

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas e Informática

Tesis

**Videojuego Future-Machine en