ortográfica*, algunos ítems presentaban errores tipográficos y detalles de puntuación que podían afectar la

presentación. Para subsanar esta situación, se llevó a cabo una revisión minuciosa de la ortografía y la puntuación, asegurando que la versión final quedara libre de inconsistencias. En lo relativo al *apego a convenciones de redacción técnica*, se observaron distractores poco plausibles y la presencia de claves contextuales que podían facilitar la identificación de la respuesta correcta. En respuesta a estas observaciones, se reformularon los distractores para hacerlos más verosímiles y se eliminaron las pistas gramaticales o contextuales que comprometían la validez de los ítems.

Tras estas modificaciones, la prueba cumplió con los criterios formales de claridad y corrección técnica, y además se aseguró que cada reactivo representara de manera precisa el constructo a evaluar. En términos de contenido, se confirmó que la cantidad de ítems era suficiente. Asimismo, se verificó que la prueba no presentara sesgos de género ni de nivel socioeconómico. La versión final del instrumento, con los ajustes incorporados, se encuentra disponible en el Anexo 4.

8.4.2. Escala de motivación STEM

La escala de motivación hacia las áreas STEM fue diseñada con el propósito de medir el grado de motivación de los estudiantes de secundaria hacia el aprendizaje de las áreas STEM. Con base en lo expuesto en el capítulo del marco teórico, la definición del constructo *motivación hacia las áreas STEM* se refiere al impulso tanto intrínseco como extrínseco, que lleva a los estudiantes a comprometerse y perseverar en el aprendizaje dentro de la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas.

8.4.2.1. Diseño y desarrollo de la escala de motivación STEM

En el *Marco Teórico* de esta tesis, se presentó que, desde la perspectiva intrínseca, la motivación incluye el interés genuino por el aprendizaje de los contenidos, el disfrute y la satisfacción personal por alcanzar metas y superar desafíos relacionados con STEM. Desde el ángulo extrínseco, involucra la respuesta que tienen los estudiantes ante recompensas tangibles, como calificaciones y premios; el reconocimiento social de sus logros por parte de maestros y compañeros; y la percepción sobre las oportunidades profesionales y la importancia del aprendizaje STEM en su desempeño laboral.

Con base en lo anterior, se realizó una tabla de especificaciones como parte del diseño de la escala, la cual se conforma por dos dimensiones: motivación extrínseca y motivación intrínseca. A su vez, cada dimensión se divide en tres subdimensiones con un indicador para cada una. Lo anterior se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19

Tabla de especificaciones e ítems de la escala “Motivación hacia áreas STEM”.

Dimensión	Subdimensión	Indicador
Motivación intrínseca	Interés	Grado de interés del estudiante en aprender temas STEM.
	Disfrute	Grado de disfrute que experimenta el estudiante durante las actividades y proyectos con contenidos STEM.
	Satisfacción personal	Grado de satisfacción que siente el estudiante por sus logros obtenidos en las áreas de STEM.
Motivación extrínseca	Recompensas tangibles	Grado de valoración que le da el estudiante a las recompensas tangibles por su desempeño en áreas STEM.
	Reconocimiento social	Grado de valoración que le otorga el estudiante al reconocimiento social que recibe por su desempeño en STEM.
	Oportunidades profesionales	Grado de importancia que le da el estudiante al aprendizaje de áreas STEM para mejorar sus oportunidades laborales.

Nota. Elaboración propia.

Una vez que se concluyó la tabla de operacionalización, se elaboró una escala tipo Likert con enunciados redactados de forma positiva. El nivel de medida de la escala fue ordinal con cuatro categorías de respuesta: *"Totalmente en desacuerdo" (1)*, *"En desacuerdo" (2)*, *"De acuerdo" (3)* y *"Totalmente de acuerdo" (4)*. En total, se propusieron 18 enunciados (3 por cada indicador) y se realizó un pilotaje con tres estudiantes con características similares a los participantes de esta investigación. Como resultado del pilotaje, se realizaron modificaciones menores y se generó un borrador final de la escala.

8.4.2.2. Validación de contenido de la escala de motivación STEM

Se llevó a cabo un proceso de validación de contenido a través de juicio de expertos. Este proceso permitió analizar la pertinencia, claridad y relevancia de cada ítem, así como la suficiencia de éstos. El panel de jueces que colaboró en esta validación se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20

Perfil de los jueces participantes en la validación de la escala de motivación STEM.

Grado académico	Puesto actual	Experiencia relevante
Doctorado en Educación	Investigador y docente	Experiencia en desarrollo de estudios y proyectos de investigación enfocados en la medición de variables psicológicas y educativas.
Maestría en Psicopedagogía	Jefe de departamento psicopedagógico en secundaria	Formación en pedagogía y psicopedagogía; diplomados en estrategias de aprendizaje y en trastornos del neurodesarrollo; experiencia en diseño de programas educativos personalizados.
Maestría en Psicología, estudiante de Doctorado en Ciencias Educativas	Docente y doctorante	Experiencia como supervisora académica, revisora y asesora en programas de nivel básico y medio superior; trayectoria docente en secundaria, preparatoria y educación superior; experiencia en evaluación y fortalecimiento del aprendizaje.

Nota. Elaboración propia con base en la información proporcionada por los jueces expertos.

Cada juez recibió acceso a una carpeta en *Google Drive* que contenía la documentación necesaria para llevar a cabo el proceso de validación. Esta carpeta incluía la ficha técnica de la escala, donde se describía el propósito del instrumento, su estructura y su aplicación; un formato de validación en Excel, diseñado para registrar las evaluaciones y observaciones de cada ítem (ver ejemplo en Anexo 5); y la primera versión de la escala de motivación STEM.

Con el fin de asegurar un procedimiento ordenado, los jueces revisaron en primer lugar la ficha técnica y, posteriormente, procedieron a la evaluación de los ítems con base en las instrucciones que se les proporcionaron. Cada juez evaluó los 18 ítems de la escala con base en cuatro criterios propuestos por Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008): relevancia, claridad, coherencia y suficiencia, los niveles de calificación van del 1 al 4, donde 1 representa el nivel más bajo de aceptación y 4 el nivel más alto. En la Tabla 21, se presentan los criterios, la descripción del criterio y la descripción del indicador en cada nivel de calificación.

Tabla 21

Indicadores de niveles de calificación por criterio.

Criterio	Descripción del criterio	Descripción del indicador en cada nivel de calificación	
Relevancia	El ítem es esencial para medir el	1	El ítem es irrelevante para medir el indicador.
		2	El ítem tiene alguna relevancia para medir el indicador.
		3	El ítem es relativamente importante.

	indicador a evaluar.	4	El ítem es muy relevante.
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, la sintaxis y semántica son correctas.	1	El ítem no es claro, dado que tiene problemas de sintaxis y semántica.
		2	El ítem es poco claro y requiere bastantes modificaciones en sintaxis y semántica.
		3	El ítem es claro, pero requiere alguna modificación en sintaxis y semántica
		4	El ítem es claro y no requiere modificaciones de sintaxis y semántica.
Coherencia	El ítem guarda una relación directa con el indicador que se está midiendo.	1	El ítem no tiene relación directa con el indicador a medir.
		2	El ítem tiene relación mínima con el indicador a medir.
		3	El ítem tiene relación moderada con el indicador a medir.
		4	El ítem tiene relación lógica con el indicador a medir.
Suficiencia	Los ítems considerados son los necesarios para medir la respectiva dimensión.	1	Los ítems no son suficientes para medir la dimensión a medir.
		2	Los ítems miden de manera limitada la dimensión a medir.
		3	Los ítems miden parcialmente la dimensión a medir.
		4	Los ítems son suficientes para medir la dimensión a medir.

Nota. Adaptado de Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008).

Los especialistas registraron sus valoraciones en un archivo, el cual contenía una pestaña para evaluar numéricamente cada enunciado y se les pidió que realizaran observaciones cuando consideraran que se debía realizar alguna modificación. De manera particular, se les solicitó que cuando calificaran con 1 o 2 agregaran un texto con sus comentarios de mejora, ya que dicha puntuación indicaba que el enunciado no cumplía con el criterio evaluado. Este procedimiento facilitó la mejora de los enunciados y la incorporación de las aportaciones sugeridas por los jueces. Algunos enunciados con calificación de 3 o 4 también recibieron comentarios.

8.4.2.3. Resultados de la validación de contenido de la escala de motivación STEM

Para determinar la validez de contenido de la escala de motivación STEM, se aplicaron dos

coeficientes de validación ampliamente utilizados en la construcción de instrumentos: el coeficiente de Aiken, y el coeficiente de Tristán. Estos indicadores permiten cuantificar el grado de acuerdo entre los jueces en cuanto a la relevancia, claridad, coherencia y suficiencia de los ítems.

Aiken (1985) es adecuado para escalas tipo Likert, ya que permite evaluar el grado de acuerdo en una escala continua en lugar de sólo considerar si un ítem es esencial o no. El índice de Tristán (2008) también es recomendable, pues ajusta la varianza de las respuestas y toma en cuenta el número de jueces, lo que lo hace más robusto en este tipo de validaciones. Los coeficientes globales obtenidos para la escala se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22

Coefficientes globales obtenidos para la escala de motivación STEM.

Coefficiente	Global	Relevancia	Claridad	Coherencia	Suficiencia
Aiken	0.83	0.92	0.75	0.81	0.83
Tristán	0.91	0.98	0.83	0.83	1

Nota: Los coeficientes globales son el promedio de los coeficientes obtenidos en los criterios de relevancia, claridad, coherencia y suficiencia.

Los resultados reflejan un nivel adecuado de validez de contenido en la escala. En el caso de la *relevancia*, se obtuvieron valores elevados en ambos coeficientes (0.92 en Aiken y 0.98 en Tristán), lo que indica que los jueces consideraron que los ítems son pertinentes para medir la motivación hacia las áreas STEM. Para la *claridad*, los valores fueron menores (0.75 en Aiken y 0.83 en Tristán), lo que sugiere que, si bien la mayoría de los reactivos resultaron comprensibles, algunos requerían ajustes de redacción para evitar

ambigüedades o expresiones poco precisas. En la *coherencia*, los coeficientes alcanzaron valores intermedios (0.81 en Aiken y 0.83 en Tristán), mostrando que, en general, los ítems guardan correspondencia con el constructo, aunque se señalaron observaciones puntuales en la alineación de algunos reactivos con los indicadores. Finalmente, en la *suficiencia*, los jueces coincidieron en que la cantidad de ítems fue adecuada, al obtenerse valores de 0.83 en Aiken y 1 en Tristán, lo que refleja una cobertura satisfactoria del constructo. Asimismo, se hizo el análisis individual de cada ítem para identificar aquellos con oportunidad de mejora. Los resultados individuales de cada ítem se presentan en la Tabla 23.

Tabla 23

Resultados del cálculo de los índices de validez por ítem de la escala de motivación STEM.

Ítem	Aiken Global	Tristán Global	Relevancia Aiken	Claridad Aiken	Coherencia Aiken	Relevancia Tristán	Claridad Tristán	Coherencia Tristán
Ítem 1	0.89	1	0.89	0.89	0.89	1	1	1
Ítem 2	0.81	1	0.89	0.78	0.78	1	1	1
Ítem 3	0.81	0.89	0.89	0.78	0.78	1	1	0.67
Ítem 4	0.81	0.89	0.89	0.67	0.89	1	0.67	1
Ítem 5	0.93	1	0.89	0.89	1	1	1	1
Ítem 6	0.67	0.89	0.78	0.56	0.67	1	0.67	1
Ítem 7	0.93	1	1	0.89	0.89	1	1	1
Ítem 8	0.81	0.89	0.89	0.67	0.89	1	0.67	1
Ítem 9	0.81	0.89	0.89	0.67	0.89	1	0.67	1
Ítem 10	1	1	1	1	1	1	1	1
Ítem 11	0.96	1	1	1	0.89	1	1	1
Ítem 12	0.85	0.89	1	0.67	0.89	1	0.67	1
Ítem 13	0.70	0.78	0.89	0.67	0.56	1	1	0.33
Ítem 14	0.74	0.78	1	0.56	0.67	1	0.67	0.67
Ítem 15	0.70	0.56	1	0.56	0.56	1	0.67	0.33
Ítem 16	0.81	0.78	0.78	0.89	0.78	0.67	1	0.67
Ítem 17	0.78	0.78	0.89	0.67	0.78	1	0.67	0.67
Ítem 18	0.81	0.78	1	0.67	0.78	1	0.67	0.67

Nota. Se prestó mayor atención a los coeficientes menores a 0.80, dado que requirieron modificaciones.

A partir de los índices obtenidos se revisaron en detalle todos los comentarios emitidos por los jueces. Se puso especial atención en los ítems cuyos coeficientes fueron inferiores a 0.80, ya que estos requirieron ajustes para optimizar su redacción. Las modificaciones se enfocaron principalmente en la claridad de los enunciados, con el objetivo de garantizar su comprensión por parte de los estudiantes de secundaria. En algunos casos también se realizaron adecuaciones en la coherencia, a fin de asegurar que cada ítem mantuviera congruencia con el constructo. Además, se recomendó dividir un ítem en dos, lo que permitió precisar mejor los aspectos evaluados (véase reporte de cambios en el Anexo 6).

Posteriormente, se llevó a cabo una aplicación piloto con cinco estudiantes que compartían características con la población objetivo. A partir de sus observaciones se realizó una nueva ronda de ajustes mínimos, centrados en la redacción de las instrucciones para favorecer su claridad. Tras incorporar estas modificaciones, la versión final de la escala quedó conformada por 19 ítems redactados en enunciados positivos, organizados en dos dimensiones: motivación intrínseca y motivación extrínseca.

Los nueve ítems de motivación intrínseca evalúan el interés, el disfrute y la satisfacción personal del estudiante relacionadas con STEM, sin la necesidad de incentivos externos. Se consideran aspectos como la búsqueda autónoma de información, la satisfacción obtenida al comprender conceptos y la alegría experimentada al aplicar conocimientos STEM en la vida diaria.

Los diez ítems de motivación extrínseca evalúan el efecto de factores externos en la

motivación del estudiante, como las recompensas tangibles, el reconocimiento social y las oportunidades profesionales. Se incluyen aspectos como la importancia de obtener altas calificaciones, la búsqueda de premios o becas y el deseo de reconocimiento por parte de profesores, familiares o en redes sociales. Cada ítem se califica en una escala de cuatro niveles de acuerdo.

8.4.3. Escala de motivación STEM asociada al juego en VR

Este apartado presenta el diseño, desarrollo, validación de contenido y versión final de un instrumento elaborado con el propósito de evaluar el nivel de motivación hacia el aprendizaje en áreas STEM que los estudiantes atribuyen al uso del juego en VR.

8.4.3.1. Diseño y desarrollo de la escala de motivación STEM asociada al juego en VR

La escala fue construida a partir de la escala de motivación STEM (véase sección 8.4.2), la cual fue adaptada para explorar el nivel de motivación STEM percibido durante el uso del juego. La intención fue captar las percepciones posteriores al uso del juego, centrando la atención en sus efectos motivacionales asociados directamente al uso del juego en VR.

Se conservaron las dos dimensiones teóricas principales: motivación intrínseca y motivación extrínseca. La dimensión intrínseca incluye las subdimensiones de interés, disfrute y satisfacción personal, mientras que la dimensión extrínseca contempla recompensas tangibles, reconocimiento social y oportunidades profesionales.

Adicionalmente, se integró una pregunta de autoevaluación en la que los estudiantes calificaron, en una escala del 1 al 10, cuánto consideraban que su motivación hacia el aprendizaje STEM aumentó como resultado del juego.

A partir de dicha estructura, se redactaron 19 enunciados afirmativos con un

lenguaje claro y accesible, orientados a estudiantes de secundaria. Cada ítem fue formulado para que la fuente de motivación estuviera explícitamente vinculada a la intervención con el uso del juego educativo en VR, evitando interpretaciones generales. Se procuró que los ítems expresaran motivación STEM como consecuencia del uso del juego, y no como una actitud previa o independiente. Cada uno de los enunciados se alineó con un enunciado de la escala de motivación STEM.

Los ítems se responden mediante una escala tipo Likert de cuatro niveles:

“Totalmente en desacuerdo” (1), “En desacuerdo” (2), “De acuerdo” (3) y “Totalmente de acuerdo” (4). La Tabla 24 presenta la construcción completa de la escala.

Tabla 24

Escala de motivación STEM asociada al juego en VR.

Dimensión	Subdimensión	Enunciado
Motivación intrínseca	Interés	1. En mi tiempo libre investigué por mi cuenta sobre temas relacionados con el juego en realidad virtual.
		2. El juego en realidad virtual despertó mi interés y me mantuvo involucrado en todo momento.
		3. Sentí curiosidad por los temas que se presentaron en el juego en realidad virtual.
	Disfrute	4. Disfruté los desafíos que se presentaron en el juego en realidad virtual.
		5. Me divertí mucho jugando el juego en realidad virtual.
		6. El juego en realidad virtual me hizo sentir feliz y entretenido mientras aprendía.
	Satisfacción personal	7. El juego en realidad virtual fue entretenido mientras aprendía.
		8. Me sentí orgulloso/a por los logros que obtuve al usar el juego en realidad virtual.
		9. Completar los desafíos del juego me dio una sensación de satisfacción personal.
Motivación extrínseca	Recompensas tangibles	10. Me sentí contento/a cuando apliqué lo que aprendí en el juego en realidad virtual en situaciones reales.
		11. Fue importante para mí obtener buenos resultados al usar el juego en realidad virtual.
		12. Me esforcé mucho para obtener premios o reconocimientos

	en el juego en realidad virtual.
Reconocimiento social	13. La posibilidad de ganar dentro del juego en realidad virtual me motivó a esforzarme más.
	14. Me gustó que mis compañeros de clase reconocieran mis logros dentro del juego.
	15. Me gustó recibir felicitaciones de mis compañeros por mi desempeño en el juego.
	16. Saber que podía ser felicitado/a por mis compañeros me impulsó a desempeñarme mejor en el juego.
Oportunidades profesionales	17. Voy a considerar estudiar una carrera universitaria que se relacione con ciencias, tecnología, ingeniería o matemáticas, debido a mi experiencia con el juego en realidad virtual.
	18. Sé que aprender a través del juego en realidad virtual me ayudará a tener mejores oportunidades en el futuro.
	19. Lo que aprendí en el juego en realidad virtual es relevante para mis estudios.

Nota. Elaboración propia

8.4.3.2. Validación de la escala de motivación STEM asociada al juego en VR

La validación de contenido de esta escala se realizó mediante el juicio de expertos, siguiendo el mismo procedimiento que en la validación de la *Escala de Motivación STEM* general. El objetivo fue evaluar la claridad, relevancia, coherencia y suficiencia de los ítems, al considerar, en todo momento, que la motivación medida debía atribuirse directamente al uso del juego educativo VR utilizado.

Se contó con el mismo panel de tres jueces especialistas que apoyaron en la escala de motivación STEM (ver Tabla 20), quienes evaluaron la versión adaptada de la escala mediante un formato digital que incluía los ítems organizados por dimensión y subdimensión, así como un espacio para registrar observaciones. Cada enunciado fue valorado en una escala de 1 a 4, conforme a los criterios propuestos por Escobar-Pérez y Cuervo-Martínez (2008), ya descritos en la Tabla 21.

Además de la revisión cuantitativa, se les solicitó proporcionar comentarios

cualitativos en aquellos casos en que identificaran ambigüedad, errores de redacción o imprecisiones conceptuales. Los comentarios emitidos fueron útiles para verificar que todos los ítems hicieran referencia explícita al efecto percibido del juego en la motivación, y no a una valoración sobre el juego en sí.

8.4.3.3. Resultados de la validación de contenido de la escala de motivación STEM asociada al juego en VR

La validez de contenido de la escala fue estimada mediante la aplicación de dos coeficientes: Aiken y Tristán. Estos indicadores permitieron evaluar el grado de acuerdo entre los especialistas. Los resultados obtenidos reflejaron niveles altos de concordancia en la mayoría de los ítems. En el criterio de *relevancia*, ambos métodos arrojaron valores consistentes: Aiken = 0.9444, Tristán = 0.9630. Estos resultados indican que los ítems fueron considerados pertinentes para evaluar la motivación atribuida al uso del juego educativo en áreas STEM.

En cuanto a la *claridad*, se observaron valores de Aiken = 0.80 y Tristán = 0.89. Aunque estos resultados se ubicaron en rangos aceptables, algunos ítems presentaron puntuaciones ligeramente inferiores al umbral de 0.80, por lo que se consideraron susceptibles de ajuste. Respecto a la coherencia, se obtuvieron los siguientes coeficientes: Aiken = 0.83 y Tristán = 0.91. Estos resultados reflejaron que los ítems se percibieron como alineados con las dimensiones teóricas del instrumento, aunque algunos enunciados fueron revisados para fortalecer su vínculo con la motivación hacia STEM generada por el juego.

Finalmente, la *suficiencia* del número de ítems fue valorada positivamente. El coeficiente de Tristán fue de 1 y el de Aiken obtuvo un valor de 0.88. Esto indica que las

personas expertas consideraron adecuada la cantidad de enunciados incluidos en la escala para representar las dimensiones planteadas.

A nivel individual, cinco ítems presentaron valores menores a 0.80 en alguno de los criterios: ítems 2, 6, 8, 13 y 15. Con base en los comentarios de los expertos, se realizaron ajustes en la redacción de estos enunciados para mejorar su claridad y asegurar su coherencia con el propósito del instrumento. Por ejemplo, en el ítem 2 se modificó la estructura gramatical para enfatizar la conexión entre el interés generado y el contenido del juego; en el ítem 6 se ajustó el vocabulario para evitar ambigüedades sobre el contexto de aplicación; y en el ítem 13 se precisó la relación entre el reconocimiento y el desempeño en el entorno del juego en VR.

Además, se llevó a cabo una aplicación piloto con tres estudiantes que compartían características con la población participante del estudio. A partir de sus observaciones, se realizaron cambios menores en la redacción de las instrucciones generales, sin que ello implicara modificaciones a los ítems. Con base en todo el proceso de revisión y mejora, se concluyó con una versión final de la escala.

8.5. Pretest

Con el propósito de obtener la medición inicial de los niveles de aprendizaje y motivación STEM de los estudiantes antes de la intervención con el juego en VR, se llevó a cabo la primera fase experimental del estudio, correspondiente a la aplicación del pretest. Esta etapa permitió recabar información inicial sobre el grupo experimental y el grupo de control, con el fin de identificar posibles diferencias previas. Además, los datos obtenidos resultaron fundamentales para contrastar los efectos de la intervención en etapas

posteriores.

Durante esta fase participaron los 33 estudiantes del grupo experimental y los 29 del grupo de control. La fase pretest tuvo lugar los días 6 y 7 de noviembre de 2024 en la biblioteca de la institución. Para facilitar la logística y organización de aplicación de los instrumentos, los estudiantes fueron organizados en dos sesiones: en la primera sesión los estudiantes de los grupos de 3A y 3B y en la segunda sesión los estudiantes de los grupos 3C y 3D. Cada sesión se programó para tener una duración de 1 hora con 40 minutos, lo equivalente a dos bloques de clase con duración de 50 minutos.

La primera sesión se llevó a cabo el 6 de noviembre de 2024, en un horario de 8:40 a.m. a 10:20 a.m. Antes de la llegada de los estudiantes, se dispusieron en cada lugar los dos instrumentos de evaluación: prueba de conocimientos STEM y escala de motivación STEM, colocados al reverso, junto con un lápiz y un borrador para cada participante. En punto de las 8:40 a.m. la prefecta encargada del tercer grado apoyó en la movilización de los estudiantes desde sus salones hasta la biblioteca. Antes de ingresar, los estudiantes formaron una fila y fueron ubicados estratégicamente en los asientos para que cada estudiante respondiera de manera individual y minimizar distracciones.

Una vez que se ubicó a los estudiantes en sus asientos, se les explicó el propósito de la evaluación y se leyeron en voz alta las instrucciones para la resolución de ambos instrumentos. Se aclararon dudas, llenaron sus datos de identificación generales y, en punto de las 9:00 a.m. los estudiantes comenzaron a responder la prueba de conocimientos STEM. Se les indicó que contaban con un tiempo inicial de dos bloques de clase para responder y que, al finalizar, podrían retirarse a sus clases regulares. Además, se enfatizó que la prueba

no tenía implicaciones en sus calificaciones escolares y que si requerían más tiempo, nos lo hicieran saber, con el fin de reducir la presión y promover respuestas genuinas.

Durante la aplicación, se contó con la supervisión de los responsables de esta investigación, quienes monitorearon el desarrollo de la sesión, resolvieron dudas generales y aseguraron que los estudiantes completaran los instrumentos de manera autónoma. El bibliotecario de la escuela estuvo presente como participante externo y como apoyo en la logística y uso del aula.

El primer estudiante en finalizar tardó 30 minutos en responder ambos instrumentos. El resto de los estudiantes completó la prueba en un rango de 30 a 60 minutos. Antes de entregar las escalas, los investigadores revisaron que todas las preguntas estuvieran contestadas para asegurar la completitud de los datos. A las 10:00 a.m. todos los participantes habían concluido y entregado sus respuestas.

La segunda sesión del pretest inició en punto de las 10:40 a.m. del mismo día, y se replicaron las condiciones de la primera sesión. Se inició oficialmente a responder a las 11:00 a.m. y al igual que en la sesión anterior, el primer estudiante finalizó en 30 minutos, mientras que el último lo hizo en 62 minutos. No se presentaron inconvenientes o distracciones externas durante el desarrollo de las sesiones, cuando alguno de los participantes se distraía o hacía ruido a sus compañeros, se reforzaba la indicación para todos de centrarse en la evaluación. En la Figura 28, se muestran fotografías tomadas durante la etapa del pretest.

Figura 28

Fotografías tomadas durante la aplicación del pretest.



Nota. Fotografías tomadas durante la aplicación de los instrumentos del pretest.

8.6. Intervención

Una vez aplicado el pretest, se procedió a implementar la intervención en el grupo experimental. La intervención consistió en la aplicación de un juego educativo en VR, seleccionado por su enfoque formativo y su alineación con los contenidos académicos considerados. Esta experiencia se llevó a cabo en un entorno controlado, con el objetivo de observar los efectos inmediatos sobre el aprendizaje y la motivación de los estudiantes. El grupo de control, por su parte, no recibió ninguna modificación en su dinámica habitual, lo cual permitió establecer comparaciones precisas entre ambos grupos al finalizar la intervención. Durante esta fase participaron los 33 estudiantes del grupo experimental en todas las sesiones.

8.6.1. Preparación del espacio y equipo de VR

El desarrollo del experimento se realizó en la biblioteca del plantel, este espacio fue

acondicionado con mesas y sillas de forma estratégica para la conexión del equipo y la seguridad del uso de VR. Se utilizó el sistema VR de PlayStation, el cual está diseñado para ofrecer experiencias inmersivas a través de gafas de VR conectadas a una consola PlayStation 4 o 5. Según la página oficial de PlayStation, este dispositivo cuenta con pantallas OLED que proporcionan una resolución de 1920 x 1080 píxeles (960 x 1080 por ojo), que permiten una experiencia visual clara y envolvente. Para su funcionamiento, el PlayStation VR requirió varias conexiones específicas.

En primer lugar, el cable HDMI conectó la consola PlayStation 4 al procesador de VR, el cual fue un componente adicional necesario para procesar las imágenes de VR. Este procesador de VR también se conectó a las gafas de VR mediante otro cable HDMI y se utilizó un cable USB para conectar las gafas de VR a la consola, lo que permitió la transferencia de datos entre ambos dispositivos. El sistema también incluyó una cámara PlayStation, que se instaló frente al usuario para rastrear sus movimientos y ajustar el entorno virtual en tiempo real. Esta cámara se conectó al procesador VR a través de un cable USB. Por otro lado, se conectó un proyector a la consola mediante otro cable HDMI para mostrar la experiencia en VR a los estudiantes que no traían gafas VR.

Con todas estas conexiones, el espacio fue organizado para que los cables no interfirieran entre sí. Las mesas y sillas fueron dispuestas estratégicamente para optimizar el uso de los dispositivos y asegurar la comodidad de los estudiantes. Se colocaron dos mesas alineadas frente a un proyector: una para todo el equipo y otra con tres sillas para los estudiantes. Las mesas se instalaron de modo que no bloquearan la visión del proyector y que los cables no se cruzaran ni fueran un riesgo para el usuario. El área fue configurada para asegurar que los estudiantes tuvieran suficiente espacio para moverse libremente cuando fuera necesario.

El espacio fue adaptado para asegurar que la luz ambiental no interfiriera en la experiencia. Se atenuó la iluminación principal y se cerraron las cortinas de las ventanas para crear un entorno oscuro que maximizara la efectividad del sistema VR. Antes de iniciar, se realizaron pruebas de funcionamiento para asegurarse de que todos los dispositivos estuvieran correctamente configurados y operativos. Estas pruebas incluyeron la verificación de las conexiones de los dispositivos PlayStation VR, el ajuste de la cámara y del volumen, y la conexión del proyector. Asimismo, al inicio de cada sesión los tres controles debían estar cargados completamente.

8.6.2. Dinámica de aplicación de las sesiones experimentales

La aplicación de las sesiones de juego en VR se realizó del 11 de noviembre al 12 de diciembre. Durante este período, los estudiantes del grupo experimental participaron en nueve sesiones de 50 minutos cada una, organizadas de lunes a viernes entre las 8:00 a.m. y la 1:05 p.m., con excepción de los días en los que hubo suspensión de clases.

Cada sesión fue impartida en grupos de 3 estudiantes. Inicialmente, los grupos de tres estudiantes se establecieron aleatoriamente y se diseñó un cronograma preliminar con el objetivo de mantener equipos fijos a lo largo de todas las sesiones. Sin embargo, las inasistencias recurrentes dificultaron esta organización, ya que en varias ocasiones no se completaron los equipos, lo que ralentizaba el proceso.

Al principio, cuando un equipo no se completaba, se reagendaba la sesión o se llevaba a cabo con estudiantes de otro grupo disponible. Sin embargo, esta estrategia resultó poco eficiente, pues se volvía cada vez más difícil encontrar equipos completos. Para evitar retrasos, se decidió asignar los grupos en función de la asistencia diaria y el orden en la lista de participantes, lo que dio mayor flexibilidad y avance.

Además, en algunos casos, las actividades escolares también afectaron la programación de las sesiones, particularmente en días con eventos institucionales como los honores a la bandera. En estos casos, las sesiones fueron reprogramadas.

Como se mencionó previamente, el juego está compuesto por cuatro módulos, cada uno con tres experiencias interactivas. Su dinámica exige que se juegue en equipos de tres personas, por lo que cada participante cuenta con un control. A lo largo de la sesión, el juego asigna turnos para que cada integrante use el visor de VR en diferentes momentos, lo que permite conocer todos los entornos inmersivos. Mientras que uno de los jugadores utilizaba el visor, los otros dos observaban la proyección en pantalla y colaboraban activamente con los controles. Esta mecánica hizo que el trabajo en equipo fuera fundamental, ya que cada integrante desempeñó un rol específico dentro de la partida en todo momento. En la Figura 29 se muestran fotografías del escenario utilizado durante el experimento y el acomodo del equipo, aula y estudiantes.

Figura 29

Espacio experimental.



Nota. Fotografías tomadas durante la intervención.

Durante la aplicación de las sesiones de VR, se contó con la presencia y supervisión de diferentes actores clave. La investigadora principal estuvo a cargo de coordinar las sesiones, de asegurar el cumplimiento del protocolo, brindar apoyo a los estudiantes y registrar los resultados y observaciones. Asimismo, el auxiliar técnico, estudiante de Ingeniería, proporcionó asistencia en la configuración y funcionamiento de los dispositivos VR, resolvió los inconvenientes técnicos y resolvió dudas de los estudiantes. Por su parte, el bibliotecario de la escuela colaboró en la logística del espacio, apoyó en el mantenimiento del orden y se aseguró que las instalaciones estuvieran adecuadamente acondicionadas para la actividad.

Se cuidó que los estudiantes no realizaran movimientos bruscos o peligrosos, las intervenciones se limitaron a correcciones mínimas para evitar que los cables o el equipo se movieran inapropiadamente. Además, en cada sesión se ofrecieron snacks como leches de sabores, agua, galletas y barras, con la intención de prevenir malestares como mareos o fatiga durante el uso del visor. Esto también fue útil para los estudiantes que no habían desayunado o que necesitaban un alimento ligero antes o después de la actividad.

Durante la aplicación se monitoreó de manera continua el bienestar de los estudiantes, preguntándoles en distintos momentos si experimentaban alguna incomodidad o malestar. En ningún caso se reportaron efectos secundarios, lo que permitió concluir las sesiones sin incidentes.

8.6.3. Descripción de las sesiones experimentales

Las sesiones experimentales se estructuraron en torno a los módulos de Ciencias,

Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Cada módulo se jugó en dos ocasiones, por lo que los estudiantes participaron en ocho sesiones educativas, además de una sesión inicial de introducción. La Tabla 25 presenta la descripción general de las sesiones, con las actividades realizadas, la secuencia de aplicación y las principales observaciones durante su desarrollo.

Tabla 25

Descripción de las sesiones experimentales.

Sesión	Actividad	Descripción	Fecha de aplicación	Observaciones	
0	Introducción a la VR y guía de uso de los dispositivos	Introducción a los principios básicos de la VR.	11/11/24 (3 grupos)	Los estudiantes mostraron dificultad inicial para manipular los controles, especialmente al moverse dentro del entorno virtual.	
		Explicación de la dinámica y objetivos del experimento.			
		Práctica inicial con los dispositivos y accesorios VR.	12/11/24 (4 grupos)		La mayoría expresó sorpresa y emoción al sumergirse en el entorno.
		Guía de uso de controles y navegación.			
	Indicaciones ante posibles efectos secundarios por el uso de VR.	13/11/24 (4 grupos)			
1	Módulo de Ciencias	Exploraron las tres experiencias del módulo de Ciencias:	14/11/24 (5 grupos)	Los estudiantes se mostraron comprometidos durante el desarrollo de la sesión.	
		1) Sobre los seres vivos. 2) Sobre el sistema solar. 3) Sobre la célula.			
		Posteriormente, intentaron resolver sus respectivos retos.	15/11/24 (5 grupos)	Algunos estudiantes mostraron dificultad para el uso de los controles.	
		Al término de la sesión, se hacía una lluvia de ideas sobre lo aprendido.	19/11/24 (1 grupo)	Completaron correctamente el 23% de los retos de este módulo.	

Sesión	Actividad	Descripción	Fecha de aplicación	Observaciones
2	Módulo de Tecnología	Exploraron las tres experiencias del módulo de Tecnología:	19/11/24 (4 grupos)	Los estudiantes se mostraron comprometidos durante el desarrollo de la sesión.
		1) Sobre el reciclaje.	20/11/24	
		2) Sobre el proceso de creación de tecnología.	(4 grupos)	No tuvieron dificultad para el uso de los controles.
		3) Sobre las partes de una computadora.	21/11/24 (3 grupos)	Completaron correctamente el 39% de los retos de este módulo.
		Posteriormente, intentaron resolver su respectivo reto.		
		Al término de la sesión, se hacía una lluvia de ideas sobre lo aprendido.		
3	Módulo de Ingeniería	Exploraron las tres experiencias del módulo de Ingeniería:	21/11/24 (2 grupos)	Un estudiante comenzó a mostrar desinterés en la actividad, argumentando que no les gustaron los gráficos.
		1) Sobre la expresión gráfica de las escalas.	25/11/24 (5 grupos)	
		2) Sobre las fuerzas.		
		3) Sobre el circuito eléctrico.	26/11/24 (4 grupos)	Completaron correctamente el 39% de los retos de este módulo.
		Posteriormente, intentaron resolver su respectivo reto.		
		Al término de la sesión, se hacía una lluvia de ideas sobre lo aprendido.		
4	Módulo de Matemáticas	Exploraron las tres experiencias del módulo de Matemáticas:	26/11/24 (1 grupo)	No se presentaron inconvenientes durante las sesiones.
		1) Sobre números reales.	27/11/24	
		2) Sobre triángulos y pirámides.	(5 grupos)	Completaron correctamente el 32% de los retos de este módulo.
		3) Sobre poliedros.	28/11/24	
		Posteriormente, intentaron resolver su respectivo reto.	(5 grupos)	
		Al término de la sesión, se hacía una lluvia de ideas sobre lo aprendido.		
5	Módulo de Ciencias (repetición)	Se repitió el módulo completo asociado a los contenidos de Ciencias.	2/12/24 (5 grupos)	En tres aplicaciones hubo problemas con el juego y se tuvo que reiniciar, por lo que se perdió el avance inicial de tres grupos.
		Misma dinámica, menos instrucciones.	3/12/24 (4 grupos)	
			4/12/24 (2 grupos)	Un participante asistió a la sesión con mala actitud. Se veía obligado.

Sesión	Actividad	Descripción	Fecha de aplicación	Observaciones
				Completaron correctamente el 48% de los retos de este módulo.
6	Módulo de Tecnología (repetición)	Se repitió el módulo completo asociado a los contenidos de Tecnología.	4/12/24 (3 grupos)	En dos aplicaciones hubo problemas con el juego y se tuvo que reiniciar.
		Misma dinámica, menos instrucciones.	5/12/24 (5 grupos)	Completaron correctamente el 40% de los retos de este módulo.
			6/12/24 (3 grupos)	
7	Módulo de Ingeniería (repetición)	Se repitió el módulo completo asociado a los contenidos de Ingeniería.	6/12/24 (2 grupos)	Se presentó mayor dificultad para armar los equipos por inasistencias.
		Misma dinámica, menos instrucciones.	9/12/24 (5 grupos)	Las sesiones fluían con mayor seguridad por parte de los jóvenes y el trabajo en equipo mejoró.
			10/12/24 (4 grupos)	
				Completaron correctamente el 47% de los retos de este módulo.
8	Módulo de Matemáticas (repetición)	Se repitió el módulo completo asociado a los contenidos de Matemáticas.	10/12/24 (1 grupo)	Se presentó mayor dificultad para armar los equipos por inasistencias.
		Misma dinámica, menos instrucciones.	11/12/24 (5 grupos)	Las sesiones fluían con mayor seguridad por parte de los jóvenes y el trabajo en equipo mejoró.
			12/12/24 (5 grupos)	
				Completaron correctamente el 30% de los retos de este módulo.

Nota. Elaboración propia.

La sesión cero cumplió la función de preparar a los participantes en el uso de los dispositivos y garantizar que comprendieran las instrucciones básicas de interacción dentro del entorno virtual. Las ocho sesiones educativas se organizaron en pares consecutivos, lo que permitió trabajar cada área temática en dos momentos distintos. En la primera aplicación de cada bloque los estudiantes recibieron mayores orientaciones, mientras que en la segunda ya mostraban un manejo más autónomo y podían enfocarse en los contenidos.

En todas las sesiones se mantuvieron las mismas condiciones de aplicación, tanto en el tiempo destinado como en la organización del grupo y el acceso a los dispositivos, lo que aseguró homogeneidad en el procedimiento.

El tiempo de uso del visor y sistema VR por estudiante en cada sesión fue de aproximadamente 13 minutos. Durante los momentos en que no utilizaban el visor, los estudiantes tenían un rol específico en la resolución de retos mediante el control del sistema PlayStation. Sus aportaciones resultaron esenciales y cada integrante mantuvo un rol activo a lo largo de toda la actividad. El estudiante que utilizaba el sistema VR podía estar de pie o sentado, según lo requiriera el reto, aunque la mayoría de las actividades se realizaron desde sus asientos. En la Figura 30, se presentan algunas imágenes tomadas durante las sesiones experimentales.

Figura 30

Fotografías tomadas durante las sesiones experimentales.



Nota. Fotografías tomadas durante las sesiones experimentales.

8.7. Posttest

Tras la conclusión de la intervención, se llevó a cabo la fase posttest con el objetivo de obtener datos cuantitativos que permitieran comparar los niveles de aprendizaje y motivación STEM, antes y después de la intervención con el juego en VR. Para ello, se aplicaron los instrumentos de medición descritos anteriormente:

- (1) Prueba de conocimientos STEM.
- (2) Escala de motivación STEM.
- (3) Escala de motivación STEM asociada al juego en VR.

En esta fase participaron 31 estudiantes del grupo experimental y 27 del grupo de control. Es decir, se perdieron los datos de 2 estudiantes de cada grupo por inasistencia durante los días de aplicación, cabe mencionar que esto se debió a que dichos estudiantes se fueron de vacaciones dos semanas antes de lo especificado en el calendario y ya no fue posible localizarlos.

La aplicación de los instrumentos se llevó a cabo los días 13 y 16 de diciembre de 2024 en la biblioteca del plantel, bajo la misma logística utilizada en la fase pretest. El día viernes 13 de diciembre se aplicó la prueba de conocimientos STEM y la escala de motivación STEM (instrumentos previamente aplicados en el pretest). La aplicación se realizó en dos sesiones, en las que participaron estudiantes de ambos grupos, experimental y control, de manera conjunta: (1) una para los estudiantes de 3A y 3B y (2) otra para los

estudiantes de 3C y 3D. Ambas sucedieron el mismo día: de (1) 8:40 a 10:20 a.m. y de (2) 10:40 a.m. a 12:20 p.m.

A las 8:40 a.m. la prefecta encargada apoyó con la organización y búsqueda del primer grupo. La resolución comenzó a las 9:00 a.m. momento en el que los estudiantes ya estaban debidamente ubicados en sus lugares y se les habían dado instrucciones para realizar sus respuestas. Se les informó que tenían dos bloques de clase (1 hora con 40 minutos) para terminar y se les pidió que respondieran a consciencia. El tiempo de resolución fue entre los 30 minutos y 1 hora. Una vez que terminaban de responder, los estudiantes regresaban a sus respectivas clases.

Se siguió la misma dinámica con el segundo grupo, con ellos se inició en punto de las 11:00 a.m. y el tiempo que ocuparon para su resolución fue similar: entre 30 y 1 hora. El lunes 16 de diciembre, se convocó a los estudiantes del grupo experimental de 8:40 a 9:30 a.m. y respondieron la escala de motivación asociada al juego en VR, el tiempo de respuesta utilizado fue entre 15 y 30 minutos.

8.8. Análisis de datos del estudio experimental

Se emplearon técnicas estadísticas para comparar los resultados obtenidos en el pretest y posttest. Para este análisis se elaboró manualmente una base de datos en *Excel*, donde se capturaron todas las respuestas obtenidas en los instrumentos aplicados. Se verificó la consistencia de los datos ingresados y se identificaron registros incompletos, los cuales fueron capturados como datos perdidos. Posteriormente, los datos fueron exportados y procesados en el software SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) para su análisis estadístico.

Se utilizó la extensión de *Excel* “*Corrector 2.2*” para calificar la prueba de conocimientos y la escala de motivación STEM. En *SPSS*, se calcularon estadísticas descriptivas como frecuencias, medias, medianas y desviaciones, para caracterizar las puntuaciones. Además, se realizaron pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk) para determinar la distribución de los datos y definir el tipo de pruebas estadísticas a utilizar en los análisis comparativos. Para los datos que presentaron una distribución normal, se aplicaron pruebas paramétricas. En estos casos, se utilizó la prueba *t* de Student para muestras relacionadas o independientes, así como la comparación de varianzas según correspondiera.

En cambio, para los datos que no siguieron una distribución normal, se utilizaron pruebas no paramétricas para analizar los cambios entre el pretest y el postest. En particular, se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon a través de dos muestras relacionadas para comparar las puntuaciones intragrupo; es decir, para saber si dentro del grupo experimental hubo diferencias antes y después, de igual manera con el grupo de control. Además, se utilizó la prueba de *U* de Mann-Whitney con dos muestras no relacionadas para comparar las puntuaciones entre el grupo experimental y el grupo de control y verificar si hubo diferencia significativa.

También se realizaron análisis de correlación de Pearson con el propósito de identificar asociaciones entre las variables continuas del estudio. Por último, para calcular el tamaño del efecto de las diferencias encontradas, se calculó la *d* de Cohen, lo que permitió estimar la magnitud del efecto de la intervención.

8.9. Resultados asociados con el aprendizaje STEM

A continuación, se presentan los resultados relacionados con el aprendizaje STEM. El

objetivo de este análisis fue identificar posibles diferencias en el nivel de logro antes y después de la intervención. Los resultados se organizan en función del tipo de grupo y momento de aplicación, e incluyen medidas de tendencia central, dispersión y comparación estadística entre ambos grupos.

8.9.1. Efecto del juego en VR en el aprendizaje de conocimientos STEM

Inicialmente, se calcularon estadísticas descriptivas de las puntuaciones obtenidas en el pretest y posttest de la prueba de conocimientos STEM. Esto se hizo para identificar tendencias generales en los resultados y detectar posibles variaciones entre los grupos antes y después de la intervención. Además, se buscó tener una comprensión inicial del comportamiento de los datos. En la Tabla 26 se presentan los estadísticos descriptivos de las puntuaciones obtenidas en el pretest y posttest de la prueba de conocimientos STEM.

Tabla 26

Estadísticos descriptivos de las puntuaciones obtenidas en el pretest y posttest de la prueba de conocimientos STEM en los grupos experimental y control.

Variable	Fase	N	Media	Mediana	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Examen General Control	Pretest	29	4.86	5	1.17	3.33	7.08
	Posttest	27	4.97	4.79	0.96	3.33	6.88
Examen General Experimental	Pretest	33	5.03	5	0.94	3.1	7.3
	Posttest	31	5.71	5.8	1.16	3.8	8.1

Nota. Resultados del experimento.

En el grupo experimental se registró un incremento en la variabilidad de los puntajes entre el pretest y el posttest, mientras que en el grupo de control esta se redujo

ligeramente; es decir, las diferencias entre las puntuaciones de los estudiantes fueron un poco menores en la segunda medición. Asimismo, los valores mínimos y máximos mostraron que existieron diferencias en el desempeño de los estudiantes en ambas condiciones, con una ampliación del rango en el caso del grupo experimental.

También se evaluó la normalidad de las puntuaciones en cada una de las variables de interés. Dado que el tamaño de la muestra en ambos grupos fue menor a 50 participantes, se empleó la prueba de Shapiro-Wilk por su precisión en muestras pequeñas y medianas. De manera complementaria, también se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, con el fin de contar con un panorama más amplio sobre la distribución de los datos. Los valores de significancia (p) obtenidos en ambas pruebas se presentan en la Tabla 27. Un valor de $p < 0.05$ indica que la distribución de los datos se desvía significativamente de la normalidad, mientras que un valor $p > 0.05$ sugiere que los datos pueden considerarse normales.

Tabla 27

Resultados de las pruebas de normalidad para las puntuaciones del pretest y postest en la prueba de conocimientos STEM.

		Pruebas de normalidad					
Grupo		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Examen Pretest	Control	0.138	29	0.169	0.936	29	0.079
	Experimental	0.107	33	0.200	0.980	33	0.786
Examen Postest	Control	0.141	27	0.182	0.960	27	0.368
	Experimental	0.113	31	0.200	0.963	31	0.347

Nota. Resultados del experimento.

En todos los casos, los valores de significancia fueron superiores a 0.05, lo que indicó que no existieron desviaciones significativas respecto a la normalidad. Con base en ello, se asumió normalidad en ambas mediciones y grupos, lo que permitió aplicar pruebas paramétricas en el análisis. Posteriormente, para evaluar el efecto de la intervención con VR en el aprendizaje de los estudiantes, se realizaron comparaciones intragrupo (pretest y postest dentro de cada grupo) e intergrupo (entre el grupo experimental y el grupo de control).

8.9.1.1. Grupo experimental: comparación intragrupo en la prueba de conocimientos STEM

Se utilizó la prueba *t* de Student para muestras relacionadas, la cual permite evaluar si existen diferencias significativas en las puntuaciones antes y después de la intervención dentro del mismo grupo. Dos estudiantes de este grupo (2 de 33) no respondieron la prueba en el postest. Para evitar la eliminación de estos casos y preservar la mayor cantidad de información posible, se utilizó la imputación por la media; es decir, se reemplazaron los valores faltantes con el promedio de las puntuaciones del grupo en el postest. Esta técnica generalmente es utilizada cuando el porcentaje de datos faltantes es bajo y se busca minimizar la pérdida de información en los análisis estadísticos.

La diferencia media entre el pretest y el postest fue de 0.679, lo que indica un incremento en las puntuaciones después de la intervención con el juego en VR. Por su parte, la desviación estándar fue de 1.058, lo que refleja la presencia de cierta variabilidad en los cambios observados entre los participantes. Algunos estudiantes mejoraron de manera positiva y sustancial, mientras que otros experimentaron un cambio menor e incluso

una disminución en su rendimiento en la prueba.

La prueba *t* de Student para muestras relacionadas arrojó un valor de $t = 3.687$, con 32 grados de libertad y una significancia de $p = 0.001$. Por tanto, se asume que la diferencia observada entre el pretest y el postest en el grupo experimental no se debió al azar. Por su parte, el intervalo de confianza del 95% (0.304 a 1.054) respalda la consistencia de este cambio. Además, la correlación moderada entre ambas mediciones ($r = 0.492, p < .05$) indica que existió una relación entre los puntajes obtenidos en el pretest y postest, de modo que los estudiantes con mejores resultados iniciales tendieron también a presentar puntuaciones más altas después de la intervención (ver Tabla 28).

Tabla 28

Prueba t de Student para muestras relacionadas asociadas a la prueba de conocimientos: experimental pre y postest.

Prueba <i>t</i> de Student para muestras relacionadas: Experimental Pre y Postest								
Etapa	Media	Desv.	Desv. Error Promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig.
				Inferior	Superior			
Postest Examen - Pretest Examen	0.679	1.058	0.184	0.304	1.054	3.687	32	0.001

Nota. Resultados experimentales.

En suma, los resultados evidencian que el grupo experimental presentó un incremento significativo en sus puntuaciones tras la intervención, con una diferencia media positiva y un intervalo de confianza que respalda la estabilidad de este cambio.

8.9.1.2. *Grupo de control: comparación intragrupo en la prueba de conocimientos STEM*

Del mismo modo, en el grupo de control se compararon las puntuaciones del pretest y posttest mediante la prueba *t* de Student para muestras relacionadas. En este grupo, también se identificaron dos valores faltantes en el posttest (2 de 29), por lo que se aplicó la imputación por la media.

Los resultados mostraron que la media del pretest fue de 4.86, con una desviación estándar de 1.17, mientras que la del posttest aumentó ligeramente a 4.97, con una desviación estándar de 0.923. Al analizar la relación entre ambas mediciones, se encontró una correlación moderada de $r = 0.526$ ($p = 0.003$). Esto indica que existe una conexión entre las puntuaciones obtenidas en el pretest y posttest; es decir, aquellos estudiantes con mejores puntajes iniciales tienden a mantenerlos en la segunda medición.

Para determinar si el cambio en las puntuaciones fue significativo, se realizó la prueba *t* para muestras relacionadas (ver Tabla 29). Se obtuvo una diferencia media de 0.112, con una desviación estándar de 1.043. El valor *t* calculado fue de 0.583, con 28 grados de libertad y un $p = 0.565$, lo que indica que la diferencia entre pretest y posttest no es estadísticamente significativa. En otras palabras, el ligero aumento en las puntuaciones del posttest se atribuye a variaciones aleatorias dentro del grupo.

Tabla 29

Prueba t de Student para muestras relacionadas asociadas a la prueba de conocimientos: control pre y posttest.

Prueba t de Student para muestras relacionadas: Control Pre y Posttest							
Etapa	Media	Desv.	Desv. Error Promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia	t	gl	Sig.

				Inferior	Superior			
Postest Examen - Pretest Examen	0.112	1.043	0.193	-0.283	0.509	0.583	28	0.565

Nota. Resultados experimentales.

El intervalo de confianza del 95% para la diferencia de medias (-0.283 a 0.509) confirma que el cambio observado no es consistente, ya que incluye el valor cero, lo que sugiere que la mejora podría deberse al azar.

8.9.1.3. Grupo experimental y Grupo de control: comparación intergrupo en la prueba de conocimientos STEM

Para determinar si las diferencias fueron significativas, se realizó la prueba *t de Student* para muestras independientes. En el pretest, se obtuvo un valor $t = -0.631$, con 60 grados de libertad y un $p = 0.530$, lo que indica que no existían diferencias significativas entre los grupos antes de la intervención. Esto significa que ambos grupos iniciaron con niveles similares de conocimiento asociado a los contenidos evaluados en la prueba.

En el postest, los resultados cambiaron significativamente. Se obtuvo un valor $t = -2.782$, con 60 grados de libertad y un $p = 0.007$, lo que indica que las diferencias en las puntuaciones entre los grupos fueron estadísticamente significativas. Además, el intervalo de confianza del 95% para la diferencia de medias (- 1.265 a - 0.206) confirma que el grupo experimental obtuvo puntajes más altos que el grupo de control tras la aplicación de la intervención con el juego en VR. Dichos valores se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30

Resultados de calcular la prueba t para muestras independientes a las puntuaciones obtenidas por los estudiantes en las pruebas de conocimientos STEM.

Prueba t para muestras independientes: Experimental y Control Prueba de conocimientos STEM								
Etapa		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Dif de error estándar	95% de confianza de intervalo de la diferencia	
							Inferior	Superior
Pretest Examen	Se asumen varianzas iguales	-0.631	60	0.530	-0.170	0.269	-0.707	0.368
Postest Examen	Se asumen varianzas iguales	-2.782	60	0.007	-0.736	0.264	-1.26	-0.206

Nota. Resultados experimentales.

Estos resultados indican que ambos grupos comenzaron con niveles significativamente equivalentes de conocimiento. La implementación de la VR en el grupo experimental generó una mejora significativa en su aprendizaje, en comparación con el grupo de control, donde no se observó una mejora estadísticamente significativa.

8.9.1.4. Tamaño del efecto y porcentaje de cambio

Tras verificar que el cambio en el grupo experimental fue significativo, se procedió a calcular el porcentaje de aumento en el conocimiento para dimensionar el efecto de la intervención. Para ello, primero se obtuvo la diferencia absoluta entre ambas mediciones, observando un incremento de 0.679 puntos en la media del postest en relación con la del pretest (5.712 - 5.033). Sin embargo, para comprender este cambio en términos relativos, se

determinó el porcentaje de aumento con respecto al conocimiento inicial que presentaron los estudiantes en el pretest. Para calcularlo se dividió la diferencia de medias (0.679) entre la media del pretest (5.033), y multiplicando el resultado por 100. El cálculo mostró un incremento relativo del 13.5% respecto al nivel de conocimiento inicial de los estudiantes, tomando como referencia el promedio obtenido en el pretest.

Para evaluar la magnitud del efecto se calculó la d de Cohen para muestras relacionadas. Esta medida permite determinar qué tan relevante es la diferencia entre las puntuaciones del pretest y posttest en el grupo experimental, más allá de la significancia estadística. El cálculo se realizó dividiendo la diferencia de medias ($5.712 - 5.033 = 0.679$) entre la desviación estándar de las diferencias (1.058), lo que indicó un tamaño del efecto de $d = 0.64$. De acuerdo con los criterios propuestos por Cohen (1988), un valor de d cercano a 0.2 se interpreta como un efecto pequeño, un valor alrededor de 0.5 corresponde a un efecto moderado y un valor igual o superior a 0.8 representa un efecto grande. En este caso, el valor obtenido indica que la intervención con el juego en VR generó un efecto de magnitud moderada sobre el aprendizaje STEM.

Adicionalmente, este valor puede interpretarse en términos de probabilidad para facilitar su comprensión. Según McGraw y Wong (1992), el tamaño del efecto puede traducirse a la probabilidad de que, al seleccionar al azar un estudiante del grupo experimental y uno del grupo de control, el primero obtenga una puntuación más alta que el segundo. En este caso, un valor de $d = 0.64$ equivale aproximadamente a una probabilidad del 67%, de que un estudiante seleccionado al azar y expuesto al juego en VR tenga un mejor desempeño que uno que no participó en la experiencia.

8.9.2. Efecto del juego en VR en el aprendizaje de contenidos STEM por área del conocimiento

Para analizar el efecto del juego educativo en VR en el aprendizaje por área del conocimiento, primeramente se identificó si los datos cumplían con el supuesto de normalidad. Para ello, se aplicaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk a las puntuaciones obtenidas en el pretest y postest por cada grupo. Los resultados se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31

Resultados de las pruebas de normalidad para las puntuaciones del pretest y postest en la prueba de conocimientos STEM.

GRUPO		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Ciencias Pretest	Control	0.132	29	0.200	0.978	29	0.776
	Experimental	0.220	33	0.000	0.937	33	0.055
Ciencias Postest	Control	0.124	27	0.200	0.956	27	0.302
	Experimental	0.215	31	0.001	0.912	31	0.014
Tecnología Pretest	Control	0.190	29	0.009	0.925	29	0.041
	Experimental	0.139	33	0.107	0.937	33	0.055
Tecnología Postest	Control	0.116	27	0.200	0.959	27	0.352
	Experimental	0.108	31	0.200	0.940	31	0.084
Ingeniería Pretest	Control	0.195	29	0.006	0.890	29	0.006
	Experimental	0.131	33	0.164	0.967	33	0.407
Ingeniería Postest	Control	0.161	27	0.072	0.948	27	0.193
	Experimental	0.125	31	0.200	0.955	31	0.219
Matemáticas Pretest	Control	0.162	29	0.049	0.962	29	0.377
	Experimental	0.141	33	0.096	0.923	33	0.023
Matemáticas Postest	Control	0.163	27	0.065	0.929	27	0.066
	Experimental	0.216	31	0.001	0.939	31	0.077

Nota. Resultados experimentales.

Los resultados de las pruebas de normalidad evidenciaron un comportamiento heterogéneo entre las distintas áreas y fases de aplicación. En algunos casos se identificaron valores de significancia inferiores a 0.05, lo que indica desviaciones respecto a la normalidad, como en Ciencias (pretest y postest del grupo experimental), en Tecnología (pretest del grupo de control), en Ingeniería (pretest del grupo de control) y en Matemáticas (pretest y postest del grupo experimental). En contraste, el resto de las mediciones presentaron valores superiores a 0.05, por lo que no se rechazó el supuesto de normalidad. Con base en este patrón mixto, se decidió aplicar pruebas paramétricas en aquellas comparaciones que cumplieron con el criterio de normalidad, y pruebas no paramétricas en los casos con desviaciones significativas, con el fin de asegurar mayor rigor en el análisis de los datos.

8.9.2.1. Grupo experimental: comparación intragrupo en la prueba de conocimientos STEM por área del conocimiento

En la Tabla 32 se presentan los estadísticos descriptivos correspondientes a las puntuaciones obtenidas por el grupo experimental en las áreas de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, antes y después de la intervención.

Tabla 32

Estadísticos descriptivos de las puntuaciones obtenidas en el pretest y postest de la prueba de conocimientos STEM en el grupo experimental.

Variable	Fase	N	Media	Mediana	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Ciencias Experimental	Pretest	33	4.87	5	1.28	1.7	7.5
	Postest	31	5.5	5	1.46	3.3	9.2

Tecnología	Pretest	33	5.34	5.8	1.43	3.3	8.3
Experimental	Postest	31	6.42	6.7	1.84	3.3	9.2
Ingeniería	Pretest	33	5.5	5.8	1.36	2.5	8.3
Experimental	Postest	31	6.13	5.8	1.72	1.7	9.2
Matemáticas	Pretest	29	4.19	4.16	1.58	0.83	8.33
Experimental	Postest	27	4.38	4.16	1.57	1.67	7.5

Nota. Resultados experimentales.

Los resultados muestran un incremento general en los puntajes promedio del grupo experimental en las cuatro áreas evaluadas, aunque con variaciones en la magnitud del cambio. El mayor aumento se observó en el área de Tecnología, donde la media pasó de 5.34 en el pretest a 6.42 en el postest (+1.08). Le sigue Ingeniería, con un incremento de 5.5 a 6.13 (+0.63) y Ciencias, al pasar de 4.87 a 5.5 puntos (+0.63). Finalmente, en Matemáticas, el aumento fue de 4.19 a 4.38 (+0.19).

Para determinar si las diferencias fueron estadísticamente significativas, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Esta prueba no paramétrica resulta adecuada cuando se comparan dos mediciones relacionadas sobre la misma muestra, especialmente cuando no se puede asumir normalidad en la distribución de los datos. Los resultados se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33

Comparaciones pretest y postest dentro del grupo experimental para las áreas STEM separadas.

	Estadísticos de prueba Grupo experimental			
	Ciencias Post - Ciencias Pre	Tecnología Post - Tecnología Pre	Ingeniería Post - Ingeniería Pre	Matemáticas Post - Matemáticas Pre
Z	-2.271	-2.473	-1.546	-1.105
Sig. asintótica (bilateral)	0.035	0.013	0.122	0.269

Nota. Prueba de rangos de signo de Wilcoxon, se basa en rangos negativos.

En Ciencias se obtuvo un valor de $Z = -2.271$ ($p = .035$), y en Tecnología un valor de $Z = -2.473$ ($p = .013$), lo que indica incrementos significativos en los puntajes postest en comparación con los obtenidos en el pretest. Por su parte, las áreas de Ingeniería ($Z = -1.546$, $p = .122$) y Matemáticas ($Z = -1.105$, $p = .269$) no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones, reflejando una estabilidad relativa en los resultados.

En suma, los resultados evidencian que las mejoras más notorias dentro del grupo experimental se concentraron en Ciencias y Tecnología, mientras que en Ingeniería y Matemáticas los cambios positivos observados no alcanzaron significancia estadística.

8.9.2.2. Grupo de control: comparación intragrupo en la Prueba de Conocimientos STEM por área del conocimiento

En la misma línea que el apartado anterior, pero ahora con un análisis dentro del grupo de control. En la Tabla 34 se presentan los puntajes obtenidos por área del conocimiento STEM dentro del grupo de control.

Tabla 34

Estadísticos descriptivos de las puntuaciones obtenidas en el pretest y postest de la prueba de conocimientos STEM en el grupo de control.

Variable	Fase	N	Media	Mediana	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Ciencias Control	Pretest	29	4.79	5	1.74	0.83	8.33
	Postest	27	5.09	5	1.59	1.67	7.5

Tecnología	Pretest	29	5.54	5.83	1.72	1.67	8.33
Control	Postest	27	5.58	5.83	1.61	2.5	8.33
Ingeniería	Pretest	29	4.9	5	1.29	3.3	7.5
Control	Postest	27	4.84	5	1.42	2.5	7.5
Matemáticas	Pretest	29	4.4	4.2	1.49	1.7	6.7
Control	Postest	27	4.79	4.2	1.72	1.7	8.3

Nota. Resultados experimentales.

En el grupo de control, los puntajes promedio se mantuvieron estables entre el pretest y el postest, con variaciones mínimas en todas las áreas. En Ciencias, el promedio pasó de 4.79 a 5.09 (+0.30); en Tecnología, prácticamente no hubo cambio, al pasar de 5.54 a 5.58 (+0.04). En Ingeniería, se observó una ligera disminución, de 4.90 a 4.84 (-0.06); mientras que en Matemáticas, el promedio aumentó de 4.40 a 4.79 (+0.39).

Para profundizar en estos hallazgos, se aplicó también la prueba de rangos con signo de Wilcoxon con el objetivo de identificar si las diferencias entre las mediciones pretest y postest eran estadísticamente significativas. Los resultados se presentan en la Tabla 35.

Tabla 35

Comparaciones pretest y postest dentro del grupo de control para las áreas STEM separadas.

Estadísticos de prueba				
Grupo de control				
	Ciencias Post - Ciencias Pre	Tecnología Post - Tecnología Pre	Ingeniería Post - Ingeniería Pre	Matemáticas Post - Matemáticas Pre
Z	-1.388	-0.247	-0.024	-0.264
Sig. asintótica (bilateral)	0.141	0.805	0.981	0.792

Nota. Prueba de rangos de signo de Wilcoxon, se basa en rangos negativos.

Ninguna de las áreas evaluadas presentó diferencias estadísticamente significativas, ya que todos los valores de p fueron superiores al umbral de 0.05. Esto indica que no hubo

cambios relevantes en el desempeño del grupo de control entre ambas mediciones. El grupo de control mantuvo niveles similares en todas las áreas, lo cual refuerza la posibilidad de que los cambios observados en el grupo experimental estén asociados al uso del juego educativo en VR y no a un efecto externo o al paso del tiempo.

8.9.2.3. Grupo experimental y grupo de control: comparación intergrupo en la Prueba de Conocimientos STEM por área del conocimiento

Para comparar los puntajes del postest entre el grupo experimental y el grupo de control, se aplicó la prueba de Mann-Whitney, ya que se trata de dos grupos independientes y no se asume normalidad en la distribución de los datos. Esta prueba no paramétrica permite identificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos después de la intervención. Los resultados se presentan en la Tabla 36.

Tabla 36

Comparaciones pretest y postest entre el grupo experimental y el grupo de control para las áreas STEM separadas.

Estadísticos de prueba Mann-Whitney entre grupos								
	Ciencias Pre	Ciencias Post	Tec Pre	Tec Post	Ing Pre	Ing Post	Mate Pre	Mate Post
U de Mann-Whitney	471	440.5	434.5	322	351.5	226	420	352.5
W de Wilcoxon	906	875.5	995.5	700	786.5	604	855	730.5
Z	-0.108	-0.542	-0.624	-1.512	-1.823	-3.022	-0.832	-1.037
Sig. asintótica (bilateral)	0.914	0.588	0.533	0.131	0.068	0.003	0.406	0.3

Nota. Resultados experimentales.

Los valores de significancia indican que solo en el área de Ingeniería en el postest se observó una diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos ($p = 0.003$), siendo el grupo experimental el que obtuvo mejores resultados. En las demás áreas los valores de p fueron superiores a 0.05, lo que refleja que no se encontraron diferencias significativas entre grupos al finalizar la intervención.

8.10. Resultados asociados a la motivación STEM

A continuación se presentan los resultados correspondientes a la motivación STEM. En la Tabla 37 se muestran las estadísticas descriptivas de las variables evaluadas: motivación STEM (pretest y postest), motivación STEM autorreportada (pretest y postest) y motivación STEM asociada al juego en VR, esta última aplicada únicamente al grupo experimental en el postest. Es importante señalar que la motivación autorreportada se obtuvo a partir de la pregunta: “*En una escala del 1 al 10, ¿cuál es tu nivel de motivación para aprender contenidos relacionados con Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas?*”, incluida en la escala de motivación STEM en ambos momentos de medición.

Tabla 37

Estadísticos descriptivos de las puntuaciones obtenidas en las escalas de motivación STEM (general y por el juego).

Etap	Grupo	N	Casos perdidos	Media	Mediana	Desv. Est.	Mínimo	Máximo
Motivación STEM General	Control	29	0	74	72.36	10.50	48.68	96.05
	Experimental	33	0	74.08	73.68	10.72	44.74	92.11
Pretest								

Motivación STEM General Pretest	Control	27	2	73.97	76.31	10.80	51.32	92.11
	Experimental	31	2	76.14	73.68	9.13	56.58	93.42
Motivación STEM Percibida Pretest	Control	29	0	7.52	8	2.35	1	10
	Experimental	33	0	8.06	8	1.65	3	10
Motivación STEM Percibida Postest	Control	27	2	7.77	8	1.64	4	10
	Experimental	31	2	8.22	8	1.25	5	10
Motivación STEM por el juego en VR	Experimental	33	0	80.26	80.26	8.19	63.16	98.68

Nota. Resultados experimentales.

En el grupo experimental, en una escala del 0 al 100, la motivación STEM general pasó de 74.08 puntos en el pretest a 76.14 en el postest (+2.06 puntos). En el grupo de control, los promedios fueron de 74.00 en el pretest y 73.97 en el postest (-0.03 puntos). Respecto a la motivación STEM autorreportada, el grupo experimental registró un promedio de 8.06 en el pretest y 8.22 en el postest (+0.16) en una escala del 1 al 10, mientras que el grupo de control pasó de 7.52 a 7.77 (+0.25). Finalmente, la motivación STEM atribuida al juego, medida únicamente en el grupo experimental durante el postest, presentó un promedio de 80.26 puntos sobre 100. Los resultados de las pruebas de normalidad para estas variables se presentan en la Tabla 38.

Tabla 38

Resultados de las pruebas de normalidad para las puntuaciones del pretest y postest respecto a la motivación de las áreas STEM.

Pruebas de normalidad

Variable	GRUPO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadísti co	gl	Sig.	Estadísti co	gl	Sig.
Motivación STEM Pretest	Control	0.118	29	0.200*	0.978	29	0.786
	Experimental	0.161	33	0.030	0.932	33	0.039
Motivación STEM Posttest	Control	0.141	27	0.178	0.961	27	0.398
	Experimental	0.131	31	0.192	0.963	31	0.348
Motivación STEM Por El Juego	Experimental	0.257	33	0.000	0.868	33	0.001
Motivación STEM Autorreportada Pretest	Control	0.206	29	0.003	0.837	29	0.000
	Experimental	0.213	33	0.001	0.857	33	0.000
Motivación STEM Autorreportada Posttest	Control	0.178	27	0.028	0.898	27	0.012
	Experimental	0.235	31	0.000	0.894	31	0.005

Nota. Valores superiores a 0.05 indican normalidad en la distribución de los datos.

Las pruebas de normalidad mostraron que la mayoría de las variables no presentaron una distribución normal ($p < .05$). Las variables de motivación STEM autorreportada pretest, motivación STEM autorreportada posttest y motivación STEM asociada al juego en VR, no cumplieron con este supuesto en ninguno de los grupos. Solo los datos de la escala de motivación STEM posttest mostró una distribución normal ($p > 0.05$) en ambos grupos, por lo que se aplicaron pruebas paramétricas únicamente para esta variable y pruebas no paramétricas para el resto.

8.10.1. Motivación STEM

Con el propósito de analizar esta variable, se realizaron comparaciones intragrupo en los grupos experimental y de control, así como comparaciones intergrupo en los dos momentos de medición. Los resultados asociados a esta variable se obtuvieron con la escala de motivación STEM.

8.10.1.1. Grupo experimental: comparación intragrupo en los resultados de la escala de motivación STEM

Para evaluar si existieron diferencias significativas en la motivación STEM del grupo experimental antes y después de la intervención con VR, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para dos muestras relacionadas. Se seleccionó esta prueba debido a que los datos no siguieron una distribución normal, como se evidenció en el análisis de normalidad previo. En una escala del 0 al 100, la media en el posttest (76.14) fue ligeramente mayor en comparación con el pretest (74.08), lo que significa que hubo un cambio de (+2.06 puntos) en la motivación STEM tras la intervención. La Tabla 39 muestra los resultados de la prueba de Wilcoxon.

Tabla 39

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para los cambios del grupo experimental asociados a la motivación en general hacia las áreas STEM.

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon: Experimental Motivación STEM				
Variable		N	Rango promedio	Suma de rangos
Motivación STEM Posttest –	Rangos negativos	11 (a)	18.55	204
	Rangos positivos	12 (b)	16.23	357
Motivación STEM Pretest	Empates	0 (c)		
	Total	33		

Nota. (a) Motivación STEM posttest < Motivación STEM pretest

(b) Motivación STEM posttest > Motivación STEM pretest

(c) Motivación STEM posttest = Motivación STEM pretest.

Los rangos en la prueba de Wilcoxon representan el orden relativo de los cambios en las puntuaciones; es decir, qué tan grandes fueron las diferencias entre el pretest y el posttest en cada estudiante. La suma de rangos refleja la acumulación de estos valores,

permitiendo comparar la magnitud de los incrementos y decrementos en las puntuaciones. En este caso, aunque 12 estudiantes incrementaron su puntuación y 11 la redujeron, el rango promedio de los decrementos (18.55) fue ligeramente mayor que el de los incrementos (16.23). La suma de rangos de los estudiantes que aumentaron su motivación (357) fue superior a la de aquellos que la disminuyeron (204), esto significa que, en términos generales, los incrementos numéricamente fueron mayores, pero de menor magnitud en comparación con las reducciones observadas.

La prueba de Wilcoxon indicó que la diferencia entre las mediciones del pretest y postest no fue estadísticamente significativa ($p > .05$). Esto significa que el incremento observado en la motivación STEM general en el grupo experimental no alcanzó un nivel de variación suficiente para considerarse estadísticamente significativo.

8.10.1.2. Grupo de control: comparación intragrupo en los resultados de la escala de motivación STEM

Para evaluar los cambios en la motivación STEM dentro del grupo de control, se realizó una prueba t de Student para muestras relacionadas. Los resultados indicaron que la media en el pretest fue de 74.00 y en el postest fue de 73.97, con valores mínimos de 48.68 y 51.32, y máximos de 96.05 y 92.11, respectivamente. Adicionalmente, se calculó la correlación entre las puntuaciones del pretest y postest, obteniendo un coeficiente de $r = 0.388$ con un valor de $p = 0.038$, lo que indicó una relación moderada entre ambas mediciones (ver Tabla 40).

Tabla 40

Resultados del cálculo de la prueba t de Student para muestras relacionadas asociadas a la motivación STEM general por tipo de etapa.

Prueba t de Student para muestras relacionadas: Control Pre y Postest Diferencias								
Etapa	Media	Desv.	Desv. Error	95% de intervalo de confianza		t	gl	Sig.
				Inferior	Superior			
Motivación STEM Pretest – Motivación STEM Postest	0.026	11.569	2.148	- 4.37	4.42	0.012	28	0.991

Nota. Valores obtenidos a través de la prueba t de Student para muestras relacionadas.

Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones del pretest y postest en el grupo de control, lo que indica que las puntuaciones obtenidas fueron similares en ambos momentos de aplicación.

8.10.1.3. Grupo experimental y grupo de control: comparación intergrupo en los resultados de la escala de motivación STEM

Para analizar las diferencias en la motivación STEM entre el grupo experimental y el grupo de control en el pretest y postest, se realizó la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, debido a que una de las variables no presentó una distribución normal. Esta prueba permitió determinar si existieron diferencias significativas entre ambos grupos antes y después de la intervención con el juego en VR. En la Tabla 41 se presentan los rangos promedio y la suma de rangos obtenidos para cada grupo.

Tabla 41

Prueba U de Mann-Whitney para la motivación STEM para muestras independientes asociado a la motivación STEM general.

Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes				
Rangos				
Experimental y Control				
Motivación STEM general				
Etapa	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Motivación STEM general Pretest	Control	29	30.69	890
	Experimental	33	32.21	1063
	Total	62		
Motivación STEM general Postest	Control	29	30.69	890
	Experimental	33	32.21	1063
	Total	62		

Nota. Este análisis no paramétrico compara la posición o rango de las puntuaciones entre grupos con distribuciones no normales.

La prueba de U de Mann-Whitney organiza las puntuaciones de ambos grupos en rangos para comparar sus distribuciones. El valor N indica el número de participantes en cada grupo; el rango promedio representa la posición media que ocuparon sus puntuaciones dentro del orden total, y la suma de rangos refleja la acumulación de estas posiciones. De esta manera, cuando los rangos promedio de dos grupos son similares, como ocurrió en este caso, se interpreta que las distribuciones de sus puntajes no difieren de manera importante. En la Tabla 42 se presentan los valores estadísticos obtenidos en dicha prueba.

Tabla 42

Estadísticos de la prueba U de Mann-Whitney para la comparación de la motivación STEM intergrupo.

Estadísticos de prueba	
Motivación STEM Pretest	Motivación STEM Postest

U de Mann-Whitney	455	455
W de Wilcoxon	890	890
Z	-0.332	-0.332
Sig. asintótica (bilateral)	0.740	0.740

Nota. Se realizó la agrupación con la variable “grupo”.

El valor de U fue 455 en ambas mediciones, con un estadístico Z de -0.332 y un nivel de significancia $p = 0.740$. Dado que $p > 0.05$, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo experimental y el grupo de control, ni antes ni después de la intervención con VR.

Una vez verificado, se decidió ampliar el análisis con una prueba t de Student para muestras independientes, con el objetivo de contrastar los resultados obtenidos. Cabe mencionar que solo una de las variables no cumplió con el supuesto de normalidad, por lo que se consideró pertinente utilizar esta prueba para comprobar la diferencia entre los grupos. Los resultados se visualizan en la Tabla 43.

Tabla 43

Resultados de la prueba t de Student para muestras independientes en la motivación STEM.

Prueba t de Student para muestras independientes: Control y experimental Pre y Postest Motivación STEM								
Etapa		t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Dif de error estándar	95% de confianza de intervalo de la diferencia	
							Inferior	Superior
Pretest	Se asumen varianzas iguales	-0.030	60	0.976	-0.081	2.70	-5.48	5.32

Postest	Se asumen varianzas iguales	-0.887	60	0.379	-2.169	2.44	-7.06	2.72
---------	-----------------------------------	--------	----	-------	--------	------	-------	------

Nota. Resultados experimentales.

Para evaluar la homogeneidad de varianza, el valor de F corresponde a la prueba de Levene, la cual permite verificar si las varianzas de ambos grupos son iguales. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas en la varianza entre los grupos en el pretest ($F = 0.015, p = 0.904$) ni en el postest ($F = 1.085, p = 0.302$), por lo que se asumió igualdad de varianzas para la interpretación de la prueba t de Student. En la comparación de medias, los valores obtenidos para la prueba t tuvieron un valor de significancia superior a 0.05, lo que comprobó que no existieron diferencias estadísticamente significativas en la motivación STEM general entre los grupos antes ni después de la intervención con VR.

8.10.2. Motivación STEM autorreportada

La motivación STEM autorreportada se evaluó mediante una pregunta en la cual se solicitó a los estudiantes indicar, en una escala del 1 al 10, su nivel de motivación hacia el aprendizaje de las áreas STEM. Este indicador ofreció una medida directa de la percepción individual de los participantes, complementando los resultados de la escala de motivación STEM y permitiendo observar de manera inmediata la disposición autorreportada antes y después de la intervención. En los siguientes apartados se presentan los análisis comparativos intra e intergrupos.

8.10.2.1. Grupo experimental: comparación intragrupo en motivación STEM autorreportada

Para analizar los posibles cambios en esta variable dentro del grupo experimental, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas, dado que los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad en ninguna de las variables.

En el pretest, los puntajes de motivación STEM autorreportada oscilaron entre 3 y 10, mientras que en el postest se concentraron en un rango de 5 a 10. Esto muestra que en la segunda medición ya no se registraron niveles bajos de motivación y que las respuestas se agruparon en los valores superiores de la escala. El promedio pasó de 8.06 a 8.22 puntos (+0.16 puntos); si se lleva a la escala numérica utilizada en las otras mediciones (de 0 a 100), este incremento equivale a +1.6 puntos en una escala del 0 al 100.

El estadístico Z obtenido fue de -0.441, con un valor de significancia $p = 0.659$, lo que indica que la diferencia entre el pretest y el postest no fue estadísticamente significativa. Esto significa que la intervención con VR no generó un cambio sustancial en la motivación autorreportada de los estudiantes, manteniéndose en niveles similares antes y después de la experiencia.

8.10.2.2. Grupo de control: comparación intragrupo en motivación autorreportada

Para el grupo de control también se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Los resultados indicaron que la media de motivación autorreportada en el pretest fue de 7.52 y en el postest aumentó a 7.77. En cuanto a los valores mínimos y máximos, se observó que en el pretest el rango de respuestas osciló entre 1 y 10, mientras que en el postest se redujo a un rango de 4 a 10. El estadístico Z obtenido fue de -0.313, con un valor de significancia $p = 0.754$, lo que indicó que la diferencia entre el pretest y el postest no fue

estadísticamente significativa. Esto significa que la motivación autorreportada en el grupo de control se mantuvo estable a lo largo del estudio, sin presentar un cambio relevante entre las mediciones pre y postest.

8.10.2.3. Grupo experimental y grupo de control: comparación intergrupo en motivación STEM autorreportada

Para comparar la motivación autorreportada entre el grupo experimental y el grupo de control en el pretest y postest, se realizó la prueba de Mann-Whitney para muestras independientes, debido a que los datos no cumplieron con los criterios de normalidad.

En el pretest, el grupo experimental obtuvo un rango promedio de 33.14 y el grupo de control un rango promedio de 29.64. En el postest, el grupo experimental mantuvo un rango promedio superior (33.97) en comparación con el grupo de control (28.69). A pesar de estas diferencias en los rangos, los resultados de la prueba U de Mann-Whitney no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, ni en el pretest ($U = 424.5, p = 0.436$) ni en el postest ($U = 397.0, p = 0.239$).

8.10.3. Motivación STEM asociada al juego en VR comparada con la motivación STEM

Se realizó una prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas. Esta prueba permitió determinar si existían diferencias significativas entre la motivación STEM asociada al juego y la motivación STEM general del postest. Los resultados indicaron que la media de motivación STEM general en el postest fue de 76.14 en una escala del 0 al 100, mientras que la motivación STEM atribuida al juego alcanzó un promedio superior de 80.26 en la misma escala.

La prueba reveló que 23 de 33 estudiantes reportaron una mayor motivación STEM debida al juego en comparación con su motivación STEM general posttest, mientras que 9 estudiantes mostraron valores más bajos en esta dimensión. Solo un estudiante mantuvo puntuaciones iguales en ambas variables (ver Tabla 44).

Tabla 44

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para los cambios del grupo experimental asociados a la motivación STEM general y la motivación atribuida al juego en VR.

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon: Experimental				
Variable		N	Rango promedio	Suma de rangos
Motivación STEM por el juego en VR -	Rangos negativos	9 (a)	15	135
	Rangos positivos	23 (b)	17.09	393
Motivación STEM posttest general	Empates	1 (c)		
	Total	33		

Nota. (a) Motivación STEM por el juego < Escala de Motivación STEM posttest
(b) Motivación STEM por el juego > Escala de Motivación STEM posttest
(c) Motivación STEM por el juego = Escala de Motivación STEM posttest

En la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, los rangos positivos presentaron un rango promedio de 17.09 y una suma de rangos de 393, mientras que los rangos negativos tuvieron un rango promedio de 15 y una suma de rangos de 135, evidenciando una tendencia general hacia valores más altos de motivación STEM atribuida al juego educativo en VR. El estadístico Z obtenido fue de -2.413 , con un nivel de significancia $p = 0.016$, lo que indicó que sí hubo diferencias estadísticamente significativas entre la motivación STEM general y la motivación atribuida al juego en VR, ambas evaluadas después de la intervención.

8.11. Análisis de correlaciones entre aprendizaje y motivación STEM

Se realizó un análisis de correlación mediante el coeficiente P de Spearman con el propósito de identificar las relaciones entre las principales variables del estudio en el grupo experimental. El análisis incluyó los puntajes pretest y postest de la prueba de conocimientos STEM, la motivación STEM general medida mediante la escala, la motivación STEM autorreportada, la motivación STEM atribuida al juego educativo en VR, y el promedio general de calificaciones proporcionado por la institución educativa.

Se eligió el coeficiente P de Spearman debido a que no todas las variables presentaron una distribución normal, por lo que este método no paramétrico permitió examinar la fuerza y dirección de las asociaciones sin requerir dicho supuesto. En la Tabla 45 se presentan las correlaciones estadísticamente significativas.

Tabla 45

Correlaciones P de Spearman significativas en variables asociadas a aprendizaje y motivación STEM.

Variables relacionadas	P de Spearman	p (bilateral)
Pretest Escala de motivación STEM general/ Postest Escala de motivación STEM general	0.596	0.000
Postest Prueba de conocimientos STEM/ Postest Escala de motivación STEM general	0.524	0.002
Promedio de calificaciones/ Postest Prueba de conocimientos STEM	0.472	0.005
Motivación STEM por el juego/ Postest Escala de motivación STEM general	0.468	0.006
Promedio de calificaciones/ Postest Escala de motivación STEM general	0.461	0.007
Pretest Motivación STEM autorreportada/ Pretest Escala de motivación STEM general	0.461	0.007
Postest Prueba de conocimientos STEM/ Postest Motivación STEM autorreportada	0.455	0.008
Pretest Motivación STEM autorreportada/ Postest Motivación STEM autorreportada	0.428	0.013

Pretest Prueba de conocimientos STEM/ Postest Prueba de conocimientos STEM	0.418	0.015
Promedio de calificaciones / Pretest Prueba de conocimientos STEM	0.365	0.037

Nota. Se consideran significativas las correlaciones con $p < 0.05$.

La correlación más elevada y significativa se observó entre la motivación STEM general en el pretest y el postest ($P = 0.596$, $p < 0.001$), lo que indica una relación fuerte y consistente entre las puntuaciones iniciales y finales de motivación STEM. En este sentido, los estudiantes que presentaron niveles altos de motivación antes de la intervención tendieron a conservar valores elevados después de ella, mientras que aquellos con niveles bajos mantuvieron esa tendencia.

Asimismo, se observó una correlación moderada positiva y significativa entre la motivación STEM general postest y el promedio de calificaciones institucional, tanto en la prueba de conocimientos STEM postest ($P = 0.524$, $p = 0.002$) como en el promedio general de calificaciones ($P = 0.461$, $p = 0.007$). Estas asociaciones reflejan que los estudiantes con mayor motivación al finalizar la intervención también mostraron un mejor desempeño en las evaluaciones de aprendizaje y, a su vez, también mantuvieron un mejor promedio de calificaciones.

Por su parte, la motivación STEM atribuida al juego en VR presentó una correlación positiva y significativa con la motivación STEM general postest ($P = 0.468$, $p = 0.006$), lo que evidencia correspondencia entre la motivación experimentada durante la actividad y la motivación general hacia las áreas STEM al cierre del estudio. Además, se registró una relación significativa entre la motivación STEM autorreportada postest y la prueba de conocimientos STEM postest ($P = 0.455$, $p = 0.008$), indicando que a mayor motivación reportada por los estudiantes, se obtuvieron mejores resultados en la prueba.

Asimismo, las correlaciones entre los puntajes pretest y postest de la prueba de conocimientos ($P = 0.418, p = 0.015$) mostraron una asociación positiva moderada y significativa, lo que refleja una continuidad en los niveles de aprendizaje. De igual modo, la motivación STEM autorreportada pre y postest ($P = 0.428, p = 0.013$) presentó una correspondencia estable, lo que refleja coherencia entre la percepción inicial y final con respecto a su motivación. Finalmente, las correlaciones entre el promedio de calificaciones y las pruebas de conocimientos STEM (pretest: $P = 0.365, p = 0.037$, postest: $P = 0.472, p = 0.005$) muestran que a mayor promedio de calificaciones inicial, mejores resultados en la prueba de conocimientos STEM.

Además del conjunto de correlaciones significativas previamente descrito, se identificaron diversas combinaciones de variables que no presentaron asociaciones estadísticamente significativas ($p \geq .05$) en el grupo experimental. Estas relaciones se muestran en la Tabla 46.

Tabla 46

Correlaciones de Spearman no significativas en variables asociadas a aprendizaje y motivación STEM.

Variables relacionadas	P de Spearman	p (bilateral)
Motivación STEM por el juego/ Pretest Motivación STEM autorreportada	0.343	0.050
Motivación STEM por el juego/ Postest Motivación STEM autorreportada	0.327	0.064
Motivación STEM por el juego/ Pretest Escala de motivación STEM general	0.228	0.202
Pretest Motivación STEM autorreportada/ Postest Motivación STEM general	0.200	0.265
Postest Motivación STEM autorreportada/ Pretest Motivación STEM general	0.194	0.280

Nota. Se consideran no significativas las correlaciones con $p \geq .05$.

La motivación STEM por el juego mostró una relación débil y no significativa con la motivación STEM autorreportada en el pretest ($P = .343, p = .050$) y también con la motivación STEM autorreportada en el postest ($P = 0.327, p = 0.064$). Estos valores indican que la motivación atribuida al juego no dependió estadísticamente de la motivación STEM autorreportada por los estudiantes, ya fuera antes o después de la intervención. En otras palabras, la motivación asociada a la experiencia con el juego no estuvo vinculada a los niveles individuales de motivación percibida.

De igual modo, la motivación STEM por el juego y la motivación STEM general pretest mostraron una correlación baja y no significativa ($P = 0.228, p = 0.202$), lo que indica que la motivación inicial medida mediante la escala general no se relacionó estadísticamente con la motivación atribuida al juego. Esto refleja independencia entre la motivación STEM general previa y la motivación STEM derivada de la interacción con el juego. Es decir, los estudiantes que iniciaron con niveles más altos de motivación, no necesariamente reflejaron mayor motivación asociada al juego.

Por otra parte, la motivación STEM autorreportada en el pretest y la motivación STEM general postest presentaron una correlación baja y no significativa ($P = 0.200, p = 0.265$). De forma similar, la motivación STEM autorreportada en el postest y la motivación STEM general pretest registraron un valor de ($P = 0.194, p = 0.280$), no significativo. Estos resultados muestran que los niveles de motivación STEM percibidos individualmente por los estudiantes no guardaron correspondencia estadística con las mediciones globales obtenidas mediante la escala, lo que sugiere una independencia entre la percepción subjetiva de motivación y la medida general del constructo obtenido mediante la aplicación de la escala de motivación STEM.

CAPÍTULO IX:

ESTUDIO DE LAS PERCEPCIONES ASOCIADAS AL APRENDIZAJE Y MOTIVACIÓN STEM POR EL USO DE UN JUEGO EN VR

En este capítulo se presentan los detalles asociados al tercer estudio de la investigación. Se reporta el objetivo y el diseño metodológico que lo sustentó, junto con la descripción de los participantes y sus características generales. También se incluye el guion de entrevista utilizado para indagar las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje y la motivación STEM vinculadas a la intervención con el juego en VR, con el propósito de complementar y triangular los resultados cuantitativos. La información obtenida se utilizó para profundizar en la comprensión de los efectos del juego en VR desde la perspectiva de los propios estudiantes. Finalmente, se explica el procedimiento de aplicación, la estrategia de análisis cualitativo y los principales resultados.

9.1. Objetivo del estudio

El objetivo de este estudio fue explorar las percepciones de los estudiantes del grupo experimental respecto a su experiencia con el juego en VR, considerando los cambios percibidos en su aprendizaje y motivación STEM.

9.2. Diseño del estudio

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo de corte interpretativo con sustento hermenéutico, de alcance exploratorio y descriptivo. Se optó por un diseño orientado a

comprender en profundidad las percepciones de los estudiantes tras la intervención con el juego educativo en VR en un contexto escolar específico.

9.3. Participantes del estudio

Los estudiantes que participaron en el grupo experimental y concluyeron la intervención con el juego en VR fueron invitados a responder entrevistas individuales. En total, 31 estudiantes de secundaria formaron parte de este estudio. La Tabla 47 muestra sus características y los códigos utilizados para la presentación de los fragmentos representativos en la sección de resultados.

Tabla 47

Participantes del tercer estudio.

Participante	Sexo	Edad	Promedio general	Experiencia previa con VR	Duración de la entrevista
Participante 1 (P1)	Mujer	14	9.6	No	7.3 minutos
Participante 2 (P2)	Mujer	14	9.2	Sí	7 minutos
Participante 3 (P3)	Mujer	14	8.8	Sí	5.5 minutos
Participante 4 (P4)	Mujer	14	8.5	Sí	6.1 minutos
Participante 5 (P5)	Hombre	14	8.5	Sí	6.4 minutos
Participante 6 (P6)	Mujer	14	5.0	No	7.04 minutos
Participante 7 (P7)	Mujer	13	8.2	No	5.2 minutos
Participante 8 (P8)	Hombre	15	7.2	No	6.2 minutos
Participante 9 (P9)	Mujer	14	9.3	Sí	6.07 minutos
Participante 10 (P10)	Mujer	14	8.9	No	4.1 minutos
Participante 11 (P11)	Hombre	14	9.8	Sí	7.17 minutos
Participante 12 (P12)	Hombre	14	8.7	Sí	7 minutos
Participante 13 (P13)	Mujer	14	9.9	Sí	6.3 minutos
Participante 14 (P14)	Mujer	13	9.4	Sí	5.5 minutos
Participante 15 (P15)	Hombre	14	5.0	No	5.1 minutos
Participante 16 (P16)	Mujer	13	9.4	Sí	7.03 minutos
Participante 17 (P17)	Mujer	14	8.5	Sí	7.1 minutos
Participante 18 (P18)	Hombre	14	9	Sí	4.4 minutos
Participante 19 (P19)	Mujer	15	5	No	5.05 minutos
Participante 20 (P20)	Hombre	14	9.5	Sí	5.36 minutos
Participante 21 (P21)	Hombre	14	9	No	6.04 minutos

Participante 22 (P22)	Mujer	15	9	Sí	5.43 minutos
Participante 23 (P23)	Mujer	14	9.5	No	7.11 minutos
Participante 24 (P24)	Mujer	14	9.2	Sí	4.11 minutos
Participante 25 (P25)	Hombre	14	7.5	No	6.13 minutos
Participante 26 (P26)	Hombre	14	8.8	No	5.44 minutos
Participante 27 (P27)	Mujer	14	10	Sí	7.2 minutos
Participante 28 (P28)	Hombre	14	7.2	No	4.3 minutos
Participante 29 (P29)	Hombre	14	8.6	Sí	3.56 minutos
Participante 30 (P30)	Hombre	14	8	Sí	3.02 minutos
Participante 31 (P31)	Hombre	14	7.7	Sí	6.24 minutos

Nota. Características generales de los participantes del estudio.

9.4. Técnica de recolección de datos: entrevista semiestructurada

Se diseñó un guion de entrevista semiestructurada de once preguntas divididas en tres dimensiones principales: (1) evaluación de la intervención con el juego en VR, (2) aprendizaje STEM y, (3) motivación STEM. En la Tabla 48, se presentan las dimensiones y sus preguntas asociadas.

Tabla 48

Guion de entrevista semiestructurada sobre la experiencia en VR.

Unidad de análisis	Preguntas asociadas
Evaluación de la intervención con el juego en VR	P1) ¿Cómo describirías la intervención con el juego en VR? P2) ¿Qué te gustó de las sesiones con el juego en VR? P3) ¿Qué no te gustó de las sesiones con el juego en VR?
Aprendizaje STEM	P4) ¿Qué aprendiste? Describe los contenidos que consideras que aprendiste con esta experiencia. P5) ¿Crees que la VR te ayudó a entender mejor los contenidos? ¿Por qué? P6) ¿En cuál de las áreas (matemáticas, ciencias, tecnología o ingeniería) sientes que aprendiste más? ¿Por qué? P7) ¿En cuál área consideras que aprendiste menos? ¿Cuál y por qué?
Motivación STEM	P8) ¿La experiencia te motivó a seguir aprendiendo sobre los temas? ¿Por qué? P9) ¿Qué parte de la experiencia te pareció más motivadora? P10) ¿Cómo te sentiste al usar el juego en VR? P11) ¿Qué es lo que te motivaba a asistir a las sesiones de juego en VR?

Nota. Elaboración propia.

9.5. Implementación y condiciones de aplicación del estudio

La aplicación de las entrevistas se realizó el lunes 16 y martes 17 de diciembre de 2024, justo después de concluir la intervención. Las sesiones fueron desarrolladas durante la jornada escolar en la biblioteca del plantel, lo que permitió mantener la privacidad y concentración de cada estudiante. Las entrevistas fueron conducidas por la investigadora principal, quien se encargó de crear un ambiente de confianza que favoreciera la libre expresión de las percepciones de los jóvenes. Todas las sesiones fueron grabadas en audio con el consentimiento de los entrevistados, para su posterior transcripción y análisis.

9.6. Análisis cualitativo del estudio

El análisis se realizó mediante un enfoque cualitativo de contenido temático, orientado a identificar patrones de significado en las percepciones de los estudiantes. Se aplicó un proceso de codificación abierta, a través del cual se identificaron y agruparon fragmentos de texto con base en similitudes semánticas y conceptuales. Los códigos emergentes fueron posteriormente organizados en categorías temáticas, las cuales se integraron en las unidades de análisis previamente definidas conforme al marco teórico de estudio. Este procedimiento analítico se desarrolló con el apoyo del software *Atlas.ti*, que permitió sistematizar la codificación, la organización y recuperación de los datos. Los hallazgos cualitativos se presentan a través de fragmentos representativos del discurso estudiantil, seleccionados por su capacidad para ilustrar las categorías construidas y aportar profundidad interpretativa al análisis.

9.7. Resultados del estudio

El análisis se organizó en tres unidades: (1) evaluación de la intervención con el juego en VR, (2) aprendizaje STEM, (3) motivación STEM. Cada unidad integra también categorías y códigos derivados de las respuestas, acompañados por fragmentos textuales que ilustran las voces de los participantes. En la Tabla 49 se presenta una síntesis de las categorías y códigos resultantes del análisis y, posteriormente, en cada apartado se profundiza en el análisis de las categorías.

Tabla 49

Síntesis de unidades de análisis, categorías y códigos que organizan los resultados del tercer estudio.

Unidad de análisis	Categoría	Códigos
Evaluación de la intervención con el juego en VR	Actividades mejor valoradas	Reciclaje Retos de agilidad mental Sistema solar Seres vivos Actividades dinámicas
	Reacciones emocionales durante la intervención	Diversión Disfrute Entretenimiento Agrado Emociones positivas
	Interactividad y claridad	Juegos interactivos Comprensión sencilla Explicaciones claras Repaso de contenidos
	Ambientes de aprendizaje	Espacio cómodo Entorno agradable
	Nivel de inmersión	Realismo del entorno Sensación de presencia Implicación corporal
	Limitaciones percibidas	Audio poco claro Voz del robot Gráficos mejorables Movimiento limitado Variedad de retos Pocas sesiones
	Aprendizaje STEM	Aprendizaje en Ciencias
Aprendizaje en Tecnología		Manejo de controles

		Uso de VR Interacción digital
	Aprendizaje en Ingeniería	Puentes Circuitos
	Aprendizaje en Matemáticas	Operaciones básicas Múltiplos Agilidad mental
Motivación STEM	Motivación intrínseca	Curiosidad Disfrute Interés Satisfacción personal Enfoque en el aprendizaje
	Motivación extrínseca	Deseo de mejorar Progreso entre sesiones Orgullo por avance Reconocimiento Percepción de logro

Nota. Elaboración propia a partir del análisis de las entrevistas.

9.7.1. Evaluación de la intervención con el juego en VR

En la categoría ***Actividades mejor valoradas*** se agruparon las menciones relacionadas a los retos y dinámicas que resultaron más atractivos para los estudiantes, de acuerdo con sus intereses personales y el tipo de contenido abordado. Los retos vinculados al contenido ambiental fueron mencionados positivamente por varios estudiantes, como P1, quien expresó su agrado por “*el de reciclaje*”, al igual que P17, quien destacó que “*saber cómo dividir la basura correctamente*” fue útil para su aprendizaje. Estas referencias muestran un vínculo entre el entorno virtual y aprendizajes aplicables en la vida cotidiana.

También se identificó un fuerte interés por los retos matemáticos, particularmente aquellos que requerían rapidez y agilidad mental. Por ejemplo, el P3 mencionó “*los juegos de la feria de matemáticas*”, mientras que el P4 dijo “*me gustaron las actividades de los múltiplos porque me ayudaron a trabajar mi mente más rápido*”. Por su parte, P20 reforzó esta idea al afirmar que disfrutó “*los juegos de habilidad mental en matemáticas*” y que la experiencia le ayudó a “*mejorar más y más*” en cada sesión. Estas respuestas reflejan que

las actividades que implicaban reto y dinamismo fueron especialmente bien valoradas.

Finalmente, varios estudiantes manifestaron su preferencia por las actividades del juego en VR con contenido científico, especialmente aquellos centrados en el sistema solar. P8 comentó que le gustó *“el de ciencias”* porque le ayudó a entender mejor el tema, mientras que P14 y P23 coincidieron en que *“la explicación de los planetas”* fue clara y entretenida. P20 añadió que *“la experiencia del sistema solar”* fue una de sus favoritas, resaltando tanto la inmersión como el contenido como aspectos positivos.

Además de las actividades temáticas, varios estudiantes destacaron el valor de las actividades dinámicas incluidas en la experiencia, aludiendo a que el ritmo de los juegos y la necesidad de reaccionar con rapidez hicieron las sesiones más participativas. P12 señaló que *“las actividades donde había que pensar rápido eran las más divertidas”*, mientras que P26 comentó *“me gustó que no eran aburridas, tenías que moverte y poner atención todo el tiempo”*. Estas percepciones reflejan que los desafíos que implicaron mayor actividad aumentaron el interés, al generar una participación más constante durante el desarrollo de las sesiones.

En la **categoría Reacciones emocionales durante la intervención** se agruparon las percepciones asociadas a las emociones que generó la experiencia con el juego en VR. Varios estudiantes destacaron que la vivencia fue *“muy divertida y entretenida”* (P2), o que *“todo fue útil y divertido”* (P9), lo cual refleja una conexión directa entre el disfrute y el valor educativo percibido. Algunos vincularon el juego con el escape de clases tradicionales, como es el caso de P5, quien señaló que *“me sacan de clases que no me gustan”*. Por su parte, otros describieron la actividad como *“juegos muy padres”* (P6) o expresaron una valoración global positiva como *“demasiado buena la experiencia”* (P10).

También se mencionó el diseño lúdico de las explicaciones: *“explicaron de forma*

divertida” (P13), y en un tono más relajado otro estudiante expresó: “*me gustó la experiencia y la comida*” (P18). Finalmente, se rescató la integración entre lo académico y lo lúdico: “*juntar juegos con materias fue demasiado bueno*” (P19).

En el mismo sentido, la **categoría Interactividad y claridad** recoge las opiniones relacionadas con la facilidad para comprender los contenidos gracias al diseño interactivo del juego. Algunos estudiantes destacaron que el entorno fue “*muy interactivo y fácil de entender*” (P10), enfatizando la conexión entre la participación activa y la comprensión del contenido. Otro participante subrayó el valor de los recursos utilizados al afirmar que hubo “*juegos interactivos y repaso*” (P13).

En cuanto a la claridad de las explicaciones, se destacó que la información presentada fue “*fácil de entender*” (P23). Además, se valoró positivamente al personaje guía en la experiencia: “*me gustó el monito que explicaba*” (P21), lo que evidencia que elementos narrativos o visuales también contribuyeron de forma positiva.

Por su parte, la **categoría Ambientes de aprendizaje** agrupa percepciones sobre el entorno creado durante las sesiones con el juego en VR. Un aspecto destacado fue la comodidad del espacio para aprender, expresado por un participante al señalar que se trató de un “*ambiente muy cómodo para trabajar y aprender*” (P10). Aunque no hubo más menciones directas a esta categoría, la claridad del comentario refleja que el diseño del entorno físico y digital fue bien recibido por algunos estudiantes.

Dentro de la **categoría Nivel de inmersión** se identificaron diversas percepciones vinculadas con la interacción física, la sensación de realismo y la presencia dentro del entorno virtual. Se identificaron comentarios en los que los estudiantes expresaron su deseo de que la experiencia con el juego en VR implicara un mayor uso del cuerpo para lograr una sensación más inmersiva. Al respecto, un participante señaló: “*me gustaría jugar más*

con las manos y cuerpo porque se siente más realista” (P7), mientras que otro comentó: *“ojalá que nos pudiéramos mover un poco más”* (P18). También se mencionó: *“me gustaría que haya más movimiento del cuerpo”* (P19), lo cual refleja que la integración de acciones físicas podría contribuir al aumento de los efectos positivos.

Sobre el realismo del entorno, los estudiantes expresaron la necesidad de que los escenarios, gráficos o personajes fueran más realistas para favorecer la inmersión. Un estudiante expresó: *“que se viera o se sintiera un poco más realista”* (P25), mientras que otro opinó: *“que sea un poco más realista”* (P30). De forma similar, se sugirió que *“necesita mejores gráficos y jugabilidad”* (P14) o *“que estén mejor los gráficos”* (P6), evidenciando que el diseño visual es un factor clave para los estudiantes.

Por último, sobre la presencia con el entorno, algunos estudiantes experimentaron la sensación de estar inmersos completamente dentro del entorno virtual. Un caso representativo fue: *“es como si lo estuviera viviendo”* (P15). De manera similar, P11 comentó que *“sentía que estaba dentro del juego, no viendo una pantalla”*, mientras que P29 expresó que *“cuando usas los lentes se te olvida que estás en el salón, sientes que estás ahí”*. Estas respuestas reflejan que la experiencia generó un alto nivel de implicación perceptiva y emocional, vinculado a la sensación de presencia propia de los entornos inmersivos en VR.

Por último, en la ***categoría limitaciones percibidas*** se agruparon las percepciones de los estudiantes sobre los aspectos que consideraron limitantes. Las observaciones abarcaron desde elementos técnicos y visuales hasta cuestiones relacionadas con la duración y la variedad de contenidos ofrecidos.

Al respecto, algunos estudiantes manifestaron que la voz del personaje dentro del entorno virtual no se comprendía del todo bien, por ejemplo: *“cambiaría la voz del robot...”*

debería ser más clara” (P1), *“no me gustó la voz del robot”* (P2) y *“que el robot hable poquito más rápido”* (P6), lo que pone de manifiesto que la claridad auditiva influyó en la valoración de la intervención.

Sobre los gráficos, se señaló que el diseño visual podría mejorarse para lograr una experiencia más envolvente. Entre las principales recomendaciones realizadas por los estudiantes destacan: *“mejorar los gráficos y el movimiento”* (P5), *“que estén mejor los gráficos”* (P6), *“la calidad de los gráficos, los juegos y retos”* (P29), y *“que tenga mejores gráficas y que no se tenga que doblar todo para ver bien el juego”* (P20). Estas menciones sugieren que algunos elementos visuales no fueron atractivos para los estudiantes.

Relacionado con lo anterior, algunos estudiantes mencionaron aspectos de jugabilidad como una limitación, señalando que ciertos juegos resultaron poco dinámicos o difíciles de manipular. P14 comentó que *“el juego necesita mejores gráficos y jugabilidad”*, mientras que P20 expresó de forma breve que *“debería tener mejor jugabilidad”*. De manera similar, P7 señaló que *“a veces el control no respondía bien y eso hacía más difícil pasar los retos”*, y P26 añadió que *“hubo partes donde se trababa un poco el juego y perdías tiempo”*. Estas observaciones evidencian que, aunque la experiencia fue valorada positivamente, algunos elementos del diseño interactivo y técnico podrían optimizarse.

También emergieron comentarios asociados a la variedad de contenidos. Algunos estudiantes expresaron el deseo de acceder a más opciones dentro de la experiencia. Se indicaron frases como: *“más juegos”* (P13) y *“más variación de actividades”* (P24). En el mismo sentido, P9 comentó: *“me hubiera gustado que hubiera más retos, como de otras materias”*, mientras que P28 expresó: *“ojalá que agreguen más temas o niveles en el juego”*. Estas observaciones reflejan que, aunque la experiencia fue bien recibida, la

inclusión de nuevos retos y contenidos podría fortalecer el interés y la continuidad del aprendizaje mediante VR.

Finalmente, sobre el tiempo de uso, algunos estudiantes expresaron su deseo de que la intervención y las sesiones tuvieran mayor duración; por ejemplo, *“que las sesiones duraran más, pero si hablamos del juego, no le haría mejoras, está perfecto así”* (P3), lo cual refleja una valoración positiva del contenido, aunque con la percepción de que se necesitaba más tiempo para explorarlo a fondo. En la misma línea, P12 mencionó: *“me hubiera gustado jugar más rato porque sentí que se pasó muy rápido”*, mientras que P26 comentó: *“cuando ya le estaba agarrando el ritmo, se acababa la clase”*.

9.7.2. Aprendizaje STEM

Para identificar las percepciones de los estudiantes sobre los aprendizajes STEM adquiridos mediante el uso del juego en VR, se agruparon los fragmentos que hicieron alusión a aprendizaje directo por área del conocimiento y a posibles explicaciones asociadas.

En la *categoria de aprendizaje en Ciencias* se agruparon las referencias a los contenidos científicos que los estudiantes consideran aprendieron durante la intervención con el juego en VR. Uno de los aprendizajes de Ciencias más mencionados fue sobre la clasificación de residuos y temas ambientales, tal como lo expresan algunos estudiantes: *“dónde se coloca la basura”* (P1) y *“dividir la basura correctamente”* (P17). Asimismo, se encontraron múltiples alusiones al sistema solar y los seres vivos. Por ejemplo: *“aprendí mucho sobre el sistema solar y los seres vivos”* fue mencionado literal o muy parecido por P8, P14, P20, P23, entre otros. También se identificaron menciones al reforzamiento escolar, con frases como *“reforcé temas escolares en Ciencias”* (P2) y *“aprendí más sobre*

varias materias juntas” (P5).

Por su parte, en la **categoria aprendizaje en Tecnología**, se identificaron percepciones de aprendizaje relacionadas con el manejo del dispositivo de VR y su interacción. Un estudiante mencionó haber aprendido a manipular los controles a través de una actividad concreta: *“aprendí a utilizar el control para lanzar la flecha a los globos”* (P1), lo cual evidencia un desarrollo de habilidades básicas en el uso del equipo. No se identificaron fragmentos de percepción de aprendizaje en contenidos específicos.

En la **categoria de aprendizaje en Ingeniería** destacan las menciones asociadas a la mejora en la comprensión de conceptos estructurales y funcionales. Algunos estudiantes señalaron: *“aprendí cómo están formados los puentes”* (P9), *“aprendí sobre ingeniería, no conocía nada, me gustó armar los circuitos”* (P31) y *“recuerdo mucho el tema de los circuitos porque nunca hubiera imaginado lo que hay detrás de un foco”* (P27). Estas respuestas evidencian que la experiencia despertó curiosidad por los principios de la ingeniería y facilitó la exploración de temas que no suelen abordarse en la educación básica. Además, en algunos casos se identificó una conexión con los intereses vocacionales de los estudiantes, tal como expresó P31: *“me gustaron mucho los temas de ingeniería ya que es lo que quiero estudiar y la información que aprendí fue muy interesante”*.

Por su parte, en la **categoria aprendizaje de Matemáticas** los estudiantes destacaron aprendizajes en la práctica de operaciones básicas; por ejemplo, *“sumas, restas, multiplicaciones y divisiones”* (P3), *“matemáticas básicas”* (P4), *“múltiplos de 5”* (P16), *“vértices y formas”* (P22) y *“multiplicaciones”* (P19). Sobre la agilidad mental percibida, se identificaron expresiones en las que las y los estudiantes relacionaron el uso de juegos en VR con un ejercicio mental más dinámico y activo. Un participante expresó: *“en matemáticas sentía que tenía que pensar rápido, y eso me ayudaba a mover la mente y*

aprender... como que me motivaba a seguir jugando” (P27).

9.7.3. Motivación STEM

En la **categoría Motivación intrínseca** se agruparon las percepciones relacionadas con el disfrute, el interés y la satisfacción personal que los estudiantes experimentaron durante la intervención con el juego en VR. Varios participantes señalaron que la experiencia despertó su curiosidad por aprender nuevos temas, tal como expresó P12: *“la forma en que se explicaban los temas hacía que me diera curiosidad por saber más”*.

Asimismo, se identificaron comentarios asociados al disfrute y al carácter entretenido de la experiencia, por ejemplo: *“como en juegos te diviertes... aprendes y te diviertes” (P25)*. Estas expresiones muestran que el aprendizaje mediado por el juego generó emociones positivas que fortalecieron la disposición hacia la actividad.

El interés por los contenidos también fue un elemento recurrente. P14 comentó: *“el tema de que sean juegos, siento que con eso pude entender mejor los temas”*, y añadió que, a diferencia del estudio tradicional, prefiere aprender jugando. Por su parte, otro estudiante mencionó: *“eso hace que me enfoque y reforcé temas de la escuela” (P2)*, reflejando cómo el componente lúdico incrementó su motivación.

Asimismo, se mencionaron expresiones que vinculan el disfrute personal con la consolidación del aprendizaje. Una participante expresó: *“el hecho de que sea divertido hace que se me graben las cosas y aprenda mucho mejor” (P10)*, mientras que otra afirmó: *“siento que con eso pude entender mejor los temas [...] yo prefiero jugar y con eso aprendo mejor” (P14)*. En conjunto, estas percepciones reflejan que la motivación intrínseca se asoció con el placer por aprender, el interés genuino por los contenidos y la satisfacción que produce completar los retos del juego.

Por otra parte, la **categoría Motivación extrínseca** reunió las percepciones vinculadas al deseo de mejorar, el progreso entre sesiones, el orgullo por el avance, el reconocimiento y la percepción de logro. Varios estudiantes expresaron sentirse más motivados conforme observaban su progreso entre sesiones, como lo señaló P3: *“en cada sesión que tenía iba mejorando más y más, eso me hacía sentir ganas de seguir mejorando”*. De forma similar, P28 comentó: *“cada vez me equivocaba menos, como que ya sabía qué hacer”*, mostrando una percepción de mejora progresiva. El orgullo por el avance también se manifestó en fragmentos donde los estudiantes reconocieron su propio esfuerzo; por ejemplo: *“las primeras veces me costaba, pero ya en las últimas me salía sin pensar”* (P30). Estas experiencias reforzaron la confianza y la percepción de autoeficacia.

Por otro lado, la percepción de logro y el reconocimiento se asociaron a la satisfacción por superar los retos del juego. Un estudiante comentó: *“en los juegos de la feria tenía que pensar más rápido al hacer las sumas, restas, multiplicaciones y divisiones, y eso me ayudaba a mejorar”* (P20). En general, las percepciones vinculadas a la motivación extrínseca reflejan la influencia de factores externos como el progreso observado, la autoeficacia y la valoración del desempeño alcanzado durante la experiencia en VR, sobre la motivación STEM durante el uso del juego en VR.

CAPÍTULO X:

DISCUSIÓN

El objetivo general de esta investigación fue determinar el efecto del uso de un juego educativo en VR sobre el aprendizaje y la motivación asociados a las áreas STEM en estudiantes de tercer grado de secundaria en Ensenada, Baja California. En este capítulo se lleva a cabo la triangulación de los resultados, integrando la evidencia cuantitativa y cualitativa con los referentes teóricos y empíricos revisados a lo largo del estudio. La organización de este apartado permite dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas, articulando los hallazgos obtenidos en función de los objetivos propuestos y del marco conceptual que orientó la investigación.

10.1. ¿Qué diferencias se observan en el aprendizaje asociado a las áreas STEM entre estudiantes de secundaria en México que utilizaron un juego educativo en VR y aquellos que no lo utilizaron?

La medición del aprendizaje STEM se realizó mediante una prueba de conocimientos en formato pretest y postest, aplicada tanto al grupo experimental como al grupo de control. El grupo experimental participó en nueve sesiones con el juego *STEM + VR*, mientras que el grupo de control continuó con su dinámica habitual y en sus clases cotidianas. El análisis cuantitativo incluyó estadísticos descriptivos, pruebas de normalidad, comparaciones intra e intergrupales con pruebas paramétricas y no paramétricas, correlaciones entre variables, así como el cálculo del tamaño del efecto y el porcentaje de cambio. Para complementar la interpretación de los resultados, se aplicaron entrevistas semiestructuradas que permitieron profundizar en las percepciones de los estudiantes y ampliar la comprensión más allá de los

hallazgos estadísticos.

El principal hallazgo fue que *el uso del juego educativo en VR constituye una estrategia eficaz para favorecer el aprendizaje de contenidos STEM*. En términos globales, el grupo experimental presentó una mejora estadísticamente significativa en el aprendizaje de los contenidos STEM, con un incremento promedio del 13.5% en relación con la evaluación inicial y un tamaño del efecto moderado ($d = 0.64$), mientras que el grupo de control no registró cambios significativos. La comparación entre grupos en el postest confirmó diferencias estadísticamente significativas a favor del grupo experimental. Asimismo, las entrevistas revelaron que, antes de la intervención, la mayoría de los estudiantes expresaban conocimientos limitados, referidos principalmente a operaciones básicas en matemáticas, conceptos memorizados en ciencias y manejo elemental de herramientas tecnológicas. Posterior a la intervención, las respuestas evidenciaron mayor diversidad y profundidad temática, incorporando contenidos específicos de las áreas STEM. Además, señalaron sentirse más seguros al explicar lo aprendido, atribuyendo esta facilidad a la dinámica del juego, que les ayudó a recordar la información y vincularla con sus intereses.

Estos hallazgos se relacionan con los reportados por Silva-Díaz et al. (2021), quienes, utilizando el mismo juego, registraron un aumento del 18.4% en la autopercepción del aprendizaje global, con un tamaño del efecto alto. De igual forma, Mouronte-López et al. (2021) informaron que el 71.35% de los participantes calificó su aprendizaje como alto o muy alto en la medición posterior. Con un juego educativo distinto, pero en STEM para primaria, Hsiao y Su (2021) evidenciaron un efecto positivo moderado-alto. Cabe señalar que, en estos estudios, la evaluación del aprendizaje se realizó mediante la autoevaluación de los estudiantes y no mediante pruebas de conocimiento, lo que refuerza la relevancia de

los resultados obtenidos en la presente investigación. No obstante, las diferencias en el diseño y en los instrumentos limitan la posibilidad de realizar comparaciones directas.

Diversos autores han señalado posibles explicaciones para estos efectos. Por ejemplo, Agustini et al. (2023) y Lau et al. (2023) destacan que la manipulación de entornos tridimensionales fomenta la exploración activa y la experimentación, facilitando la comprensión de conceptos abstractos. Por su parte, Silva-Díaz et al. (2021) argumentan que las representaciones visuales interactivas permiten construir modelos mentales más sólidos, favoreciendo la retención de la información. Estas aportaciones permiten interpretar que el uso del juego en VR brindó acceso a contenidos STEM y, al mismo tiempo, generó condiciones para su comprensión y retención.

A pesar del efecto positivo observado en el aprendizaje STEM global, en esta investigación se encontró que *el avance no fue homogéneo entre los estudiantes*: el aumento en la dispersión de los puntajes del postest indica que la experiencia no benefició a todos los estudiantes en la misma medida. Asimismo, el análisis cualitativo reveló que algunos estudiantes no lograron describir con detalle los aprendizajes adquiridos. Una de las causas identificadas fue que algunos participantes mencionaron que al inicio de la intervención desconocían cómo ejecutar acciones dentro del entorno; por ejemplo, lanzar una flecha o manipular objetos, lo que afectó su aprendizaje hasta que lograron dominar la tecnología. Al respecto, Flores-Gallegos et al. (2021) y Pérez Rubio et al. (2023), argumentan que la efectividad de la VR puede depender de factores individuales como el conocimiento previo o la familiaridad tecnológica.

Aunque se realizó una sesión de inducción para enseñar el uso de los controles y equipos, una sola sesión no fue suficiente para eliminar completamente las dificultades técnicas, las cuales continuaron influyendo en el aprendizaje de algunos participantes. Esto

evidencia que la familiarización con la tecnología requiere más tiempo y acompañamiento para que los estudiantes puedan centrarse plenamente en los contenidos educativos.

Otro de los hallazgos principales fue que *el efecto del juego educativo en VR sobre el aprendizaje STEM no fue uniforme entre las distintas áreas de conocimiento*. Los resultados mostraron que el aprendizaje en Ciencias y Tecnología registró incrementos estadísticamente significativos en el grupo experimental del 12.94% y 20.22% respectivamente, con respecto al puntaje inicial. Por su parte, Ingeniería y Matemáticas presentaron mejoras no significativas del 11.45% y 4.54%. En el grupo de control no se observaron variaciones significativas. Sin embargo, la comparación posttest entre grupos mostró diferencias significativas únicamente en el área de Ingeniería, lo que refleja que el efecto del juego puede variar en función de la naturaleza del contenido y de las demandas cognitivas específicas de cada área del conocimiento.

Los resultados de las entrevistas coincidieron en señalar a Ciencias y Tecnología como las áreas en las que los estudiantes percibieron mayores aprendizajes y mejor valoración para actividades realizadas. Estas percepciones aportan elementos para comprender el por qué de las mejoras significativas observadas en dichas áreas. En el caso de Ciencias, los estudiantes relataron que la experiencia con el juego en VR les permitió interactuar con el sistema solar, explorar el interior del cuerpo humano y clasificar animales, vivencias que consideraron novedosas y poco probables de experimentar en la vida real. Los retos de esta área se identificaron como los más atractivos para los estudiantes. Asimismo, la exploración visual y tridimensional facilitó la comprensión de los contenidos. En Tecnología, se mencionaron actividades como conocer por dentro una computadora y ensamblar sus componentes, lo que les permitió visualizar procesos y estructuras que difícilmente podrían replicarse en el aula. En ambas áreas, la posibilidad de

acceder a entornos y experiencias poco habituales en su contexto escolar se percibió como un factor que favoreció el aprendizaje y que mantuvo el interés durante la intervención.

Estos hallazgos coinciden con estudios empíricos que muestran que el aprendizaje de Ciencias y Tecnología puede beneficiarse de forma notable en entornos inmersivos. Por ejemplo, en Ciencias, se han reportado mejoras significativas en la comprensión de conceptos y en el rendimiento en pruebas objetivas (Bibic et al., 2019; Miranda y Gonçalves, 2018), así como avances en representaciones mentales y percepciones espaciales (Thompson et al., 2020). En Tecnología, investigaciones como las de Agbo et al. (2023a, 2023b) y Atta et al. (2022) reportan incrementos en la adquisición de conocimientos y competencias cognitivas específicas, con resultados superiores a los de métodos tradicionales.

El panorama fue distinto en Ingeniería y Matemáticas, donde, a pesar de que hubo incrementos en el grupo experimental, no alcanzaron significancia estadística. En Matemáticas, la mayoría de los estudiantes manifestó no haber aprendido nuevos contenidos. Este efecto coincide con lo señalado por Silva-Díaz et al. (2021), ya que tampoco identificaron un efecto significativo en el aprendizaje y actitudes en Matemáticas; del mismo modo, en Jost et al. (2019) el rendimiento matemático fue menor en entornos VR en comparación con la modalidad tradicional, aunque con altos niveles de compromiso y disfrute. Sánchez-López et al. (2024) reportaron resultados similares al detectar comprensión inmediata elevada sin efectos sostenidos.

En Ingeniería el aumento no fue significativo, pero los estudiantes sí reconocieron aprendizajes, aunque señalaron que se trataba de temas complejos y nuevos. En la literatura, estudios como los de Mouronte-López et al. (2021) y Neroni et al. (2021) muestran que los juegos en VR pueden facilitar la comprensión de estructuras, procesos y

sistemas técnicos complejos, aunque estos aprendizajes pueden requerir más tiempo de uso para consolidarse debido a la novedad y tecnicidad de los contenidos en niveles educativos básicos.

Los resultados de las entrevistas complementan estos hallazgos, ofreciendo pistas sobre los factores que pudieron influir en los resultados obtenidos en Ingeniería y Matemáticas. En el caso de Ingeniería, antes de la intervención los estudiantes realizaron muy pocas menciones relacionadas con esta área, lo que refleja un contacto limitado previo con sus contenidos. Esto resulta comprensible, ya que en secundaria no existe una asignatura específica de Ingeniería, y los temas vinculados a ella suelen abordarse de forma parcial dentro de Física, Tecnología o Ciencias, con un enfoque introductorio y reducido.

Durante la intervención, los estudiantes señalaron que el juego en VR incluía actividades como armar circuitos o comprender la estructura de puentes, las cuales fueron valoradas positivamente, aunque también percibidas como temas nuevos y de alta complejidad técnica. Esta combinación de novedad y dificultad pudo requerir más tiempo de exposición para consolidar los aprendizajes, lo que explicaría la ausencia de mejoras significativas dentro del grupo experimental, pese a que sí se observó una ventaja estadísticamente significativa frente al grupo de control.

En Matemáticas, describieron retos de agilidad mental similares a juegos rápidos que generaron interés y diversión, aunque reforzaban contenidos ya conocidos o vistos en primaria. También mencionaron que esta área fue la menos atractiva, debido a que las instrucciones no siempre resultaban claras o se limitaban a la resolución de ejercicios, sin incorporar descubrimientos o contenidos nuevos.

Los resultados de la investigación muestran que *el aprendizaje STEM mediante el juego educativo en VR es más efectivo cuando los contenidos implican fenómenos visuales,*

manipulación o comprensión de procesos internos y complejos. Por ello, la forma en que se presentan los contenidos y el diseño del juego deben considerar estos aspectos, de modo que la experiencia inmersiva favorezca la comprensión conceptual y el desarrollo del aprendizaje significativo. Al respecto, se han documentado variaciones en el desempeño vinculadas al tipo de interacción en el entorno inmersivo (Jost et al., 2019).

Asimismo, se encontró que *los estudiantes con mejor promedio de calificaciones lograron un mayor aprovechamiento del juego educativo en VR*, evidenciando una correlación positiva, moderada y estadísticamente significativa entre el aprendizaje STEM y el promedio general de calificaciones. Esto indica que el rendimiento académico previo influyó en la asimilación y aplicación de los contenidos dentro del entorno inmersivo, mostrando coherencia entre el desempeño habitual y los resultados obtenidos durante la intervención. En las entrevistas, los estudiantes con mejor promedio expresaron haber comprendido con mayor claridad los contenidos y recordado con facilidad las actividades del juego, mientras que quienes presentaban promedios más bajos mencionaron dificultades técnicas o conceptuales que limitaron su aprendizaje.

10.2. ¿Qué diferencias se observan en la motivación STEM entre estudiantes de secundaria en México que utilizaron un juego educativo en VR y aquellos que no lo utilizaron?

La motivación se evaluó con dos escalas: una de motivación STEM, aplicada en pretest y postest a ambos grupos, y otra de motivación atribuida al juego en VR, aplicada únicamente al grupo experimental al finalizar la intervención. Asimismo, se realizaron entrevistas para complementar e interpretar los resultados cuantitativos.

En términos globales, la intervención con el juego en VR mostró un efecto limitado sobre la motivación general hacia el aprendizaje de las áreas STEM. El grupo

experimental mostró un incremento entre el pretest y el posttest, aunque este no alcanzó significancia estadística. La mayoría de los estudiantes elevó sus puntuaciones, mientras que solo algunos las redujeron, pero la diferencia global no fue lo suficientemente amplia para considerarse significativa. En contraste, el grupo de control mantuvo sus puntuaciones prácticamente estables. Desde la perspectiva cualitativa, las entrevistas mostraron que varios estudiantes manifestaron interés por seguir participando en actividades vinculadas con las áreas STEM y una mayor disposición a enfrentarse a nuevos retos académicos en estas disciplinas. Estas expresiones reflejan motivación, en tanto evidencian la intención de involucrarse activamente y continuar explorando contenidos relacionados con STEM, siempre y cuando, sean actividades novedosas.

Este patrón de resultados, en el que se observan cambios positivos aunque variables y no generalizados, coincide con lo reportado en investigaciones previas. Silva-Díaz et al. (2021) reportaron incrementos motivacionales en Ciencias, Ingeniería y Tecnología, aunque sin evidencias de cambio en Matemáticas. De manera similar, Mouronte-López et al. (2021) identificaron aumentos en la motivación hacia la Ingeniería, particularmente en mujeres. Otros trabajos, como los de Abdelsattar et al. (2022) y Agbo et al. (2023a), coinciden en que la motivación tiende a fortalecerse en contenidos específicos vinculados a la experiencia, más que en la motivación global hacia todas las áreas STEM.

En términos generales, se identificó que *la intervención con el juego en VR activó un aumento de motivación situacional*, expresado en un mayor interés y entusiasmo durante la experiencia. Los resultados mostraron que la motivación atribuida al juego en VR alcanzó niveles significativamente más altos que la motivación STEM general en el grupo experimental. Este hallazgo refleja que la intervención logró despertar un interés focalizado hacia la experiencia en sí. Este efecto también se identificó en el análisis cualitativo, donde

los estudiantes asociaron su entusiasmo con un interés estimulado por la novedad de la propuesta y por la modalidad distinta de aprender contenidos STEM. La estructura basada en retos y la interacción en entornos tridimensionales favoreció que se mantuviera la atención y el compromiso durante las sesiones. Además, la posibilidad de explorar los contenidos de manera visual y manipulativa reforzó la percepción de logro y despertó curiosidad, lo que incentivó la participación sostenida incluso en quienes manifestaban inicialmente un bajo interés.

Con base en la teoría, la motivación atribuida al juego en VR puede explicarse por factores propios de la actividad, entre ellos la percepción de competencia, la autonomía y la conexión con el contenido, considerados elementos centrales para propiciar la motivación (Ryan y Deci, 2020; Eccles y Roeser, 2011). Además, los entornos gamificados han demostrado generar experiencias de éxito que fortalecen la autoeficacia (Thompson et al., 2020), mientras que emociones positivas incrementan el compromiso académico y, a su vez, la motivación (Bressler y Bodzin, 2013). Estas condiciones se potencian en la VR gracias a sus propiedades de realismo, implicación e interactividad, que facilitan una conexión inmediata con la tarea y entusiasmo hacia la actividad (Sousa et al., 2021).

No obstante, este incremento motivacional se limitó al contexto inmediato de la experiencia y no se tradujo a un cambio en la motivación STEM general. Desde la teoría de la autodeterminación, esto se explica porque transformar disposiciones estables hacia el aprendizaje requiere entornos sostenidos (Ryan y Deci, 2000). De manera convergente, Hidi y Renninger (2006) sostienen que un interés situacional, como el generado por la VR, necesita repetición, relevancia personal y continuidad pedagógica para consolidarse en motivación duradera. Finalmente, Lau et al. (2023) advierten que el atractivo inicial de una herramienta no basta para sostener el interés si no se integra en un proceso formativo más

amplio. En suma, los juegos en VR potencian la motivación inmediata asociada a la tecnología, pero su permanencia demanda un diseño educativo prolongado.

El análisis de correlaciones reforzó estas observaciones. La correlación significativa entre la motivación general en el pretest y el postest evidenció que quienes iniciaron con mayor motivación continuaron en niveles altos y quienes comenzaron con puntajes más bajos conservaron esa tendencia. Sin embargo, la motivación atribuida al juego no presentó correlación con la motivación general pretest, lo que implica que *la motivación asociada al juego en VR no dependió del nivel de motivación previo*. Este hallazgo refleja que este tipo de actividades puede captar la atención incluso de estudiantes con baja motivación inicial. En línea con ello, en el análisis cualitativo se identificó que la novedad y el carácter interactivo de la propuesta despertaron el entusiasmo, independientemente del interés previo, lo que muestra cómo los juegos en VR pueden generar un punto de entrada atractivo para diversos perfiles.

Otro hallazgo asociado a los efectos en la motivación es que *el diseño de las actividades en los juegos VR adquiere un papel central*, ya que mediante una adecuada estructuración de los retos se posibilita que los estudiantes se motiven. De manera consistente, en el análisis cualitativo los estudiantes valoraron más aquellas actividades que les permitieron aprender algo nuevo o explorar escenarios distintos, mientras que mostraron menor interés por las que percibieron como demasiado fáciles o muy difíciles. Al respecto, la teoría del *flow* plantea que el disfrute, aspecto clave en la motivación, surge cuando existe equilibrio entre los retos y las habilidades, acompañado de metas claras y retroalimentación constante (Csikszentmihalyi, 1990). Bybee (2013) agrega que experiencias activas y de resolución de problemas favorecen la motivación y el desarrollo de competencias como el pensamiento crítico, la creatividad y la alfabetización científica,

esenciales para enfrentar desafíos en áreas STEM.

Otro hallazgo relevante en el estudio de la motivación fue que *la experiencia previa con VR o videojuegos influyó en la motivación generada por la intervención*. Los datos mostraron que quienes reportaron mayor familiaridad con estas tecnologías presentaron niveles de motivación más bajos en comparación con quienes tenían menos experiencia. En las entrevistas, varios estudiantes que juegan videojuegos de manera habitual señalaron que la experiencia en VR les resultó demasiado sencilla o incluso anticuada frente a los entornos con gráficos avanzados, dinámicas complejas y alta interactividad a los que están acostumbrados. Para ellos, la propuesta carecía del nivel de desafío y realismo esperado, lo que redujo su interés. En contraste, quienes no tenían un contacto frecuente con este tipo de recursos percibieron la propuesta como novedosa, atractiva y motivadora.

Este patrón coincide con lo planteado por Oestergaard et al. (2012), quienes advierten que la familiaridad puede elevar expectativas que, si no se cumplen, disminuyen el entusiasmo. Este contraste puede entenderse desde el modelo de Hidi y Renninger (2006), que sostiene que el interés situacional se sostiene en la medida en que la actividad conserva novedad, reto y relevancia personal.

Los resultados correlacionales también mostraron una *asociación positiva entre la motivación STEM, el aprendizaje STEM y el promedio general de calificaciones*. En particular, los estudiantes con mejor promedio reportaron mayor motivación hacia las áreas STEM, mientras que quienes obtuvieron mejores resultados en la prueba de conocimientos también mostraron niveles más altos de motivación. Estos hallazgos evidencian una interacción directa entre el rendimiento académico, el aprendizaje y la motivación, lo que refleja que los avances en una de estas dimensiones pueden potenciar las demás, especialmente en este contexto de intervención.

10.3. ¿Qué retos y posibilidades se identifican en la implementación de juegos educativos en VR en contextos de secundaria pública en México?

Para responder esta pregunta, se retomaron los hallazgos obtenidos a partir del análisis cualitativo de las entrevistas con los estudiantes del grupo experimental, complementados con las observaciones realizadas y la experiencia directa durante el desarrollo de la investigación. Este conjunto de evidencias permitió identificar con mayor precisión los retos y posibilidades asociados al uso del juego en VR en un contexto de secundaria pública en México.

Primeramente, se identificaron *retos técnicos y de recursos* que influyeron directamente en el aprovechamiento de la experiencia. Entre ellos, la disponibilidad limitada de visores obligó a realizar rotaciones entre los estudiantes, reduciendo el tiempo efectivo de uso. Además, se presentaron fallas de audio, reinicios inesperados del juego y la descarga de visores y controles durante sesiones prolongadas, lo que interrumpió la continuidad de la actividad. A ello se sumaron limitaciones en la infraestructura, ya que en ocasiones no se contó con conexión estable a internet ni con el proyector disponible, debido al uso compartido del espacio para otras actividades escolares. Estas condiciones limitaron el acceso y la fluidez de la intervención.

Lo anterior se relaciona con lo señalado por Salovaara-Hiltunen et al. (2019) sobre la escasez de dispositivos como una barrera recurrente para la integración de la VR en contextos educativos, con Radianti et al. (2020), quienes advierten que las fallas técnicas afectan la continuidad de las actividades, y con Oestergaard et al. (2012), quienes enfatizan la importancia de ajustar la tecnología a las condiciones institucionales para su aplicación sostenible. En este sentido, se destaca que la incorporación del juego en VR en contextos de

secundaria no depende únicamente de la calidad del software o del interés de los estudiantes. También está vinculada a la capacidad de las instituciones para solventar las demandas técnicas y materiales que la tecnología requiere.

Asimismo, se identificaron *retos asociados al diseño del juego* que condicionaron el interés de los estudiantes. Una de las principales observaciones realizadas por los estudiantes fue que ciertos retos no lograron captar su atención, ya que algunos los consideraron aburridos, lo que afectó su disposición hacia la actividad. También se señaló la variedad limitada de dinámicas que redujeron la novedad y dificultaron mantener la atención a lo largo de las sesiones. Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Merchant et al. (2014), quienes destacan la necesidad de vincular los contenidos con el perfil y las expectativas de los participantes para sostener la motivación. Por su parte, Mikropoulos y Natsis (2011), advierten que la falta de diversidad en los estímulos inmersivos puede disminuir el interés.

En este marco, la evidencia empírica encontrada aporta elementos para afirmar que el diseño de los juegos educativos en VR tiene un papel decisivo para sostener la motivación estudiantil. No basta con que las actividades estén alineadas al currículo, también deben ser variadas, claras y atractivas para mantener el interés a lo largo de la sesión. Cuando las dinámicas y actividades carecen de diversidad o presentan instrucciones poco comprensibles, los estudiantes reducen su disposición a participar y, en consecuencia, se limita el potencial formativo de la experiencia. Esto plantea la necesidad de fortalecer el diseño instruccional y pedagógico de los juegos, asegurando que incorporen distintos tipos de retos y que logren un equilibrio entre novedad, claridad y pertinencia curricular, de modo que los juegos educativos en VR puedan traducirse en una experiencia de aprendizaje con mejores efectos.

Por otro lado, la percepción de que la *duración de las actividades fue insuficiente* llevó a que varios estudiantes manifestaran el deseo de contar con más tiempo para explorar y completar los retos o de más sesiones de juego. Este resultado concuerda con lo señalado por Parong y Mayer (2018), quienes destacan que el tiempo de interacción es un factor decisivo para que el aprendizaje en entornos virtuales sea significativo. En este sentido, disponer de mayor tiempo de interacción y para resolver los retos, representa una condición clave para que las experiencias en VR alcancen su máximo potencial educativo.

Finalmente, se identificaron retos de *capacitación y familiarización asociados al uso de los visores de VR*. Aunque se realizó una sesión introductoria previa, varios estudiantes señalaron dificultades iniciales para manejar los dispositivos, lo que generó cierta dependencia del acompañamiento del equipo de investigación durante la actividad. Este hallazgo evidenció la necesidad de ampliar el tiempo dedicado al aprendizaje del manejo del equipo y repensar el contenido de las sesiones iniciales previas a la intervención con el juego. Esto coincide con lo planteado por Agbo et al. (2023a), quienes señalan que la implementación de la VR en contextos educativos debería tener un proceso de capacitación gradual y con acompañamiento constante, de modo que el aprendizaje tecnológico se integre de manera natural a la dinámica y los estudiantes logren desenvolverse fácilmente.

A pesar de los retos y dificultades identificados durante el desarrollo de la investigación, también emergieron diversas oportunidades de mejora e innovación pedagógica en STEM. En primer lugar, el uso del juego en VR se perfila como *un medio para incrementar la motivación y el disfrute en el aprendizaje STEM*. Como se mencionó anteriormente, los estudiantes entrevistados describieron la actividad como una experiencia diferente y expresaron su deseo de repetirla, evidenciando una mayor disposición a participar activamente en la dinámica escolar. Al respecto, Borrás (2015) distingue

motivación intrínseca y extrínseca y sostiene que la intrínseca se activa cuando la tarea tiene valor por sí misma, como es el caso de los juegos en VR. De manera complementaria, Ryan y Deci (2000) asocian la motivación intrínseca con la satisfacción de las necesidades de autonomía, competencia y relación. En este sentido, los juegos en VR representan una alternativa pedagógica con potencial para estimular la motivación intrínseca, fortalecer la implicación emocional y cognitiva de los estudiantes de secundaria, y favorecer su participación sostenida en los procesos escolares.

En segundo término, el juego en VR *facilitó la comprensión conceptual al volver visibles y manipulables los contenidos*. Varios estudiantes expresaron que al ver, tocar e interactuar con las representaciones conceptuales, se redujo la necesidad de explicaciones extensas. Tal como sostienen Freina y Ott (2015): situar al estudiante “dentro” del fenómeno favorece la comprensión de lo complejo; Jensen y Konradsen (2018) añaden que la interactividad inmersiva propicia procesamiento profundo; y para Domenech-Casal et al. (2019), la tecnología reconfigura la relación con el conocimiento. En este caso, el juego en VR operó como un medio que convirtió lo abstracto o imposible de conocer, en una experiencia real.

Asimismo, el juego en VR *abrió la posibilidad de mantener la atención por más tiempo*. En las entrevistas, los estudiantes dijeron sentirse dentro del entorno y concentrados en los retos. Al respecto, Csikszentmihalyi (1990) señala que la concentración aparece cuando el desafío coincide con la habilidad; y Borrás (2015) destaca el valor de metas claras y retroalimentación para sostener ese equilibrio. Por su parte, Sousa et al. (2021), sitúan el realismo, la implicación y la interactividad como base del compromiso en VR. Por tanto, diseñar niveles graduales de aprendizaje y metas claras, con retroalimentación inmediata, ayuda a mantener la atención durante la actividad en VR.

Finalmente, la dinámica del juego propició la *colaboración entre estudiantes*, con consejos, explicaciones para resolver los retos en equipo: mientras unos usaban controles, otro utilizaba el visor VR. Bybee (2013) sostiene que la colaboración y la comunicación son componentes esenciales en la educación STEM. De manera coincidente, Honey et al. (2014) señalan que estas habilidades son clave para el desarrollo integral del estudiante en el siglo XXI. En este sentido, el diseño del juego, al requerir la participación simultánea de tres estudiantes con roles complementarios, favoreció de manera natural la cooperación. Este hallazgo refleja que las futuras implementaciones o diseños de juegos educativos en VR deberían considerar mecanismos de colaboración, incluso en aquellos que no la contemplan desde su estructura inicial.

10.4. ¿Qué criterios metodológicos permiten identificar la pertinencia pedagógica de un juego educativo en VR en el contexto de la educación secundaria?

Para responder qué criterios conviene considerar al seleccionar un juego educativo en VR, se retoma el análisis desarrollado en el marco teórico, donde se estableció una propuesta inicial de criterios basada en aportes de autores como Agustini et al. (2023), Morales (2009), Ouariachi et al. (2017), Sousa et al. (2021) y tomando en cuenta las necesidades específicas de la investigación. Dichos criterios fueron utilizados para seleccionar el juego utilizado en la intervención.

En este apartado, se contrastan con la evidencia empírica de la intervención, con el propósito de identificar qué dimensiones mostraron mayor relevancia en la práctica y cuáles requieren ajustes, así como afinar los criterios teóricos a partir de la experiencia obtenida,

de modo que resulten más aplicables al contexto escolar y fortalezcan el valor pedagógico de los juegos educativos en VR.

La primera dimensión corresponde a la *compatibilidad y acceso*, entendida como la adecuación entre los requerimientos del juego y las condiciones técnicas disponibles en el contexto educativo. Los criterios de esta dimensión involucran la capacidad de adaptación al entorno escolar y la gestión operativa del recurso (Agustini et al., 2023; Morales, 2009; Ouariachi et al., 2017; Sousa et al., 2021). Durante la intervención, la disponibilidad del equipo y las condiciones físicas del aula influyeron directamente en la implementación del juego. Asimismo, el espacio seleccionado permitió la instalación segura del equipo VR.

En contextos con limitaciones materiales, la planeación anticipada, la organización del espacio y la gestión del tiempo resultan factores decisivos para el éxito de la experiencia. En este sentido, al seleccionar un juego educativo en VR, se sugiere verificar, primeramente, que el recurso sea compatible con el equipo disponible (o que sea posible adquirir), que su ejecución sea viable en las condiciones físicas del aula y que no demande especificaciones técnicas o financieras fuera del alcance institucional. Por ejemplo, un juego que requiera sensores de movimiento avanzados o gran espacio para desplazamiento podría descartarse si la escuela dispone únicamente de visores básicos o de un aula pequeña. Evaluar estos aspectos desde la fase de selección puede contribuir a la factibilidad técnica y a garantizar que la experiencia inmersiva se desarrolle de manera continua, segura y pedagógicamente provechosa.

La segunda dimensión corresponde a la *adecuación al público objetivo*, la cual se refiere al grado en que el juego se ajusta a las características reales del grupo participante. Esta dimensión integra criterios relacionados con el idioma, las características del usuario, la temática, la alineación con el currículo y el nivel de dificultad (Agustini et al., 2023;

Morales, 2009; Ouariachi et al., 2017; Sousa et al., 2021). En esta investigación, el idioma no representó una limitación significativa, ya que el juego se encontraba en español de España; sin embargo, hubiera sido más apropiado contar con una versión adaptada al contexto mexicano, con expresiones y referencias más cercanas a los estudiantes. Cabe mencionar que, en las etapas iniciales del proyecto, se adquirieron diversos juegos y equipos sin contar con criterios base que orientaran su selección. Al momento de la instalación, se identificaron limitaciones como la imposibilidad de cambiar el idioma al español, la necesidad de realizar pagos mensuales elevados o requerimientos técnicos que no coincidían con los recursos disponibles. Estas situaciones implicaron gastos y ajustes que pudieron haberse evitado si desde un inicio se hubiera contado con criterios esenciales para la selección del juego.

Otro de los criterios de esta dimensión se asocia con la dificultad de los retos. Particularmente, los hallazgos indicaron que el nivel de dificultad de los retos influyó en los resultados de aprendizaje y motivación STEM. Los desafíos demasiado simples o muy complejos fueron los menos valorados y se asociaron con menores avances, mientras que aquellos que mantuvieron un equilibrio entre reto y habilidad generaron mejores resultados. Con base en la teoría presentada previamente y en la evidencia empírica, se resalta la importancia de verificar que el juego utilice un idioma comprensible, contemple las características reales de los estudiantes, se mantenga alineado al currículo y ofrezca retos equilibrados entre dificultad y habilidad.

Por su parte, la tercera dimensión corresponde a la *calidad del juego*, entendida como el conjunto de elementos estructurales, visuales y sonoros que determinan la experiencia inmersiva y su potencial educativo. Los criterios de esta dimensión se asocian a los antecedentes, la estructura, la calidad visual y la calidad sonora (Agustini et al., 2023;

Morales, 2009; Ouariachi et al., 2017; Sousa et al., 2021). Durante la intervención, esta dimensión se confirmó como un factor decisivo para mantener la atención y el interés de los estudiantes. La calidad visual fue el aspecto más mencionado, ya que los participantes valoraron los escenarios tridimensionales y el realismo de los entornos, aunque expresaron el deseo de contar con gráficos más avanzados y mayor interacción corporal. En varios casos, las comparaciones con videojuegos comerciales mostraron que los jóvenes otorgan gran importancia al componente visual, lo que convierte este criterio en un elemento central para mantener el atractivo del juego.

La estructura lúdica del juego, basada en reglas claras, niveles definidos y tiempos precisos, favoreció la comprensión de las dinámicas, mientras que la repetición en algunas actividades redujo el entusiasmo de ciertos estudiantes. Al seleccionar o diseñar juegos educativos en VR, se recomienda priorizar experiencias visual y sonoramente atractivas, que incluyan un diseño lúdico y, de ser posible, que exista evidencia o valoración previa documentada.

La cuarta dimensión corresponde a la *pedagogía y didáctica del juego*, la cual refiere a la capacidad del recurso para integrarse al proceso de enseñanza con objetivos formativos claros y coherentes. Los criterios asociados a esta dimensión incluyen la existencia de una guía didáctica, la retroalimentación, la posibilidad de evaluación, el propósito educativo, las habilidades a desarrollar y la capacidad de adaptación del juego (Agustini et al., 2023; Morales, 2009; Ouariachi et al., 2017; Sousa et al., 2021).

Durante la intervención, el recurso seleccionado no contaba con una guía didáctica ni con mecanismos de adaptación al nivel del estudiante, por lo que la planeación previa resultó esencial para su integración pedagógica efectiva. La orientación brindada antes, durante y después de cada sesión suplió esta ausencia y permitió mantener una secuencia

didáctica coherente. En este sentido, la falta de una guía no debe considerarse una limitación definitiva, siempre que exista una planeación pedagógica clara que defina los objetivos de aprendizaje, las estrategias de mediación y los criterios de evaluación.

En cuanto a la retroalimentación, el juego ofrecía comentarios inmediatos al concluir cada actividad, lo que permitió a los estudiantes identificar sus aciertos y errores de forma autónoma. Esta característica favoreció el aprendizaje autorregulado y estimuló el interés por mejorar su desempeño en el juego. Cabe señalar que, durante el proceso de selección, los criterios correspondientes a esta dimensión fueron los más difíciles de cumplir en los juegos revisados. En suma, los hallazgos permiten sugerir que al seleccionar juegos educativos en VR debe priorizarse la coherencia entre la estructura lúdica y los objetivos de aprendizaje. No obstante, si el juego incorpora guías, retroalimentación detallada y opciones de adaptación favorecería, en mayor medida, el potencial del recurso.

La quinta dimensión corresponde a la *experiencia en VR*, entendida como el conjunto de elementos que determinan la calidad de la experiencia inmersiva a partir del realismo, la implicación y la interactividad. A partir de los resultados obtenidos se encontró que los tres pilares propuestos por Sousa et al. (2021) constituyen un marco pertinente para evaluar el potencial de un juego en VR. Estos elementos permiten valorar en qué medida la tecnología posibilita al estudiante percibir el entorno como real, participar activamente en las actividades y mantener una conexión sostenida con la experiencia.

Durante la intervención, se identificó que las actividades que aprovecharon las ventajas propias de la VR, como la visualización tridimensional, la manipulación de objetos y la exploración libre de escenarios, favorecieron una comprensión más profunda de los contenidos. Asimismo, se observó que el grado de realismo, implicación e interactividad influyó directamente en la motivación y en la atención sostenida durante las sesiones. Los

participantes valoraron la posibilidad de sentirse dentro del entorno y de interactuar con los contenidos, lo que contribuyó a mantener su interés y compromiso. En este sentido, al seleccionar un juego educativo en VR, conviene verificar que su diseño aproveche de manera equilibrada estos tres componentes y que los recursos visuales y auditivos refuercen la sensación de presencia e inmersión.

La última dimensión corresponde a la *usabilidad*, entendida como la facilidad con que los usuarios pueden interactuar con el juego educativo en VR y desarrollar las actividades previstas sin requerir conocimientos técnicos avanzados. Los criterios que conforman esta dimensión son la facilidad de uso, la interfaz y la respuesta del sistema (Agustini et al., 2023; Morales, 2009; Ouariachi et al., 2017; Sousa et al., 2021). Durante la intervención, cuando la interacción fue fluida y las tareas se comprendieron con claridad, los participantes lograron concentrarse en los objetivos educativos. En cambio, las dificultades técnicas desviaron la atención hacia la manipulación del equipo. A partir de estos hallazgos, se sugiere que la usabilidad constituye un criterio esencial para la selección e implementación de juegos educativos en VR en contextos escolares. Verificar la claridad de la interfaz, la estabilidad del sistema y la accesibilidad de los controles puede aumentar el potencial del juego.

Se recomienda que, antes de seleccionar o desarrollar un juego educativo en VR, se realice una valoración que permita identificar qué aspectos resultan prioritarios según el propósito de uso. Dependiendo del objetivo formativo, habrá criterios que el docente o investigador considere esenciales y otros que puedan adaptarse al contexto o a los recursos disponibles. Este enfoque promueve decisiones más fundamentadas y experiencias inmersivas con mayor sentido pedagógico. En el Anexo 7, los criterios propuestos y

ajustados en esta investigación se presentan en formato de guía práctica para apoyar futuros proyectos de aplicación educativa con VR.

CAPÍTULO XI: CONCLUSIONES

El presente capítulo integra las conclusiones finales de la investigación a partir de los resultados discutidos previamente. El objetivo general de este estudio fue *determinar el efecto del uso de un juego educativo en VR sobre el aprendizaje y la motivación asociados a las áreas STEM en estudiantes de tercer grado de secundaria en Ensenada, Baja California*. En este marco, se presentan las conclusiones vinculadas al objetivo general y a los objetivos específicos, se señalan las limitaciones que condicionan el alcance de los hallazgos, se proponen líneas de investigación que den continuidad a lo trabajado y, finalmente, se plantean implicaciones para la práctica y el diseño educativo.

11.1. Conclusiones generales

En respuesta al bajo logro académico y la desmotivación hacia las áreas STEM en la educación secundaria, esta investigación tuvo como principal objetivo generar evidencia sobre el efecto del uso de juegos educativos en VR sobre el aprendizaje y la motivación STEM en condiciones de una secundaria pública en México. Al mismo tiempo, busca aportar al vacío de la literatura caracterizado por la escasez de estudios experimentales con diseños rigurosos y mediciones estandarizadas.

Los resultados obtenidos permiten confirmar la *Hipótesis 1*, en la cual se planteó que el uso de un juego educativo en VR tendría un efecto positivo y significativo en el aprendizaje STEM de los estudiantes de secundaria. La evidencia empírica respalda que la intervención tuvo un efecto positivo y medible sobre el aprendizaje STEM, reflejado en un incremento promedio del 13.5% en el posttest con respecto al pretest en el grupo

experimental, mientras que el grupo de control no presentó cambios significativos.

Asimismo, la diferencia entre ambos grupos en el postest fue significativa. Lo anterior se refuerza con evidencia cualitativa, donde los estudiantes pasaron de expresiones generales a explicaciones más precisas y fundamentadas, mostrando una comprensión más sólida de los contenidos trabajados.

Por su parte, no se confirmó la *Hipótesis 2*, la cual planteó que el uso de un juego educativo en VR incrementaría de manera significativa la motivación STEM de los estudiantes de secundaria, en comparación con quienes no participaron en la intervención. El incremento observado (+2.78%) en la motivación STEM general del grupo experimental no alcanzó significancia estadística. Asimismo, ni la comparación dentro del grupo de control ni la de ambos grupos en el pretest y en el postest reflejaron diferencias estadísticamente significativas. Lo anterior significa que no hubo cambios en la motivación STEM general antes y después de la intervención con el juego en VR.

Más allá de las conclusiones vinculadas con las hipótesis iniciales, los resultados de esta investigación permitieron identificar hallazgos adicionales sobre el aprendizaje y la motivación STEM a partir del uso de un juego educativo en VR en el contexto de una educación secundaria pública en México.

Una de las conclusiones es que el uso de un juego educativo en VR puede favorecer el aprendizaje en las áreas STEM cuando las actividades permiten explorar escenarios tridimensionales, resolver retos con sentido práctico o visualizar procesos que no suelen observarse en el aula, mientras que las de menor efecto correspondieron a tareas repetitivas, de baja dificultad o que reprodujeron la dinámica tradicional de clases en VR.

En relación con las conclusiones del efecto en el aprendizaje STEM por áreas del conocimiento, se evidenció que el efecto positivo no fue uniforme por área STEM. Las

mejoras más consistentes se registraron en Tecnología (+20.22%) y Ciencias (+12.94%), donde los incrementos fueron estadísticamente significativos y asociados a tareas que implicaban visualización y manipulación de fenómenos. En contraste, los incrementos en Ingeniería (+11.45%) y Matemáticas (+4.54%) no alcanzaron significancia estadística. Esto refleja que la efectividad de la VR puede depender de la naturaleza del conocimiento abordado y del diseño del juego.

Otra conclusión es que el juego en VR generó motivación STEM situacional debida a su uso, incluso en estudiantes con escaso interés inicial hacia las áreas STEM. El promedio de la escala de motivación STEM atribuida al juego fue significativamente superior a la motivación STEM general postest. El análisis cualitativo evidenció que el uso del juego influyó positivamente en la motivación STEM y en el compromiso de los estudiantes durante la experiencia. Al respecto, los participantes expresaron sentirse más atentos, emocionados y motivados por aprender, resaltando que la dinámica fue diferente a las clases tradicionales. Además, los hallazgos indicaron que la motivación STEM se activó con mayor intensidad cuando existió un equilibrio entre el nivel de reto y las habilidades del estudiante, condición esencial para sostener la implicación y el interés durante el aprendizaje en entornos de VR.

Otro hallazgo importante fue la influencia de la familiaridad tecnológica en los niveles de motivación STEM. Los estudiantes con menor experiencia previa en VR o videojuegos percibieron la experiencia como novedosa y altamente atractiva, lo que incrementó su interés y curiosidad por aprender. En cambio, quienes tenían mayor contacto con este tipo de tecnologías mostraron niveles más bajos de motivación, al considerar que el entorno y las dinámicas del juego resultaban simples en comparación con los entornos virtuales o videojuegos a los que estaban acostumbrados. Esta diferencia refleja que la

novedad tecnológica actúa como un factor de atracción inicial, pero su efecto tiende a disminuir conforme aumenta la familiaridad del usuario.

Por su parte, el análisis de correlaciones mostró que la motivación STEM atribuida al juego se relacionó de forma positiva con la motivación STEM general postest, lo que refleja que la experiencia con el juego en VR funcionó como un catalizador del interés y que quienes valoraron más la experiencia tendieron a cerrar con niveles generales más altos. En cambio, no se observó relación entre la motivación asociada al juego y la motivación inicial, lo que indica que este tipo de actividades puede captar la atención, incluso, de quienes inician con baja disposición hacia el aprendizaje STEM.

Otra conclusión derivada de los resultados es que el promedio general de calificaciones acumulado de primer y segundo grado funcionó como un indicador relevante del aprovechamiento de la intervención. Se observó una correlación positiva y moderada tanto con el aprendizaje STEM como con la motivación STEM final. En términos prácticos, los estudiantes con promedios más altos aprovecharon mejor el juego educativo en VR, mientras que quienes tenían promedios más bajos requirieron mayor apoyo para desenvolverse en las actividades. Aunque este resultado no implica causalidad, orienta futuras acciones pedagógicas, como reforzar la inducción tecnológica, ajustar los niveles de dificultad y brindar acompañamiento adicional, de modo que los beneficios del uso de VR se extiendan de forma más equitativa a todos los perfiles académicos.

En suma, se concluye que los juegos educativos en VR no modifican de manera inmediata la motivación general hacia las áreas STEM, pero sí despiertan un interés momentáneo que puede servir como punto de partida para fortalecer la disposición hacia el aprendizaje. La motivación fue generada por los aspectos novedosos, lo que confirma que su integración educativa debe acompañarse de estrategias didácticas que vinculen el juego

con metas de aprendizaje claras, retroalimentación constante y oportunidades de transferencia fuera del entorno virtual.

11.2. Alcance y limitaciones de la investigación

En este apartado se describen las condiciones que enmarcaron la investigación, se precisa el alcance de los resultados obtenidos y se exponen las principales limitaciones metodológicas identificadas. El estudio alcanzó un nivel explicativo, ya que el diseño experimental con grupo de control, asignación aleatoria y mediciones pre y post permitió atribuir los cambios observados al uso del juego educativo en VR. La validez interna se fortaleció mediante el control de las condiciones, la aplicación estandarizada de instrumentos y la implementación bajo un protocolo riguroso. No obstante, los resultados deben comprenderse dentro de las condiciones específicas del contexto en que se desarrolló: una secundaria pública en Ensenada, Baja California, con un periodo de nueve sesiones y recursos tecnológicos disponibles para ese entorno.

Entre las limitaciones más relevantes se encuentra la disponibilidad restringida de juegos educativos en VR en español, diseñados para estudiantes de secundaria y orientados a contenidos STEM alineados al currículo mexicano, condición que influyó directamente en el desarrollo e implementación de la investigación. Aunque se seleccionó un recurso con potencial pedagógico, el juego seleccionado para esta investigación no cumplió con la totalidad de los aspectos definidos en los criterios de selección, por lo que se reconoció desde el inicio que tenía áreas susceptibles de mejora, principalmente en su diseño.

Esta situación refleja una limitación estructural del campo, asociada a la escasa producción de materiales inmersivos adaptados al contexto educativo nacional. La oferta de juegos educativos en VR sigue siendo escasa, lo que restringe la variedad de temáticas

abordables en el aula. A esto se suma que varios juegos existentes se encuentran en otros idiomas, lo que dificulta su adaptación a contextos escolares públicos con tiempo e infraestructura limitados.

Otra limitación metodológica estuvo relacionada con el tamaño de la muestra, el cual no permitió realizar análisis factoriales para la validación estadística de los instrumentos, por lo que la validación se llevó a cabo únicamente a nivel de contenido mediante juicio de expertos. No obstante, ampliar el número de participantes no resultó viable debido a la cantidad limitada de equipos de VR disponibles, el número reducido de colaboradores para la aplicación y los tiempos establecidos para la conclusión del proyecto.

Por su parte, la duración de la intervención también constituyó una limitación metodológica importante. El tiempo total destinado se definió en función de las posibilidades reales del juego para ofrecer variedad de retos y actividades, así como de la necesidad de ajustarse al calendario escolar y a los recursos tecnológicos disponibles. La organización por turnos, derivada del número limitado de equipos, redujo el tiempo inmersivo con interacción individual. Sin embargo, la planeación previa contribuyó a ofrecer una experiencia formativa completa dentro de los márgenes establecidos y posibles.

Más allá de las limitaciones, la investigación constituye una propuesta metodológica para estudiar el efecto educativo de los juegos en VR en un contexto de secundaria pública mexicana, demostrando que es posible realizar evaluaciones experimentales controladas aun con recursos limitados, siempre que se planifique cuidadosamente la logística. Esta investigación puede servir como referencia para otros proyectos que busquen integrar o evaluar efectos de tecnologías aplicadas en educación secundaria.

11.3. Futuras líneas de investigación

A partir de los resultados obtenidos, se proponen diversas líneas de investigación que pueden ampliar y dar continuidad a lo trabajado en este estudio. Estas rutas buscan atender los aspectos que permanecen abiertos y explorar nuevas posibilidades en torno al uso de juegos educativos en VR en educación secundaria. En primer lugar, resulta pertinente replicar la investigación en un número mayor de escuelas, con características y contextos diversos, a fin de analizar la replicabilidad y la posibilidad de generalizar los resultados en distintos entornos escolares.

De manera complementaria, una línea de investigación pertinente consiste en la validación y el análisis profundo de los criterios propuestos para la selección de juegos educativos en VR con fines pedagógicos. En esta investigación se planteó una propuesta inicial sustentada en fundamentos teóricos y en las necesidades detectadas durante la implementación; sin embargo, se requiere fortalecerla mediante procesos formales de validación y contraste empírico que permitan estimar su pertinencia y capacidad para predecir el impacto educativo de los juegos.

Otro campo de exploración clave corresponde al desarrollo de investigaciones longitudinales que evalúen la permanencia del aprendizaje y de la motivación STEM tras el uso de juegos en VR. Esto permitiría determinar si los efectos observados son temporales o sostenidos en el tiempo. Asimismo, conviene avanzar en estudios que definan la “dosis” óptima de uso, considerando la duración de las sesiones, la frecuencia y el número de repeticiones requeridas para mantener el interés, la motivación y el aprovechamiento académico sin que la experiencia pierda fuerza o quede restringida por falta de práctica.

También se recomienda impulsar comparaciones entre distintos niveles de inmersión y modalidades de interacción en juegos educativos en VR. Dichas

comparaciones permitirían identificar qué combinaciones favorecen en mayor medida el aprendizaje, la motivación y la accesibilidad. En la misma línea, sería valioso analizar con mayor precisión qué tipos de contenidos y tareas obtienen mejores resultados en entornos inmersivos. Mapear estas experiencias por disciplina y nivel de demanda cognitiva aportaría información útil para el diseño de secuencias didácticas específicas y guías prácticas para docentes.

Por otro lado, es fundamental explorar estrategias de accesibilidad e inclusión orientadas a adaptar las experiencias inmersivas a estudiantes con necesidades visuales, auditivas o motrices. Ello implica diseñar alternativas de participación para quienes no puedan utilizar el visor, de manera que todos los estudiantes tengan la oportunidad de involucrarse en la actividad.

En el ámbito de la política educativa, resulta necesario evaluar la viabilidad de una implementación más amplia de los juegos educativos en VR en escuelas públicas, considerando los costos de los equipos y recursos, el tiempo requerido para la capacitación docente y la organización de las sesiones. Este tipo de análisis permitirá determinar con mayor claridad si los beneficios pedagógicos justifican la inversión y bajo qué condiciones se maximiza su impacto.

Finalmente, se resalta la importancia de impulsar el desarrollo de juegos educativos en VR diseñados desde cero, alineados al currículo de secundaria y con criterios educativos rigurosos. Contar con recursos más pertinentes y contextualizados permitirá transitar de experiencias aisladas hacia secuencias de aprendizaje continuas.

11.4. Recomendaciones para fortalecer el aprendizaje y la motivación STEM mediante juegos educativos en VR

A partir de los resultados obtenidos y de las reflexiones derivadas del desarrollo de esta investigación, se plantean recomendaciones orientadas a guiar la integración de juegos educativos en VR en contextos de secundaria pública, con el propósito de fortalecer el aprendizaje y la motivación STEM.

En primer lugar, la *planificación pedagógica debe anteceder a la decisión tecnológica*. Es decir, antes de elegir un visor o un juego, se debe tener claridad sobre el propósito formativo que se busca alcanzar y sobre cómo el juego aportará al aprendizaje STEM. En la investigación se identificó que las actividades que integraron visualización tridimensional, manipulación directa de objetos y exploración, fueron las que mostraron mayores avances en aprendizaje y motivación STEM. Estos hallazgos evidencian que la interacción significativa con el contenido, más que la simple resolución de preguntas o ejercicios mecánicos, favorece la comprensión y el recuerdo de los conceptos.

No basta con disponer de visores o recursos inmersivos; es necesario establecer con precisión qué se busca aprender, cómo se vinculará la experiencia con el currículo y de qué manera se evaluarán los resultados. De este modo, la selección del juego debe centrarse en su valor didáctico y priorizar dinámicas que promuevan la exploración activa, la observación de fenómenos y el análisis de procesos complejos.

En la misma línea, la integración del juego en VR debe *estructurarse como una secuencia completa de aprendizaje*, que inicie con una breve introducción, continúe con la experiencia inmersiva y concluya con una reflexión sobre lo aprendido. Durante la intervención, se observó que los estudiantes que comprendieron desde el inicio las dinámicas del juego y el propósito de las actividades, lograron involucrarse con mayor

facilidad, mientras que quienes enfrentaron dificultades técnicas o conceptuales requirieron más tiempo para adaptarse. Este hallazgo refuerza la necesidad de incorporar una fase de inducción pedagógica previa que oriente la experiencia. Asimismo, la inclusión de un momento de cierre o reflexión posterior puede favorecer la consolidación de aprendizajes, al permitir que los estudiantes expresen lo comprendido y vinculen la experiencia inmersiva con los contenidos curriculares. De esta forma, la motivación situacional derivada de la novedad se puede encaminar hacia objetivos formativos claros.

Por otro lado, en contextos con recursos tecnológicos limitados, se recomienda *implementar estrategias colaborativas* que optimicen el tiempo y los equipos disponibles. Una alternativa es organizar roles rotativos dentro de cada grupo; por ejemplo, quien utiliza el visor, quien orienta las instrucciones, quien registra observaciones y quien modera el tiempo. Mientras un estudiante interactúa con el entorno inmersivo, los demás tienen un rol específico dentro de la actividad. En esta investigación, esta dinámica mantuvo la atención de los estudiantes y permitió que todos participaran activamente en la experiencia, incluso sin utilizar directamente el visor.

Asimismo, se deben *anticipar y manejar las dificultades técnicas y físicas asociadas al uso de la VR*. Esto implica conocer el funcionamiento de los equipos y, al mismo tiempo, desarrollar criterios que permitan tomar decisiones oportunas durante la sesión. En el plano técnico, es fundamental conocer el funcionamiento de los equipos y prever aspectos operativos como las conexiones, los reinicios del sistema y la carga completa de los controles y dispositivos antes de cada sesión. Durante la intervención, al inicio se presentaron algunas dificultades relacionadas con la descarga de los mandos; sin embargo, tras establecer un protocolo de verificación previa, todas las sesiones posteriores se desarrollaron con normalidad.

En el plano físico, se debe procurar el bienestar de los estudiantes durante la intervención con VR. Si alguno presenta mareo, fatiga visual o desorientación, es recomendable suspender su participación y ofrecerle una alternativa para continuar vinculado a la actividad sin exponerse a malestares. En caso de que un estudiante presente signos de debilidad, se recomienda postergar su turno o proporcionarle un breve descanso, agua o algún refrigerio ligero. Estas acciones ayudaron a mantener la seguridad y el bienestar físico, especialmente en quienes experimentaron la VR por primera vez.

En el ámbito institucional, la sostenibilidad del uso de la VR requiere *infraestructura y mantenimiento adecuados*. Las escuelas deben prever espacios ventilados y seguros, señal estable y puntos de carga suficientes. A partir del análisis realizado y de la reflexión de los retos identificados en la implementación, se considera pertinente explorar la posibilidad de establecer redes de colaboración entre escuelas, universidades y dependencias públicas, con el fin de compartir equipos, materiales y experiencias. Este tipo de alianzas podría favorecer la continuidad del uso educativo de la VR y ampliar las oportunidades de acceso en instituciones con recursos limitados.

Además, es fundamental impulsar el desarrollo de juegos educativos en VR diseñados en el contexto nacional, con cobertura curricular amplia, lenguaje accesible y licencias asequibles para la educación pública. Este punto resulta crucial, ya que representa la principal limitación identificada para la implementación de experiencias inmersivas para la enseñanza STEM. Se requieren más juegos en VR que consideren criterios pedagógicos completos, entre ellos la compatibilidad y acceso a los recursos escolares, la adecuación al público objetivo, la calidad del juego en su estructura narrativa y visual, la coherencia pedagógica y didáctica de sus contenidos, la experiencia inmersiva en VR que logre realismo y conexión con el aprendizaje, y la usabilidad para un manejo fluido y accesible.

Desarrollar materiales que respondan a estas dimensiones permitirá avanzar hacia propuestas educativas más contextualizadas y con mayor potencial para favorecer el aprendizaje y la motivación STEM.

Finalmente, se cierra esta investigación con la conclusión de que incorporar juegos educativos en VR de manera planificada puede contribuir a reducir el rezago en las áreas STEM mediante experiencias que despiertan interés, promueven la exploración y fortalecen la comprensión de los contenidos. Asimismo, es una opción para modernizar la forma de aprender. En suma, estas sugerencias representan un marco de acción práctico y realista para el uso de juegos en VR en la educación secundaria pública en México, bajo un enfoque pedagógico, donde la tecnología se convierte en un medio al servicio del aprendizaje y la motivación STEM de los estudiantes.

Este trabajo reafirma mi compromiso de continuar investigando y explorando nuevas formas de enseñar, con la convicción de que la innovación educativa puede abrir horizontes y transformar realidades dentro y fuera del aula.

Katia Larissa Jáuregui Hernández

REFERENCIAS

- Adefila, A., Graham, S., Clouder, D. L., Bluteau, P. & Ball, S. (2015). myShoes—The future of experiential dementia training? *Journal of Mental Health Training, Education and Practice*, 11(2), 91–101. <https://doi.org/10.1108/JMHTEP-10-2015-0048>
- Agbo, F. J., Olaleye, S. A., Bower, M. & Oyelere, S. S. (2023a). Examining the relationships between students' perceptions of technology, pedagogy, and cognition: The case of immersive virtual reality mini games to foster computational thinking in higher education. *Smart Learning Environments*, 10(16). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00233-1>
- Agbo, F. J., Oyelere, S. S., Suhonen, J., & Tukiainen, M. (2023b). Design, development, and evaluation of a virtual reality game-based application to support computational thinking. *Educational Technology Research and Development*, 71(2), 505–537. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10161-5>
- Agustini, K., Putrama, M., Wahyuni, D. S. & Mertayasa, E. (2023). Applying gamification technique and virtual reality for prehistoric learning toward the metaverse. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(2). <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.2.1802>
- Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
- Akcayir, M. & Akcayir, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Education Research*

- Review*, 20, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Akman, E. & Çakır, R. (2019). Pupils' opinions on an educational virtual reality game in terms of flow experience. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 14(15), 121–137. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i15.10576>
- Al-Azawei, A., Baiee, W. R., & Mohammed, M. A. (2019). Learners' experience towards e-assessment tools: A comparative study on virtual reality and Moodle quiz. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 14(5), 34–50. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i05.9998>
- Alianza para la Promoción de STEM. (AP STEM). (2019). *Visión STEM para México*. Movimiento STEM, A.C. <https://www.movimientostem.org/wp-content/uploads/2021/01/Vision-STEM-para-Mexico.pdf>
- Alves-Fernandes, L. M. A., Matos, G. C., Azevedo, D., Nunes, R. R., Paredes, H., Morgado, L., Barbosa, L. F., Martins, P., Fonseca, B., Cristóvão, P., de Carvalho, F. & Cardoso, B. (2016). Exploring educational immersive videogames: An empirical study with a 3D multimodal interaction prototype. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 907–918. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1232754>
- American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for educational and psychological testing*. Washington, DC: American Educational Research Association.
- Amprasi, E., Vernadakis, N., Zetou, E. & Antoniou, P. (2022). Effect of a full immersive virtual reality intervention on whole body reaction time in children. *International Journal of Latest Research in Humanities and Social Science*, 4(8), 15–20. <https://www.researchgate.net/profile/Evaggelia->

- [Amprasi/publication/357500568_Effect_of_a_Full_Immersive_Virtual_Reality_Intervention_on_Selective_Attention_in_Children/links/659715b42468df72d3faca08/Effect-of-a-Full-Immersive-Virtual-Reality-Intervention-on-Selective-Attention-in-Children.pdf](#)
- Andersen, M. S., Klingenberg, S., Petersen, G. B., Creed, P. A. & Makransky, G. (2022). Fostering science interests through head-mounted-displays. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(2), 369-379. <https://doi.org/10.1111/jcal.12749>
- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Andrade, G. (2021). *Reporte de indicadores STEM para México*. Movimiento STEM. <https://www.movimientostem.org/wp-content/uploads/2021/09/Reporte-de-Indicadores-STEM-para-Mexico-2021.pdf>
- Araiza-Alba, P., Keane, T., Chen, W. S. & Kaufman, J. (2021). Immersive virtual reality as a tool to learn problem-solving skills. *Computers & Education*, 164. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104121>
- Atta, G., Abdelsattar, A., Elfiky, D., Zahran, M., Farag, M. & Slim, S. O. (2022). Virtual reality in space technology education. *Education Sciences*, 12(12), 890. <https://doi.org/10.3390/educsci12120890>
- Backlund, P. & Hendrix, M. (2013). Educational games - are they worth the effort? A literature survey of the effectiveness of serious games. In *2013 5th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2013.6624226>
- Bailenson, J. N., Blascovich, J. & Guadagno, R. E. (2008). Self-Representations in immersive virtual environments. *Journal of Applied Social Psychology*, 38(11),

- 2673-2690. <https://stanfordvr.com/mm/2008/bailenson-IVE-self.pdf>
- Barbara, J. (2022). Re-Live history: An immersive virtual reality learning experience of prehistoric intangible cultural heritage. *Frontiers in Education*, 7.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1032108>
- Bibic, L., Druskis, J., Walpole, S., Angulo, J. & Stokes, L. (2019). Bug Off Pain: An educational virtual reality game on spider venoms and chronic pain for public engagement. *Journal of Chemical Education*, 96(7), 1486–1490.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00905>
- Bishop, D. T., Daylamani-Zad, D., Dkaidek, T. S., Fukaya, K. & Broadbent, D. P. (2023). A brief gamified immersive intervention to improve 11–14-year-olds’ cycling-related looking behaviour and situation awareness: A school-based pilot study. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour*, 97, 17–30.
<https://doi.org/10.1016/j.trf.2023.06.019>
- Blanco, F. (1996). *La evaluación educativa, más proceso que producto*.
<https://es.scribd.com/document/333578806/3-Blanco-Felip-L-A-1996-La-evaluacion-educativa-ma-s-proceso-que-producto>
- Bonk, C. J. & Graham, C. R. (2006). *The handbook of blended learning: global perspectives, local designs*. Pfeiffer Publishing.
<https://es.scribd.com/read/102133301/The-Handbook-of-Blended-Learning-Global-Perspectives-Local-Designs#>
- Borrás, G. (2015). *Fundamentos de la gamificación*.
GATE.https://oa.upm.es/35517/1/fundamentos%20de%20la%20gamificacion_v1_1.pdf
- Bressler, D. M. & Bodzin, A. M. (2013). A mixed methods assessment of students’ flow

- experiences during a mobile augmented reality science game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(5), 505–517. <https://doi.org/10.1111/jcal.12008>
- Brooks, G. J. & Brooks, G. M. (1999). *In search of understanding: The case for constructivist classrooms. With a new introduction by the authors.* Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).
https://ocw.metu.edu.tr/pluginfile.php/9173/mod_resource/content/1/In%20Search%20of%20Understanding.pdf
- Budianto, L., Suparmi, S., Biyanto, B. & Azkiyah, S. N. (2023). Virtual reality games in EFL class: Examining learners' vocabulary learning. *The Journal of Asia TEFL*, 20(4). <https://doi.org/10.18823/asiatefl.2023.20.4.14.942>
- Butt, A. L., Kardong-Edgren, S. & Ellertson, A. (2018). Using game-based virtual reality with haptics for skill acquisition. *Clinical Simulation in Nursing*, 16, 25–32.
<https://doi.org/10.1016/j.ecns.2017.09.010>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education challenges and opportunities.* National Science Teachers Association.
https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=gfn4AAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&ots=xbXodwcaTl&sig=IGcVjUvrrelfUa6xNi0b12PMWd4&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Cao, L., Peng, C. & Hansberger, J. T. (2019). Usability and engagement study for a serious virtual reality game of lunar exploration missions. *Informatics*, 6(4), 44.
<https://doi.org/10.3390/informatics6040044>
- Capecchi, I., Borghini, T., Barbierato, E., Guazzini, A., Serritella, E., Raimondi, T., Saragosa, C. & Bernetti, I. (2022). The combination of serious gaming and immersive virtual reality through the constructivist approach: An application to

- teaching architecture. *Education Sciences*, 12(8), 536.
<https://doi.org/10.3390/educsci12080536>
- Casañ-Pitarch, R. & Gong, J. (2021). Testing ImmerseMe with Chinese students: Acquisition of foreign language forms and vocabulary in Spanish. *Language Learning in Higher Education*, 11(1). <https://doi.org/10.1515/cercles-2021-2016>
- Chen, P.-H. (2020). The design of applying gamification in an immersive virtual reality virtual laboratory for powder-bed binder jetting 3DP training. *Education Sciences*, 10(7), 172. <https://doi.org/10.3390/educsci10070172>
- Choi, D.-H. & Noh, G.-Y. (2021). The impact of presence on learning transfer intention in virtual reality simulation game. *SAGE Open*, 11(3).
<https://doi.org/10.1177/21582440211032178>
- Chou, W.-H., Li, Y.-C., Chen, Y.-F., Ohsuga, M. & Inoue, T. (2022). Empirical study of virtual reality to promote intergenerational communication: Taiwan traditional glove puppetry as example. *Sustainability*, 14(6), 3213. <https://doi.org/10.3390/su14063213>
- Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A. & Riva, G. (2018). The past, present, and future of virtual and augmented reality research: A network and cluster analysis of the literature. *Frontiers in Psychology*, 9, 2086.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02086>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Coll, C. (2004). Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por tecnologías de la información y de la comunicación. Una mirada constructivista. *Revista electrónica Sinética*, (20), 1-24. <https://www.redalyc.org/pdf/998/99815899016.pdf>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (CEPAL). (2020). *La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19*. UNESCO.

<https://www.cepal.org/es/publicaciones/45904-la-educacion-tiempos-la-pandemia-covid-19>

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (CEPAL). (2022). *Tecnologías digitales para un nuevo futuro*. CEPAL.

https://www.cepal.org/es/publicaciones/46816-tecnologias-digitales-un-nuevo-futuro?utm_source=chatgpt.com

Comisión Nacional para la Mejora Continua de la Educación. (MEJOREDU). (2023).

Evaluación diagnóstica del aprendizaje de las y los alumnos de educación básica 2022-2023. Informe de resultados. MEJOREDU.

https://www.mejoredu.gob.mx/images/Informe_diagnostica.pdf

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (CONEVAL). (2024).

Evaluación del diseño del Programa Escuelas Dignas y de Excelencia (EDDE) 2024: Informe final. Autor.

https://www.coneval.org.mx/EvaluacionDS/PP/CEIPP/IEPSM/Documents/Derechos_Sociales_2024/EDDE_2024_IF.pdf

Congreso del Estado de Baja California. (2020, 28 de diciembre). *Ley de Educación del Estado de Baja California*. Periódico Oficial del Estado de Baja California.

https://www.congresobc.gob.mx/Documentos/ProcesoParlamentario/Leyes/TOMO_VI/20210416_LEYEDUCACION.PDF

Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T. & Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59(2), 661–686.

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.004>

Connor, A. M., Karmokar, S. & Whittington, C. (2015). From STEM to STEAM: Strategies for enhancing engineering & technology education. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 5(2), 37–47.

<https://doi.org/10.3991/ijep.v5i2.4458>

Creswell, J. W. (2008). *Research design: Qualitative, quantitative and mixed approaches* (3a Ed.). SAGE.

Csikszentmihalyi, M. (1990). *Fluir (flow). Una psicología de la felicidad*. Editorial Kairós.

<https://www.facilitadores-alfa.org/wp-content/uploads/2020/10/Fluir-una-Psicologia-de-la-Felicidad.-Mihaly-Csikszentmihaly.pdf>

DeKeyrel, A., Dernovish, J., Epperly, A. & McKay, V. (2000). Using motivational strategies to improve academic achievement of middle school students. *Professional School Counseling*, 3(5), 349–354. <https://www.semanticscholar.org/paper/Using-Motivational-Strategies-To-Improve-Academic-DeKeyrel-Dernovish/2f7ef9ce44560abe8fc4c23f2bed4782bc436be1>

Diario Oficial de la Federación. (DOF). (2019, 30 de septiembre). *Ley General de Educación* [Última reforma publicada DOF 07-06-2024]. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGE.pdf>

Diario Oficial de la Federación. (DOF). (2021, 15 de julio). *Decreto por el que se reforma el diverso por el que se crea el Consejo Nacional de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Secretaría de Economía.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5621264&fecha=15/07/2021

Díaz-Barriga, F. y Hernández-Rojas, G. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. Mc-Graw-Hill Interamericana.

- https://dfa.edomex.gob.mx/sites/dfa.edomex.gob.mx/files/files/2_%20estrategias-docentes-para-un-aprendizaje-significativo.pdf
- Domenech-Casal, J., Lope, S. y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 16(2), 2203.
- http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Domínguez, P. M., Oliveros, M. A., Coronado, M. A. y Valdez, B. (2019). Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución industrial 4.0. *Innovación Educativa*, 19(80), 15-32. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v19n80/1665-2673-ie-19-80-15.pdf>
- Du, Y.-C., Fan, S.-C. & Yang, L.-C. (2020). The impact of multi-person virtual reality competitive learning on anatomy education: A randomized controlled study. *BMC Medical Education*, 20, 343. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02155-9>
- Eccles, J. S., & Roeser, R. W. (2011). Schools as developmental contexts during adolescence. *Journal of Research on Adolescence*, 21(1), 225–241.
- <https://doi.org/10.1111/j.1532-7795.2010.00725.x>
- Escobar-Pérez, J. & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6(1), 27–36.
- <https://www.researchgate.net/publication/302438451>
- Felix, Z. C., Machado, L. S. & Vianna, R. P. T. (2023). *The mystery of Pandora: A serious games approach with 360-degree videos on domestic violence against women*. *International Journal of Game-Based Learning*, 13(1).
- <https://doi.org/10.4018/IJGBL.323447>

- Fernández, D., Legaki, N.-Z. & Hamari, J. (2023). From traditional to game-based learning of climate change: A media comparison experiment. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 7, 503–525. <https://doi.org/10.1145/3611039>
- Flores-Camacho, F. (2012). *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*. INEE. <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/01/P1C227.pdf>
- Flores-Gallegos, R., Rodríguez-Leis, P. & Fernández, T. (2021). Effects of a virtual reality training program on visual attention and motor performance in children with reading learning disability. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100394>
- Forsyth, H. (2022). Building a virtual Roman city: Teaching history through video game design. *Journal of Classics Teaching*, 24(47), 16–25. <https://doi.org/10.1017/S2058631022000277>
- Freina, L. & Ott, M. (2015, April). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. In *Proceedings of the eLearning and Software for Education (eLSE) 2015* (pp. 133-141). <https://www.itd.cnr.it/download/eLSE%202015%20Freina%20Ott%20Paper.pdf>
- Frevert, M. & Di Fuccia, D.-S. (2021). Possibilities of learning contemporary chemistry via virtual reality. *World Journal of Chemical Education*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.12691/wjce-9-1-1>
- Gallego, J. L. y Salvador, F. (2002). *Didáctica general*. Prentice Hall. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=275943>
- Gaviria, D. (2021). *Pedagogía de la gamificación*. Creative Commons.
- Gayevska, O. & Soroko, N. (2022). Pedagogical strategies with immersive technologies for teaching and learning the Japanese language. *Information Technologies and*

- Learning Tools*, 92(6), 99–110. <https://doi.org/10.33407/itlt.v92i6.5133>
- Gobierno del Estado de Baja California. (2022). *Programa Sectorial de Educación 2022-2027*. Secretaría de Educación del Estado de Baja California.
<https://www.bajacalifornia.gob.mx/Documentos/coplade/planeacion/programas/Programa%20Sectorial%20de%20Educacion.pdf>
- González-Pérez, P. y Mesías-Lema, J. M. (2023). La realidad virtual para la enseñanza y aprendizaje de la perspectiva en el dibujo. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (83), 188–207. <https://doi.org/10.21556/edutec.2023.83.2681>
- González, C. M. (2012). *Aplicación del Constructivismo Social en el Aula*. Guatemala: IDIE/ OEI/ Oficina de Guatemala.
<http://repositorio.minedu.gob.pe/handle/123456789/4660>
- Gras, M. y Alí, C. (2023). *Educación STEM y su aplicación. Una estrategia inclusiva, sostenible y universal para preescolar y primaria*. Movimiento STEM.
<https://www.movimientostem.org/wp-content/uploads/2023/08/Educacion-STEM-y-su-aplicacion--preescolar-y-primaria.pdf>
- Grivokostopoulou, F., Kovas, K. & Perikos, I. (2019). Examining the impact of a gamified entrepreneurship education framework in higher education. *Sustainability*, 11(20), 5623. <https://doi.org/10.3390/su11205623>
- Gutiérrez, M. (2014). Propuesta de diseño modular para la configuración de un entorno virtual de enseñanza-aprendizaje con tutoría inteligente. [Tesis para obtener el grado de Doctor en Diseño, Universidad Autónoma Metropolitana].
<https://core.ac.uk/download/pdf/128733558.pdf>
- Hadad, R., Araujo, R. F., Dofour, E. M. A., Corporale, M. C. y Paredi, M. A. (2017). Experiencia inmersiva utilizando mundos virtuales en la ingeniería en sistemas de

- información. *VII Congreso Virtual Iberoamericano de Calidad en Educación Virtual y a Distancia*.
http://www.eduqa.net/eduqa2017/images/ponencias/eje3/3_54_Hadad_Araujo_Dufour_Caporale_Paredi_Experiencia_inmersiva_utilizando_Mundos_Virtuales_en_la_Ingenieri_a_en_Sistemas_de_Informacio_n-Eduqar.pdf
- Han, S., Capraro, R. M. & Capraro, M. M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089–1113.
<https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>
- Hernández-Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Hernández, E. A., López, L. I., Mendoza, N. V., Mawyin, F. A. y Demera, A. E. (2022). Los entornos virtuales de aprendizaje EVA como innovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes de nivelación de carrera en la universidad técnica de Manabí. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(3), 1511-1524. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/2309>
- Hidi, S. & Renninger, A. (2006). The four-phase model of interest development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111–127.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235-266.
<https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>
- Honey, M., Pearson, G. & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academy of

- Engineering & National Research Council. The National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/18612>
- Hsiao, P.-W. & Su, C.-H. (2021). A study on the impact of STEAM education for sustainable development courses and its effects on student motivation and learning. *Sustainability*, 13(7), 3772. <https://doi.org/10.3390/su13073772>
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. (INEE). (2019). *Informe de resultados PLANEA 2017. El aprendizaje de los estudiantes de tercero de secundaria en México. Lenguaje y Comunicación y Matemáticas*.
 INEE. <https://www.inee.edu.mx/publicaciones/informe-de-resultados-planea-ems-2017-el-aprendizaje-de-los-estudiantes-de-educacion-media-superior-en-mexico-lenguaje-y-comunicacion-matematicas/>
- Jensen, L. & Konradsen, F. (2018). A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23(4), 1515-1529. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9676-0>
- Jiang, Y., Popov, V., Li, Y. & Myers, P. (2021). “It’s like I’m really there”: using VR experiences for STEM career development. *Journal of Science Education and Technology*, 30(7), 877-888.
https://www.researchgate.net/publication/353421024_It%27s_Like_I%27m_Really_There_Using_VR_Experiences_for_STEM_Career_Development
- Jing, Z., Wang, D. & Zhang, Y. (2023). The effect of virtual reality game teaching on students’ immersion. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 18(8), 183–195. <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i08.37825>
- Jones, B., Rohani, S. A., Ong, N., Tayeh, T., Chalabi, A., Agrawal, S. K. & Ladak, H. M. (2019). A virtual-reality training simulator for cochlear implant surgery. *Simulation*

- & *Gaming*, 50(2). <https://doi.org/10.1177/1046878119842361>
- Jost, P., Cobb, S. & Hämmerle, I. (2019). Reality-based interaction affecting mental workload in virtual reality mental arithmetic training. *Behaviour & Information Technology*, 39(10), 1062–1078. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2019.1641228>
- Kerlinger, F. N. y Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento*. McGraw-Hill.
- Koehler, M. J., Mishra, P. y Cain, W. (2015). ¿Qué son los Saberes Tecnológicos y Pedagógicos del Contenido (TPACK)? *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 6(10), 9-23. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/view/11552>
- Kozyar, M. M., Nanivska, L. L., Romanyshyna, O. Ya., Romanyshyn, A. M. & Yakimets, Y. M. (2020). Communicative competence formation of future officers in the process of foreign language training. *International Journal of Higher Education*, 9(7), 153–165. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n7p153>
- Laamarti, F., Eid, M. & El Saddik, A. (2014). An overview of serious games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/358152>
- Lau, S. T., Liaw, S. Y., Loh, W. L., Schmidt, L. T., Yap, J., Lim, F. P., Ang, E., Jiat, C. & Siah, R. (2023). Mid-career switch nursing students' perceptions and experiences of using immersive virtual reality for clinical skills learning: A mixed methods study. *Nurse Education Today*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.105760>
- Lawshe, C. H. (1975). *A quantitative approach to content validity*. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x>
- Li, P., Fang, Z. & Jiang, T. (2022). Research into improved distance learning using VR technology. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.757874>
- Liaw, S. Y., Tan, J. Z., Lim, S., Zhou, W., Yap, J., Ratan, R., Ooi, S. L., Wong, S. J., Seah,

- B. & Chua, W. L. (2023). Artificial intelligence in virtual reality simulation for interprofessional communication training: Mixed method study. *Nurse Education Today*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.105718>
- Lin, H.-T., Tsai, H.-J., Li, Y.-I. & Hu, W.-P. (2022). Benefits of applying virtual reality in pelvic movement training through a Wii Fit: A randomized controlled trial. *BMC Medical Education*, 22. <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03109-z>
- Lu, A. J. S., Chan, S., Cai, Y., Huang, L., Nay, Z. T. & Goei, S. L. (2017). Learning through VR gaming with virtual pink dolphins for children with ASD. *Interactive Learning Environments*, 26(6), 718–729. <https://doi.org/10.1080/10494820.2017.1399149>
- Luque, J. (2020). Realidad Virtual y Aumentada. *Revista Digital de ACTA*. https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/063001.pdf
- Lyk, P. B., Majgaard, G., Vallentin-Holbech, L., Guldager, J. D., Dietrich, T., Rundle-Thiele, S. & Stock, C. (2020). Co-designing and learning in virtual reality: Development of tool for alcohol resistance training. *Electronic Journal of e-Learning*, 18(3), 219–234. <https://doi.org/10.34190/EJEL.20.18.3.002>
- Magta, M. & Mahardika, E. K. (2023). The design and development of learning media “Circle Time Management” based on virtual reality games in an innovative pedagogical perspective. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 23(15), 180–191. <https://doi.org/10.33423/jhetp.v23i15.6433>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937–958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>

- Mansoori, M. S., Khazaei, M. R., Azizi, S. M. & Niromand, E. (2021). Comparison of the effectiveness of lecture instruction and virtual reality-based serious gaming instruction on the medical students' learning outcome about approach to coma. *BMC Medical Education*, 21, 347. <https://doi.org/10.1186/s12909-021-02771-z>
- Maragkou, V., Rangoussi, M., Kalogeras, I. & Melis, N. S. (2023). Educational seismology through an immersive virtual reality game: Design, development and pilot evaluation of user experience. *Education Sciences*, 13(11), 1088. <https://doi.org/10.3390/educsci13111088>
- Marcano, B. (2008). Juegos serios y entrenamiento en la sociedad digital. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 9(3), 93-107. <https://revistas.usal.es/tres/index.php/eks/article/view/16791>
- Margulis, L. (2007). El aspecto lúdico del e-learning: el juego en entornos virtuales de aprendizaje. *Revista digital de investigación en docencia universitaria*, 3(1), 13. <https://revistas.upc.edu.pe/index.php/docencia/article/view/23>
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B. & González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 469–486. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00626a>
- McGraw, K. O. & Wong, S. P. (1992). A common language effect size statistic. *Psychological Bulletin*, 111(2), 361–365. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.111.2.361>
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40.

- <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Mikropoulos, T. A. & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769–780. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>
- Miranda, M. de S. & Gonçalves, M. T. (2018). Brain students: Games e realidade virtual e misturada como metodologia ativa no ensino de ciências para alunos do 6º ano do ensino fundamental em Araguatins. *Educação e Tecnologias*.
https://www.researchgate.net/publication/330966260_BRAIN_STUDANTS_GAMES_E_REALIDADE_VIRTUAL_E_MISTURADA_COMO_METODOLOGIA_A_TIVA_NO_ENSINO_DE_CIENCIAS_PARA_ALUNOS_DO_6_ANO_DO_ENSINO_FUNDAMENTAL_EM_ARAGUATINS_TO
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
https://bibliotecadigital.mineduc.cl/bitstream/handle/20.500.12365/17687/29_Technological%20pedagogical%20content.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G. & The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Morales, E. (2009). El uso de los videojuegos como recurso de aprendizaje en educación primaria y Teoría de la Comunicación. *Revista Académica de la Federación Latinoamericana de Facultades de Comunicación Social*, 78.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3719704>
- Moreno-García, E., García-Santillán, A. & Molchanova, V. S. (2022). Anxiety towards Mathematics in Middle School Students in Tuxtepec, Oaxaca. *European Journal of*

- Contemporary Education*, 11(1), 99-109.
https://ejce.cherkasgu.press/journals_n/1648218744.pdf
- Mouronte-López, M. L., García, A., Bautista, S. & Cortés, C. (2021). Analyzing the gender influence on the interest in engineering and technical subjects. *International Journal of Technology and Design Education*, 31, 723–739. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09580-3>
- Mystakidis, S., Besharat, J., Papantzikos, G., Christopoulos, A., Stylios, C., Agorgianitis, S. & Tselentis, D. (2022). Design, development, and evaluation of a virtual reality serious game for school fire preparedness training. *Education Sciences*, 12(4), 281. <https://doi.org/10.3390/educsci12040281>
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13158>.
- Neroni, M. A., Oti, A. & Crilly, N. (2021). Virtual reality design-build-test games with physics simulation: Opportunities for researching design cognition. *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 9(3), 139–173. <https://doi.org/10.1080/21650349.2021.1929500>
- Oestergaard, J., Bjerrum, F., Maagaard, M., Winkel, P., Larsen, C. R., Ringsted, C., Gluud, C., Grantcharov, T., Ottesen, B. & Soerensen, J. L. (2012). Instructor feedback versus no instructor feedback on performance in a laparoscopic virtual reality simulator: A randomized educational trial. *BMC Medical Education*, 12. <https://doi.org/10.1186/1472-6920-12-7>
- Olguín, M., Rivera, I. y Hernández, E. (2006). Introducción a la Realidad Virtual. *Polibits*, (33), 11-15. <https://www.redalyc.org/pdf/4026/402640446002.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas. (ONU). (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. ONU.
<https://sdgs.un.org/es/2030agenda>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (OECD). (2023), *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (OECD). (2025), *Education at a Glance 2025: OECD Indicators*, OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/1c0d9c79-en>
- Ou, K.-L., Liu, Y.-H. & Tarn, W. (2021). Development of a virtual ecological environment for learning the Taipei tree frog. *Sustainability*, 13(11), 5911.
<https://doi.org/10.3390/su13115911>
- Ouariachi, T., Olvera-Lobo, D. y Gutiérrez-Pérez, J. (2017). Evaluación de juegos online para la enseñanza y aprendizaje del cambio climático. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(1), 193-214. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2088>
- Parong, J. & Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785–797. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>
- Pereira, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación y en educación: una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, 15(1), 15-29.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194118804003>
- Pérez Rubio, M. T., González Ortiz, J. J., López Guardiola, P., Alcázar Artero, P. M., Soto Castellón, M. B., Ocampo Cervantes, A. B. & Pardo Ríos, M. (2023). Realidad virtual para enseñar reanimación cardiopulmonar en el Grado de Educación Primaria. Estudio comparativo. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a*

- Distancia*, 26(2), 309-332. <https://doi.org/10.5944/ried.26.2.36232>
- Pérez-Latorre, O. (2010). Análisis de la significación del videojuego: fundamentos teóricos del juego, el mundo narrativo y la enunciación interactiva como perspectivas de estudio del discurso. [Tesis doctoral, Universitat Pompeu Fabra].
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/7273/topl.pdf?sequence=2.txt>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J. & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Rai, B., Tan, H. S. & Chen, H. L. (2019). Bringing play back into the biology classroom with the use of gamified virtual lab simulations. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 2(2), 48–56. <https://doi.org/10.37074/jalt.2019.2.2.7>
- Raja, M. (2021). Conceptual origins, technological advancements, and impacts of using virtual reality technology in education. *Webology*, 18(2), 116-134.
https://www.researchgate.net/publication/357295200_Conceptual_Origins_Technological_Advancements_and_Impacts_of_Using_Virtual_Reality_Technology_in_Education
- Roungas, B. & Dalpiaz, F. (2016). A model-driven framework for educational game design. In *Games and Learning Alliance: 4th International Conference, GALA 2015, Rome, Italy, December 9–11, 2015, Proceedings* (pp. 1–10). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-40216-1_1
- Ryan, R. M. y Deci, E. L. (2000). La teoría de la autodeterminación y la facilitación de la motivación intrínseca, el desarrollo social y el bienestar. *American Psychological Association*, 55 (1), 68-78.

- https://www.selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2000_RyanDeci_Spanish_AmPsych.pdf
- Safari, J., Sadeghi-Niaraki, A. & Choi, S.-M. (2021). Design, implementation, and evaluation of an immersive virtual reality-based educational game for learning topology relations at schools: A case study. *Sustainability*, 13(23), 13066. <https://doi.org/10.3390/su132313066>
- Salovaara-Hiltunen, M., Heikkinen, K. & Koivisto, J.-M. (2019). User experience and learning experience in a 4D virtual reality simulation game. *International Journal of Serious Games*, 6(4), 49–66. <https://doi.org/10.17083/ijsg.v6i4.305>
- Sánchez-López, A. L., Jáuregui-Jáuregui, J. A., García-Carrera, N. A. & Perfecto-Avalos, Y. (2024). Evaluating effectiveness of immersive virtual reality in promoting students' learning and engagement: A case study of analytical biotechnology engineering course. *Frontiers in Education*, 9. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1287615>
- Sánchez, M. A. y Quezada, J. C. (2021). Aprendizaje Inmersivo. La realidad virtual como herramienta en la educación. En R. Escalona, R. Cavazos, J. Marmolejo, A. Iriarte y J. Estrada (Coords.), *Fundamentos y tendencias de la realidad mixta en educación* (pp. 69-78). T & R Editorial. <https://tyreditorial.com/pdf/RealidadMixtaEduacion.pdf>
- Schunk, D. H. (2012). *Teorías del aprendizaje. Una perspectiva educativa*. Editorial PEARSON. <https://fundasira.cl/wp-content/uploads/2017/03/TEORIAS-DEL-APRENDIZAJE.-DALE-SCHUNK..pdf>
- Secretaría de Educación Pública. (SEP). (2020). *Agenda Digital Educativa*. SEP. <https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/64/2/2020-02-05->

[1/assets/documentos/Agenda_Digital_Educacion.pdf](#)

Secretaría de Educación Pública. (SEP). (2022a). *Plan de estudios para la educación preescolar, primaria y secundaria 2022*. Autor.

<https://www.sep.gob.mx/marcocurricular/>

Secretaría de Educación Pública. (SEP). (2022b). *Avance del contenido del contenido del programa sintético de la Fase 6. [Material en proceso de construcción]*. Autor.

<https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2022/12/Avance-Programa-Sintetico-Fase-6.pdf>

Secretaría de Educación Pública. (SEP). (2022c). *Avance del contenido para el libro del docente. Primer grado. [Material en proceso de edición]*. Autor.

https://educacionbasica.sep.gob.mx/wp-content/uploads/2022/12/C3_1-Sugerencias-Metodologicas-proyectos.pdf

Secretaría de Educación Pública. (SEP). (2023). *Atlas de los servicios educativos: Representación cartográfica del acceso y prestación de los servicios educativos en México*. Dirección General de Planeación, Programación y Estadística Educativa.

https://planeacion.sep.gob.mx/Doc/Atlas_estados/0000_Atlas_completo.pdf

Secretaría de Educación Pública. (SEP). (2024). *Principales cifras del Sistema Educativo Nacional 2023-2024*. Dirección General de Planeación, Programación y Estadística Educativa.

https://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/estadistica_e_indicadores/principales_cifras/principales_cifras_2023_2024_bolsillo.pdf

Shahmoradi, L., Almasi, S., Ghotbi, N. & Gholamzadeh, M. (2020). Learning promotion of physiotherapy in neurological diseases: Design and application of a virtual reality-based game. *Journal of Education and Health Promotion*, 9(1), 234.

- https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_736_19
- Shulman, L. S., (2005). Conocimiento y enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 9(2).
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56790202>
- Silva-Díaz, F., Carrillo-Rosúa, J. y Fernández-Plaza, J. A. (2019). *Propuesta didáctica. Realidad virtual y STEM (REVI-STEM). Guía de implementación.*
https://www.researchgate.net/publication/336149788_Propuesta_didactica_Realidad_Virtual_y_STEM_REVI-STEM_Guia_de_implementacion
- Silva-Díaz, F., Carrillo-Rosúa, J. y Fernández-Plaza, J. A. (2021). Uso de tecnologías inmersivas y su impacto en las actitudes científicas-matemáticas del estudiantado de educación secundaria obligatoria en un contexto en riesgo de exclusión social. *Educación*, 57(1), 119-138. <https://ddd.uab.cat/record/236206>
- Simon, R. A., Aulls, M. W., Dedic, H., Hubbard, K. & Hall, N. C. (2015). Exploring student persistence in STEM programs: A motivational model. *Canadian Journal of Education / Revue canadienne de l'éducation*, 38(1), 1–27.
<https://www.jstor.org/stable/canajeducrevucan.38.1.09?seq=1>
- Slater, M. (2009). Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical Transactions of the royal society B Biological Sciences*, 364(1535), 3549-57.
https://www.researchgate.net/publication/38062247_Place_Illusion_and_Plausibilit_y_Can_Lead_to_Realistic_Behaviour_in_Immersive_Virtual_Environments
- Sobocinski, M., Dever, D., Wiedbusch, M., Mubarak, F., Azevedo, R. & Järvelä, S. (2023). Capturing self-regulated learning processes in virtual reality: Causal sequencing of multimodal data. *British Journal of Educational Technology*, 55(4), 1486–1506.

- <https://doi.org/10.1111/bjet.13393>
- Sousa, R., Campanari, R. A. y Rodrigues, A. S. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Cordova*, 19(23), 223-241. <https://doi.org/10.21830/19006586.728>
- Stefani, G., Andrés, L. y Oanes, E. (2014). Transformaciones lúdicas. Un estudio preliminar sobre tipos de juego y espacios lúdicos. *Interdisciplinaria*, 31(1), 39-55. <https://www.redalyc.org/pdf/180/18031545003.pdf>
- Su, C.-H. & Cheng, C.-H. (2019). A sustainability innovation experiential learning model for virtual reality chemistry laboratory: An empirical study with PLS-SEM and IPMA. *Sustainability*, 11(4), 1027. <https://doi.org/10.3390/su11041027>
- Sunday, K., Oyelere, S. S., Agbo, F. J., Aliyu, M. B., Balogun, O. S. & Bouali, N. (2023). Usability evaluation of Imikode virtual reality game to facilitate learning of object-oriented programming. *Technology, Knowledge and Learning*, 28, 1871–1902. <https://doi.org/10.1007/s10758-022-09634-6>
- Syukur, A., Andono, P. N. & Syarif, A. M. (2024). Gamelan Land: A multiplayer virtual reality game based on a social presence approach. *Journal of Metaverse*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.57019/jmv.1334412>
- Tazouti, Y., Boulaknadel, S. & Fakhri, Y. (2020). A virtual reality serious game for language learning. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(1), 713–716. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/101912020>
- Thompson, M., Wang, A., Uz Bilgin, C., Anteneh, M., Roy, D., Tan, P., Eberhart, R., & Klopfer, E. (2020). Influence of virtual reality on high school students' conceptions of cells. *Journal of Universal Computer Science*, 26(8), 929–946. <https://doi.org/10.3897/jucs.2020.060>

- Tristán-López, A. (2008). Modificación al modelo de Lawshe para el dictamen cuantitativo de la validez de contenido de un instrumento objetivo. *Avances en Medición*, 6(1), 37–48. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2981185>
- Udeozor, C., Toyoda, R., Abegão, F. R. & Glassey, J. (2021). Perceptions of the use of virtual reality games for chemical engineering education and professional training. *Higher Education Pedagogies*, 6(1), 175–194. <https://doi.org/10.1080/23752696.2021.1951615>
- UNESCO. (2018). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>
- UNESCO. (2023a). *Informe de seguimiento de la educación en el mundo 2023: Tecnología en la educación. ¿Una herramienta en los términos de quién?* UNESCO. <https://doi.org/10.54676/JKLA7966>
- UNESCO. (2023b). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381560>
- Valenti, S., Lund, B. D. & Wang, T. (2020). Virtual reality as a tool for student orientation in distance education programs: A study of new library and information science students. *Information Technology and Libraries*, 39(2). <https://doi.org/10.6017/ital.v39i2.11937>
- Vallerand, R. J., Pelletier, L. G., Blais, M. R., Brière, N. M., Senécal, C. & Vallières, É. F. (1992). The Academic Motivation Scale: A measure of intrinsic, extrinsic, and amotivation in education. *Educational and Psychological Measurement*, 52(4), 1003–1017. <https://doi.org/10.1177/0013164492052004025>

- Wang, C.-M., Shao, C.-H. & Han, C.-E. (2022). Construction of a tangible VR-based interactive system for intergenerational learning. *Sustainability*, 14(10), 6067. <https://doi.org/10.3390/su14106067>
- Wegener, M., McIntyre, T. J., McGrath, D., Savage, C. M. & Williamson, M. (2012). Developing a virtual physics world. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(3), 504–522. <https://doi.org/10.14742/ajet.847>
- Werbach, K. & Hunter, D. (2012). *For the Win: How game thinking can revolutionize your business*. Wharton Digital Press. <https://fliphtml5.com/ndhs/wtqf/basic>
- White, J. E., Novak, R., Rarere-Briggs, B., Swit, C. S. & Lukosch, H. (2023). ‘Sensing’ learners through presence: Learning relational pedagogies for infants using virtual reality. *Video Journal of Education and Pedagogy*, 8(1), 1–19. <https://doi.org/10.1163/23644583-bja10043>
- Wright, P. N., Whitworth, M., Tibaldi, A., Bonali, F., Nomikou, P., Antoniou, V., Vitello, F., Becciani, U., Krokos, M. & Van Wyk de Vries, B. (2022). Student evaluations of using virtual reality to investigate natural hazard field sites. *Journal of Geography in Higher Education*, 47(2), 311–329. <https://doi.org/10.1080/03098265.2022.2045573>
- Wu, S.-H., Yang, Y.-Y., Huang, C.-C., Liu, C.-W., Yang, L.-Y., Chen, C.-H., Kao, S.-Y. & Lee, F.-Y. (2020). Virtual reality simulation increases Chinese physicians’ and lab technicians’ familiarity and confidence regarding proper clinical wastes segregation/disposal: A 2-year pilot study. *BMJ Simulation & Technology Enhanced Learning*, 19(7), 38-40. <https://doi.org/10.1136/bmjstel-2019-000554>
- Xiao, P.-W., Fan, K.-K., Xu, S. & Su, C.-H. (2017). A preliminary study on the learning satisfaction and effectiveness of VR weight training assisting learning system for

- beginners. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(9), 6231–6248. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01061a>
- Xu, Y. & Dai, Y. (2022). Immersive disaster training schema based on team role-playing. *Sustainability*, 14(19), 12551. <https://doi.org/10.3390/su141912551>

ANEXOS

Anexo 1

Tabla comparativa de visores HMD (2023)

Producto	Características	Pros	Contras	Precio aproximado en 2023
Oculus Quest	<ul style="list-style-type: none"> -Inalámbrico. -Pantalla OLED. -Resolución de pantalla: 1440 x 1600 por ojo. -Campo de visión 90 grados. -Seguimiento de movimiento 6DOF. 	<ul style="list-style-type: none"> -Configuración sencilla. -No se necesitan computadoras, ni consola. -Gran variedad de juegos y aplicaciones disponibles. -Se puede jugar sin cables. -No requiere sensores externos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Calidad de graficas promedio. -Se requiere de un celular para la configuración previa. -Acceso solo a contenido de la tienda Oculus. -Pesa aproximadamente 570 gramos. -Fuga de luces por la boquilla. 	<p>Ya no está disponible en la página oficial de Meta. Solo puede ser comprado usado (aproximadamente \$100.00 - \$150.00 dólares).</p>
Oculus Rift S	<ul style="list-style-type: none"> -Pantalla LCD. -Campo de visión de 115 grados. -Resolución de 2560 x 1440 Px. -Frecuencia de actualización de 80 Hz. -Peso de equipo de 500 G. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mejor calidad gráfica en comparación con Oculus Quest. -Gran variedad de juegos y aplicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> -Calidad gráfica promedio. -No se puede utilizar por computadoras o celulares simples. -Muy pesado. -Seguimiento de controlador menos eficiente. -No es inalámbrico. -Sin puerto HDMI. -No tiene auriculares integrados. 	<p>Ya no está disponible en la página oficial de Meta. Solo puede ser comprado usado (aproximadamente \$90.00 - \$140.00 dólares).</p>
Oculus Quest 2	<ul style="list-style-type: none"> -Pantallas LCD de cambio rápido. -Resolución de pantalla: 1832 x 1920 por ojo. -Seguimiento de movimiento 6DOF. -Frecuencia de actualización de 60, 72, 90 Hz admitida. -Almacenamiento de 128GB o 256GB. 	<ul style="list-style-type: none"> -Escala de resolución dinámica. -Mejoras en la calidad gráfica en comparación a Oculus anteriores. -No requiere sensores externos. -Controladores táctiles re-diseñados. -Audio integrado. -Gran variedad de juegos y aplicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> -Se requiere una aplicación para teléfono inteligente para su configuración. -Se requiere una cuenta de Facebook para usarlo. -Incomodidad por uso prolongado. -Muchos juegos solo están disponibles en la tienda de Oculus. 	<p>\$299.00 dólares (Precio actual en la página oficial de Meta).</p>

		-Se pueden jugar juegos de PC. -Correa suave -No se necesita una computadora.		
HTC Vive	-Conectado a una PC. -Pantallas OLED de 2160 x 1200. -Seguimiento de movimiento 6DOF con sensores externos. -Puede rastrear hasta 15 x 15 pies. -Pantalla de visualización doble AMOLED. -Resolución de pantalla 1080 x 1200 por ojo.	-Controladores precisos. -Gran variedad de juegos y aplicaciones. -Gráficos más suaves. -Calidad gráfica alta.	-Requiere una PC potente. -Configuración inicial más compleja. -Precio más alto. -Función de audio no incorporada. -Debe estar conectado a PC. -Tamaño grande y pesado. -Se necesita un espacio grande para su uso.	Ya no está disponible en la página oficial de Vive. Solo puede ser comprado usado (aproximadamente \$100.00 - \$170.00 dólares).
HTC Vive Pro 2	-Claridad 5k; resalta los detalles más finos con una resolución combinada de 4896 x 2448. -Amplio campo de visión de 120 grados; el ángulo aumentado se alinea mejor con los ojos humanos, lo que permite una experiencia de VR más natural. -Gráficos con una frecuencia de actualización de 120Hz.	-Comodidad visual en juegos -Excelentes gráficas. -Acceso a una amplia librería de juegos y aplicaciones.	-Suelen sobrecalentarse. -Muchos cables para su conexión. -Necesita una PC de gama alta.	\$1,399.00 dólares (Precio actual en la página oficial de Vive).

PlayStation VR	<ul style="list-style-type: none"> -Pantalla: OLED. -Tamaño de pantalla: 5,7 pulgadas. -Resolución 1920 x RGB x 1080. -Frecuencia de actualización: 120 Hz, 90 Hz. -Campo de visión: aprox. 100 grados. -Micrófono: Integrado. -Sensores: Acelerómetro, giroscopio. -Conexión: HDMI, USB. 	<ul style="list-style-type: none"> -Accesible y relativamente barato. -Rendimiento cercano a la calidad de una PC. -Diseño intrigante. -Buena selección de juegos. - Logra completar la sensación de VR. -Cómodo de utilizar. 	<ul style="list-style-type: none"> -Necesita experimentos de VR más arriesgados y ambiciosos. -No viene con los accesorios a menos que sea comprado con paquetes de edición limitada. -No es tan poderoso como el Rift o Vive. -Calidad de construcción regular. -La unidad procesadora debe desenchufarse para apagarse. -Su sistema de seguimiento de una sola cámara a veces se siente deficiente y es posible que tenga problemas cuando haya más actualizaciones. -Exclusivo para PS4 y PS5 con adaptador. 	<p>\$350.00 dólares (Precio actual en la página oficial de PlayStation).</p>
PlayStation VR2	<ul style="list-style-type: none"> -Pantalla: OLED. -Tamaño de pantalla: 5,7 pulgadas. -Resolución 1920 x RGB x 1080. -Frecuencia de actualización: 120 Hz, 90 Hz. -Campo de visión: aprox. 100 grados. -Micrófono: Integrado. -Sensores: Acelerómetro, giroscopio. -Conexión: HDMI, USB. 	<ul style="list-style-type: none"> -Excelente calidad de imagen -Configuración sencilla. -Experiencia cómoda en el juego. -Capacidad de respuesta nítida. -Mejora al ampliar la librería de aplicaciones y juegos a comparación de PS4. 	<ul style="list-style-type: none"> -Uso específico para PS5 -Uso de cable al equipo. -Caro (por la necesidad de tener que comprar el equipo PS5). -Imágenes fantasma ocasionales. -Pobre duración de batería en los controles. -Misma calidad de especificaciones comparándolo con el PS4. 	<p>\$549.00 dólares (Precio actual en la página oficial de PlayStation).</p>

Valve Index	-Pantalla LCD doble de 1440 x 1600, RGB completo por pixel, retroiluminación global de persistencia ultrabaja. -Ajuste ergonómico; tamaño de cabeza, distancia entre los ojos, posiciones de los altavoces. -Distancia interpupilar; ajuste físico de rango 58 mm - 70 mm. -Óptica; elemento doble, diseño de lente inclinada.	-Tiene un campo de visualización más amplio que la mayoría de los equipos VR. -Controles cómodos y con buen rastreo. -Gran selección de juegos y aplicaciones.	-Requiere un procesador de gráficas de gama alta. -Requiere una PC compatible con Valve Index. -Su precio es elevado en comparación a otros equipos VR. -Uso de cable al equipo.	\$999.00 dólares (Precio actual en la página oficial de Steam).
Google Cardboard	-Cartulina; hoja corrugada, preferible E Flute. -Tamaño mínimo; 8,75 pulgadas (22 cm) por 22 pulgadas (56 cm) y 0,06 pulgadas (1,5 mm) de grosor.	-Fácil de utilizar. -Portátil. -Diversión a bajo costo. -Es una buena forma para introducir a una persona al mundo del VR. -Amplia variedad de aplicaciones para utilizar en el celular.	-La calidad no es la mejor. -Funcionalidad limitada.	\$8.95.00 - \$39.95.00 dólares (Precio actual en la página oficial de Google).

Nota. Elaboración con base en Raja (2021), la descripción de desarrolladores e investigación propia sobre las tecnologías.

Anexo 2

Tabla de especificaciones para el desarrollo de la prueba.

CIENCIAS				
Tema	Foco evaluativo	Nivel cognitivo	Tipo de ítem	Número de ítem
Sistema solar	El estudiante es capaz de identificar la composición del sistema solar.	Recordar	Opción Múltiple	1

	El estudiante es capaz de recordar la ubicación de los planetas en el sistema solar en función de su distancia al Sol.	Recordar	Opción Múltiple	2
	El estudiante es capaz de definir qué es un cuerpo celeste.	Comprender	Opción Múltiple	3
	El estudiante es capaz de inferir la diferencia entre los planetas terrestres y gigantes.	Comprender	Opción Múltiple	4
Seres vivos	El estudiante es capaz de identificar los reinos que pertenecen al dominio de los seres vivos y excluir aquellos que no corresponden.	Recordar	Opción Múltiple	5
	El estudiante es capaz de identificar entre características propias de seres vivos y procesos no asociados a la vida.	Recordar	Opción Múltiple	6
	El estudiante es capaz de clasificar los seres vivos según su estructura ósea en vertebrados e invertebrados.	Comprender	Opción Múltiple	7
	El estudiante es capaz de definir las características propias de los seres vivos.	Comprender	Opción Múltiple	8
La célula	El estudiante es capaz de identificar a la célula como la unidad básica de la vida y distinguirla entre otras estructuras biológicas más grandes o más pequeñas.	Recordar	Opción Múltiple	9
	El estudiante es capaz de identificar la ubicación de las partes de la célula (núcleo, nucleolos, citoplasma, mitocondrias, aparato de Golgi, ribosomas, centriolo).	Recordar	Opción Múltiple	10
	El estudiante es capaz de interpretar posibles causas y efectos de cambios en la actividad celular, con base en el conocimiento de las funciones de los componentes de la célula (núcleo, nucleolos, citoplasma, mitocondrias, aparato de Golgi, ribosomas, centriolo).	Comprender	Opción Múltiple	11
		Comprender	Opción Múltiple	12

TECNOLOGÍA

Tema	Indicador	Nivel Cognitivo	Tipo de ítem	Número de ítem
------	-----------	--------------------	-----------------	-------------------

Sostenibilidad - Reciclaje	El estudiante reconoce el sistema de clasificación de residuos por colores (amarillo para latas y plástico; azul para cartón y papel; verde para vidrios).	Recordar	Opción Múltiple	13
	El estudiante es capaz de identificar correctamente los materiales reciclables según el contenedor al que corresponden (amarillo para latas y plástico; azul para cartón y papel; verde para vidrios).	Recordar	Opción Múltiple	14
	El estudiante puede ejemplificar cómo los materiales reciclados pueden reutilizarse para crear nuevos productos.	Comprender	Opción Múltiple	15
		Comprender	Opción Múltiple	16
Objetivos de Fabricación	El estudiante es capaz de identificar la funcionalidad de diversos artículos.	Recordar	Opción Múltiple	17
	El estudiante reconoce los principales objetivos de fabricación de la industria.	Recordar	Opción Múltiple	18
	El estudiante es capaz de ejemplificar la funcionalidad de productos de comunicación, hogar u ocio.	Comprender	Opción Múltiple	19
	El estudiante es capaz de clasificar artículos según su funcionalidad (ocio, hogar y comunicación).	Comprender	Opción Múltiple	20
Componentes de un ordenador	El estudiante es capaz de localizar la ubicación de los componentes dentro de una computadora (CPU, disipador, fuente de alimentación, tarjeta gráfica, disco duro, memoria RAM).	Recordar	Multi ítem de Opción Múltiple (2 ítems)	21 y 22
	El estudiante comprende la función de los componentes internos de una computadora (CPU, disipador, fuente de alimentación, tarjeta gráfica, disco duro, memoria RAM).	Comprender	Opción Múltiple	23
		Comprender	Opción Múltiple	24

INGENIERÍA

Tema	Indicador	Nivel cognitivo	Tipo de ítem	Número de ítem
------	-----------	--------------------	-----------------	-------------------

Expresión gráfica de las escalas	El estudiante es capaz de recordar el concepto general de ingeniería.	Recordar	Opción Múltiple	25
	El estudiante reconoce las características del proceso gráfico para el diseño de ingeniería (boceto, croquis y planos).	Recordar	Opción Múltiple	26
	El estudiante es capaz de inferir la escala utilizada en la ampliación o reducción de una figura.	Comprender	Opción Múltiple	27
	El estudiante puede interpretar la escala de un plano (2:1, 1:2, 1:1).	Comprender	Opción Múltiple	28
Estructura y mecanismo de las fuerzas	El estudiante es capaz de identificar las fuerzas que sostienen un puente (tracción, compresión, flexión, torsión y cortante).	Recordar	Opción Múltiple	29
	El estudiante identifica el tipo de fuerza que actúa en una estructura (tracción, compresión, flexión, torsión y cortante).	Recordar	Opción Múltiple	30
	El estudiante comprende los conceptos de las estructuras y mecanismos de las fuerzas (tracción, compresión, flexión, torsión y cortante).	Comprender	Opción Múltiple	31
	El estudiante es capaz de diferenciar entre cargas fijas y variables.	Comprender	Opción Múltiple	32
Circuito eléctrico	El estudiante reconoce las partes de un circuito eléctrico.	Recordar Recordar	Multi ítem de Opción Múltiple (2 ítems)	33 y 34
	El estudiante comprende que la corriente eléctrica en un material se debe al desplazamiento de electrones, que son partículas con carga negativa.	Comprender	Opción Múltiple	35
	El estudiante comprende las fuerzas de atracción y repulsión que operan entre las cargas eléctricas dentro de un átomo.	Comprender	Opción Múltiple	36

MATEMÁTICAS

Tema	Indicador	Nivel Cognitivo	Tipo de ítem	Número de ítem
Números naturales	El estudiante reconoce la naturaleza del número pi.	Recordar	Opción Múltiple	37
	El estudiante identifica los números naturales.	Recordar	Opción Múltiple	38
	El estudiante comprende la relación entre múltiplos y divisores.	Comprender	Opción Múltiple	39
	El estudiante resuelve problemas y razonamiento matemático para calcular diferencias de edad en un contexto real.	Comprender	Opción Múltiple	40
Tipos de triángulos	El estudiante es capaz de identificar triángulos en función de la igualdad o desigualdad de la longitud de sus lados.	Recordar	Opción Múltiple	41
	El estudiante es capaz de identificar triángulos con base en las medidas de sus ángulos.	Recordar	Opción Múltiple	42
	El estudiante comprende las propiedades específicas que definen a los triángulos según sus lados (equiláteros, isósceles o escalenos).	Comprender	Opción Múltiple	43
	El estudiante comprende las propiedades específicas que definen los triángulos según sus ángulos (acutángulos, rectángulos y obtusángulos).	Comprender	Opción Múltiple	44
Poliedros	El estudiante identifica y reconoce la importancia de la época alrededor del 569 a.C. en Grecia para el desarrollo de las matemáticas y los matemáticos influyentes como Pitágoras y Aristóteles.	Recordar	Opción Múltiple	45
	El estudiante reconoce los poliedros regulares.	Comprender	Opción Múltiple	46
	El estudiante comprende las características de los poliedros regulares.	Comprender	Opción Múltiple	47
		Recordar	Opción Múltiple	48

Nota: Elaboración propia.

Anexo 3

Ejemplo del formato utilizado para la validación de contenido de la prueba de conocimientos STEM.

Sección	Ítem	Correspondencia de ítem con su respectiva especificación						Corrección conceptual			Penalización injusta					
		¿El ítem presenta todos los elementos especificados?			¿El ítem presenta los elementos de la manera en que fueron especificados en la tabla de especificaciones?			¿El ítem está libre de errores conceptuales?			¿El ítem pone en ventaja a examinados de cierto nivel socioeconómico o cultural?			¿El ítem pone en ventaja a los examinados de algún género?		
		Sí	No	Observación	Sí	No	Observaciones	Sí	No	Observaciones	Sí	No	Observaciones	Sí	No	Observaciones
Ciencias	Ítem 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	Ítem 17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Anexo 4

Prueba de conocimientos STEM.

CIENCIAS

1. ¿Cuáles son los componentes principales del sistema solar?

- Estrellas, galaxias, constelaciones y nebulosas.
- Planetas, satélites, asteroides y cometas.
- Sol, lunas, agujeros negros y meteoritos.

2. ¿Cuál de los siguientes planetas está más lejos del Sol?

- Marte
- Urano

- c) Venus

3. ¿Por qué un planeta es considerado un cuerpo celeste?

- a) Porque emite luz propia y puede observarse desde la Tierra.
- b) Porque es un objeto natural en el espacio con una estructura física definida.
- c) Porque es una agrupación de partículas que se forma en el espacio exterior.

4. ¿Cuál es una de las principales diferencias entre los planetas terrestres y los planetas gigantes?

- a) Los planetas terrestres son más grandes y están compuestos de gases, mientras que los planetas gigantes son más pequeños y están compuestos de roca.
- b) Los planetas terrestres tienen atmósferas gruesas y se ubican más allá del cinturón de asteroides, mientras que los planetas gigantes tienen atmósferas delgadas y están más cerca del Sol.
- c) Los planetas terrestres tienen superficies rocosas y están más cerca del Sol, mientras que los planetas gigantes están compuestos principalmente de gases y se encuentran más lejos del Sol.

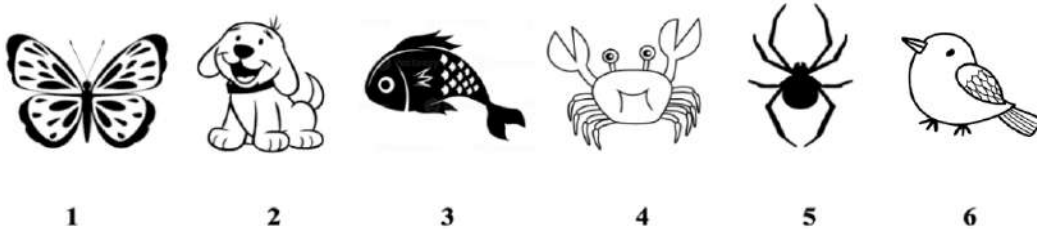
5. ¿Cuál de las siguientes opciones NO pertenece a los reinos del dominio de los seres vivos?

- a) Hongos
- b) Minerales
- c) Plantas

6. ¿Cuál es una característica propia y fundamental de los seres vivos?

- a) Erosión
- b) Excreción
- c) Oxidación

7. Observa las siguientes imágenes y selecciona los tres animales que son invertebrados.



- a) 1, 4 y 5
- b) 1, 5 y 6
- c) 2, 3 y 4

8. ¿Cuál de las siguientes opciones muestra la relación correcta entre las características de los seres vivos y su definición?

- 1. *Movimiento*
- 2. *Sensibilidad*
- 3. *Reproducción*
- 4. *Crecimiento*

A. Habilidad de un organismo para detectar y responder a estímulos del entorno.

B. Proceso biológico mediante el cual los organismos producen nuevos individuos.

C. Capacidad de un organismo para cambiar su posición o lugar.

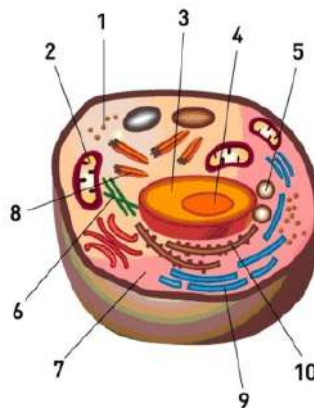
D. El aumento en tamaño, masa o número de células en un organismo.

- a) 1A, 2C, 3B, 4D
- b) 1C, 2A, 3B, 4D
- c) 1D, 2A, 3C, 4B

9. ¿Cuál de las siguientes estructuras es considerada la unidad básica de la vida?

- a) Célula
- b) Núcleo
- c) Órgano

10. Observa la imagen que se muestra a continuación y selecciona el nombre de la parte de la célula señalada con el número 4.



- a) Centriolo
- b) Núcleo

c) Nucleolos

11. Si un científico observa una célula bajo el microscopio y nota que la energía celular es baja. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones podría explicar mejor este fenómeno?

- a) El núcleo podría estar dañado.
- b) Las mitocondrias podrían estar funcionando ineficientemente.
- c) Los ribosomas podrían estar produciendo pocas proteínas.

12. ¿Qué le pasaría a una célula si le extraen el núcleo?

- a) Detendría todas las actividades reguladas por el ADN.
- b) Perdería la capacidad de dividirse correctamente.
- c) Permitiría una mayor producción de esporas.

TECNOLOGÍA

13. Según el sistema de clasificación de residuos por colores, ¿dónde se deben depositar las latas y plásticos para su reciclaje?

- a) En el contenedor amarillo.
- b) En el contenedor azul.
- c) En el contenedor verde.

14. Observa las imágenes de los productos que se muestran a continuación e identifica cuáles son los residuos que deberían depositarse en el contenedor azul.



- a) Botella de agua de plástico y Tarro de vidrio.
- b) Cubeta roja y Lata de refresco.
- c) Revista y Caja de Cereales.

15. ¿Qué producto se puede obtener directamente del reciclaje de cajas de cereal?

- a) Fundas de almohada.
- b) Papel para escribir.
- c) Platos desechables.

16. ¿Qué uso innovador se le puede dar a los botes de leche de plástico reciclados?

- a) Creación de productos médicos.
- b) Elaboración de papel higiénico.
- c) Fabricación de hilos para ropa.

17. ¿Cuál es la principal funcionalidad de los celulares?

- a) Comunicación
- b) Diversión
- c) Entretenimiento

18. ¿En la industria cuál es un objetivo de la fabricación de productos?

- a) Asegurar la compatibilidad con otras tecnologías.
- b) Maximizar el uso de recursos no renovables.
- c) Mejorar la calidad de vida de las personas.

19. De los siguientes ejemplos, ¿para qué puede servir el microondas?

- a) Calentar una taza de chocolate.
- b) Hacer papas fritas.
- c) Preparar un bistec de carne.

20 A continuación se presentan imágenes de artículos que fueron clasificados en tres grupos según su funcionalidad principal: comunicación, ocio y hogar. Sin embargo, uno de estos grupos incluye un artículo que **NO** corresponde a la categoría correcta.

**GRUPO 1
COMUNICACIÓN**



**GRUPO 2
OCIO**



**GRUPO 3
HOGAR**



¿Qué grupo incluye un artículo clasificado incorrectamente según su funcionalidad principal?

- a) Grupo 1
- b) Grupo 2
- c) Grupo 3

Observa la imagen que se presenta a continuación y responde lo que se solicita en las preguntas 21 y 22.



21. ¿En qué lugar se ubica la fuente de alimentación?

- a) 1
- b) 3
- c) 5

22. ¿En qué lugar se ubica la memoria RAM?

- a) 2
- b) 8
- c) 11

23. ¿Qué función realiza la tarjeta gráfica al CPU en una computadora cuando estás viendo un video?

- a) Controla el flujo de datos entre la CPU y la memoria RAM.
- b) Maneja las conexiones de red y la velocidad del internet.
- c) Procesa y muestra las imágenes en la pantalla.

24. Estás ejecutando varios programas simultáneamente en tu computadora, incluyendo un editor de video, un navegador web y un reproductor de música, ¿en qué ayuda la memoria RAM al rendimiento de tu computadora en esta situación?

- a) Mejora la calidad gráfica y de sonido, optimizando el rendimiento visual y auditivo al usar múltiples aplicaciones.
- b) Permite que los programas funcionen de manera fluida, manteniendo los datos accesibles para el CPU de forma rápida y eficiente.
- c) Mantiene la temperatura del sistema estable cuando se ejecutan varios programas al mismo tiempo.

INGENIERÍA

25. ¿Qué es la ingeniería?

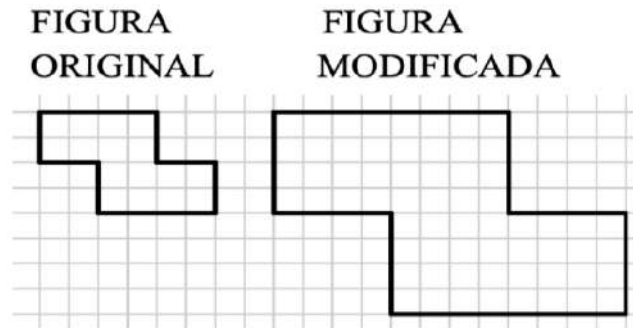
- a) El análisis de datos para desarrollar teorías sobre fenómenos naturales.
- b) El estudio de materiales para entender sus propiedades y usos.
- c) La aplicación de habilidades humanas para el desarrollo de procesos y construcciones.

26. ¿Cuál de las siguientes opciones corresponde al orden correcto del proceso gráfico en el diseño de la ingeniería?

- a) Boceto, croquis y planos.
- b) Croquis, planos y boceto.
- c) Planos, boceto y croquis.

27. Analiza las siguientes figuras y selecciona la opción que representa la escala que se aplicó a la figura modificada.

- a) 1:2
- b) 2:1
- c) 4:2



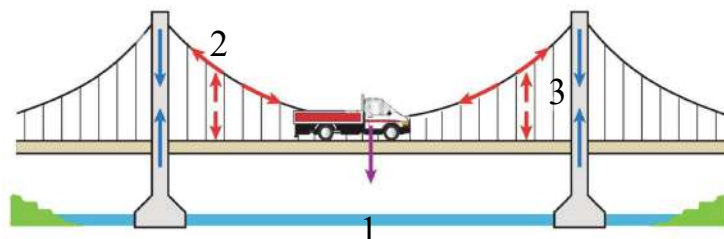
28. Si en un plano la escala es 1:2, ¿qué significa esto respecto a las dimensiones reales del objeto representado?

- a) Que las medidas del plano están al doble que las medidas reales.
- b) Que no hay una escala aplicada.
- c) Que las medidas del plano están a la mitad que las medidas reales.

29. ¿Cuáles son los dos tipos de fuerzas que son fundamentales para sostener un puente?

- a) Energía cinética y energía potencial
- b) Fricción y tensión
- c) Tracción y compresión

30. Observa la imagen que se presenta a continuación y responde lo que se solicita.



¿Qué tipo de fuerza representa la flecha numerada con el “1”?

- a) Compresión
- b) Flexión
- c) Torsión

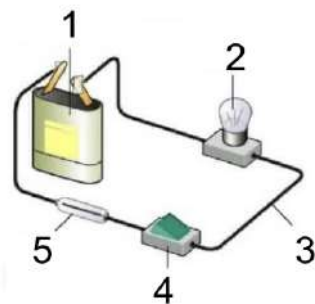
31. Cuando giras la tapa de un frasco, ¿qué tipo de fuerza aplicas?

- a) Flexión
- b) Torsión
- c) Tracción

32. ¿Cuál es la principal diferencia entre una carga fija y una carga variable en estructuras como puentes?

- a) Una carga fija permanece constante y una carga variable puede cambiar con factores como el tráfico o el viento sobre el puente.
- b) Una carga fija se refiere al peso de los materiales de construcción del puente y una carga variable se refiere a la fuerza del viento.
- c) Una carga fija solo se considera en el diseño de puentes de concreto, mientras que una carga variable se considera en puentes de acero.

La siguiente imagen muestra las partes que conforman un circuito eléctrico. Analízala para responder las preguntas 33 y 34.



33. ¿Cómo se llama la parte representada con el número 1?

- a) Conductor
- b) Generador
- c) Receptor

34. ¿Cómo se llama la parte representada con el número 3?

- a) Conductor
- b) Generador
- c) Interruptor

35. ¿Qué causa la corriente eléctrica en un material?

- a) Electrones moviéndose
- b) Neutrones girando
- c) Protones moviéndose

36. ¿Qué fuerzas actúan entre cargas en un átomo?

- a) Atracción y repulsión
- b) Fricción y tensión
- c) Magnética y gravitacional

MATEMÁTICAS

37. ¿Qué es pi?

- a) Un número decimal que se emplea para medir ángulos en geometría.
- b) Un número irracional que relaciona la circunferencia y el diámetro de un círculo.

- c) Un número racional que se utiliza para medir la longitud de una línea recta.

38. Selecciona la opción que presenta un número natural.

- a) -1.5
- b) 11
- c) $\frac{2}{3}$

39. Si 24 es múltiplo de 8, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?

- a) 24 es divisor de 8.
- b) 24 se puede dividir exactamente entre 8.
- c) 8 se puede dividir exactamente entre 24.

40. Si Juan tiene 10 años y su mamá 38, ¿cuántos años tendrá la mamá cuando Juan tenga 24 años?

- a) 46 años
- b) 48 años
- c) 52 años

41. Si todos los lados de un triángulo tienen diferentes longitudes, ¿qué tipo de triángulo es?

- a) Equilátero
- b) Escaleno
- c) Isósceles

42. Si un triángulo tiene un ángulo de más de 90 grados, ¿qué tipo de triángulo es?

- a) Isósceles
- b) Obtusángulo
- c) Rectángulo

43. En un parque, hay una estructura de escalada para niños con forma de triángulo.

Observa la siguiente imagen y determina, ¿a qué tipo de triángulo corresponde la forma de la estructura?



- a) Equilátero
- b) Escaleno
- c) Isósceles

44. ¿Cuál de los siguientes triángulos es un acutángulo?

a)



c)



b)

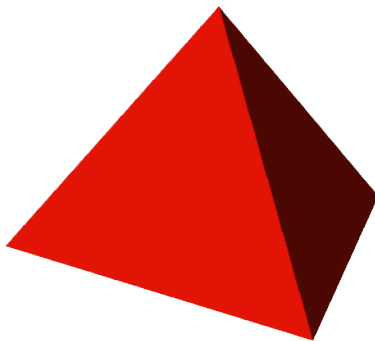


45. ¿Qué caracteriza la importancia de Grecia en el año 569 a.C. para el desarrollo de las matemáticas?

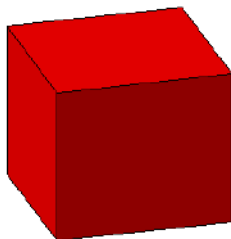
- a) La consolidación de las matemáticas como ciencia, influenciada por Pitágoras.
- b) La creación de los fundamentos numéricos aplicados en arquitectura.
- c) La introducción de conceptos algebraicos avanzados, documentados hasta siglos después.

46. Observa la imagen e identifica, ¿qué tipo de figura es?

- a) Poliedro
- b) Polígono
- c) Prisma triangular



47. ¿Cuáles son las características del siguiente cuerpo geométrico?



- a) Tiene 4 caras, 8 aristas y 6 vértices
- b) Tiene 6 caras, 12 aristas y 8 vértices
- c) Tiene 8 caras, 6 aristas y 12 vértices

48. A la intersección lineal entre dos caras adyacentes del poliedro se le conoce como:

- a) Ángulo
- b) Arista
- c) Vértice

Anexo 5

Formato para la validación de contenido por juicio de expertos.

SUBDIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEM	RELEVANCIA	OBSERVACIONES	CLARIDAD	OBSERVACIONES	COHERENCIA	OBSERVACIONES	SUFICIENCIA	OBSERVACIONES
DIMENSIÓN: MOTIVACIÓN INTRÍNSECA										
Interés	Grado de interés del estudiante en aprender temas STEM.	1. Me gusta investigar por mi cuenta, fuera del horario de clase, sobre temas relacionados con ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.	-		-		-			
		2. Con frecuencia busco videos, pódcast o documentales relacionados con ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.	-		-		-			
		3. Me interesa aprender sobre ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.	-		-		-			
Disfrute	Grado disfrute que experimenta el estudiante durante las actividades y proyectos de STEM.	4. Disfruto realizar experimentos de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.	-		-		-			
		5. Me gusta trabajar en proyectos STEM, como ferias de ciencias, competencias de matemáticas, creación de robots o programación.	-		-		-			
		6. Me siento feliz cuando tenemos clases en el aula STEM.	-		-		-			
Satisfacción personal	Grado de satisfacción que siente el estudiante por sus logros obtenidos en las áreas de STEM.	7. Me siento orgulloso por los resultados de mis proyectos realizados en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.	-		-		-			
		8. Siento satisfacción cuando entiendo los conceptos o actividades de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.	-		-		-			
		9. Me siento contento cuando puedo aplicar lo que aprendo en ciencias, tecnología, ingeniería o matemáticas con mi vida diaria.	-		-		-			
DIMENSIÓN: MOTIVACIÓN EXTRÍNSECA										
Recompensas tangibles	Grado de valoración que le da el estudiante a recompensas tangibles por su desempeño en áreas STEM.	10. Para mí es importante obtener calificaciones altas en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.	-		-		-			
		11. Me esfuerzo mucho para obtener premios o reconocimientos por mi desempeño en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.	-		-		-			
		12. Los incentivos materiales me motivan a esforzarme más en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas.	-		-		-			
Reconocimiento social	Grado de valoración que le otorga el estudiante al reconocimiento social que recibe por su desempeño en STEM.	13. Me gustaría que mis amigos me pidan ayuda para resolver sus actividades de ciencias, tecnología, ingeniería o matemáticas.	-		-		-			
		14. Me gustaría recibir felicitaciones de mis profesores o de mi familia por mi desempeño en ciencias, tecnología, ingeniería o matemáticas.	-		-		-			
		15. Me gustaría ser reconocido/a en redes sociales por subir contenido relacionado con ciencias, tecnología, ingeniería o matemáticas.	-		-		-			
Oportunidades profesionales	Grado de importancia que le da el estudiante al aprendizaje de áreas STEM para mejorar sus oportunidades laborales.	16. Voy a estudiar una carrera universitaria que se relacione con ciencias, tecnología, ingeniería o matemáticas.	-		-		-			
		17. Sé que aprender ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas me ayudará a tener un mejor empleo en el futuro.	-		-		-			
		18. Me importa aprender ciencias, tecnología, ingeniería o matemáticas, porque quiero tener éxito en mi carrera profesional.	-		-		-			

Anexo 6

Cambios realizados por ítems realizados a la Escala de Motivación STEM como parte de la validación de contenido.

Número de ítem	Aiken	Tristán	Cambios hechos
Ítem 2	0.8148	1	Se hicieron cambios en la claridad del enunciado.
Ítem 3	0.8148	0.8888	Se realizaron modificaciones en la claridad del enunciado y se evitaron redundancias.
Ítem 4	0.8148	0.8888	Se ajustó la claridad del ítem al especificar el contexto en el que los experimentos son realizados.
Ítem 6	0.8148	0.8888	Se ajustó la redacción para no limitarse a “aulas STEM” y agregar “aulas de computación” o “laboratorio de ciencias”.
Ítem 7	0.9259	1	Se hicieron modificaciones en la coherencia del ítem para precisar el enunciado sobre logros en proyectos STEM.
Ítem 12	0.8518	0.8888	Se realizaron ajustes en la claridad del ítem y se especificó la “posibilidad de ganar becas o dinero”, en lugar de incentivos materiales generales”.
Ítem 13	0.7037	0.787	Se modificó la claridad del ítem y se cambió la conjugación del verbo para que refleje una acción actual en lugar de una posibilidad futura.
Ítem 14	0.7407	0.787	Se hicieron modificaciones en la claridad del ítem, dividiéndolo en dos para diferenciar el reconocimiento recibido por profesores y el otorgado por la familia.
Ítem 16	0.8148	0.787	Se realizaron cambios en la claridad del ítem y se añadió la opción de “crear contenido” además de “subir contenido” en redes sociales.
Ítem 18	0.8148	0.787	Se ajustó la claridad del ítem y se sustituyó el “me importa” por “aprender me será de utilidad”, para mayor precisión en la redacción.

Anexo 7

Guía práctica para seleccionar un juego en VR con fines educativos.

Guía práctica para seleccionar juegos educativos en VR en educación secundaria

Propósito

Orientar a docentes e investigadores en la selección de juegos educativos en VR con potencial educativo.

Paso 1. Verificar compatibilidad y acceso

Antes de elegir cualquier juego educativo en VR:

- Prioriza juegos **en español**.
- Evalúa la **viabilidad económica** de su implementación (considera disponibilidad o costo del equipo VR y del software).
- Verifica que el espacio disponible **cumpla con los requerimientos físicos** que demanda el juego.
- Verifica que el juego este diseñado para atender los **contenidos temáticos** que interesan enseñar.

Nota: Si el juego no cumple con alguno de los requisitos de esta dimensión, no es viable continuar con su selección.

Paso 2. Evaluar la adecuación al público objetivo

- Revisa que **el lenguaje** sea comprensible para los estudiantes.
- Verifica que sea adecuado para la edad y las características de los estudiantes.
- Asegúrate de que el juego esté **alineado al currículo** y al nivel educativo del grupo.

- Analiza que exista un **equilibrio adecuado en la dificultad de los retos** que se presentan en el juego.

Nota. Los juegos más efectivos son aquellos que equilibran reto, comprensión y pertinencia cultural.

Paso 3. Comprobar la usabilidad

- Evalúa si el juego puede utilizarse **sin conocimientos técnicos avanzados**.
- Observa si la **interfaz es clara e intuitiva** (botones, menús, indicaciones).
- Asegúrate de que el sistema **responda con fluidez** y no presente errores frecuentes.

Nota. Una buena usabilidad permite que los estudiantes se concentren en aprender, no en operar el sistema.

Paso 4. Evaluar la pedagogía y didáctica

- Confirma que el **propósito educativo** del juego esté alineado con los objetivos de aprendizaje.
- Valora si ofrece **retroalimentación inmediata** sobre el desempeño del usuario.
- Si no cuenta con una guía didáctica, **planifica una estrategia pedagógica** para su uso.
- Analiza las **habilidades cognitivas o motrices** que fomenta y su correspondencia con los fines del curso.

Nota. Un juego con intención pedagógica clara puede convertirse en una experiencia de aprendizaje significativa.

Paso 5. Analizar la calidad del juego

- Examina si el juego tiene una **estructura lúdica y elementos del juego**: reglas, niveles, misiones y tiempos definidos.
- Evalúa la **calidad visual y sonora**, considerando su realismo.

- Consulta **reseñas o experiencias previas** sobre el juego para validar su efectividad.

Nota. Los estudiantes valoran la calidad visual y el realismo; un entorno atractivo favorece el compromiso.

Paso 6. Revisar la experiencia en VR

- Verifica que el juego aproveche los **tres pilares de la VR**: realismo, implicación e interactividad.
- Comprueba que el contenido se presente mediante **visualización tridimensional, manipulación directa y exploración profunda del contenido**.
- Asegúrate de que los **elementos visuales y auditivos** refuercen la sensación de realismo.

Nota. La experiencia inmersiva debe generar una conexión emocional y cognitiva con el contenido.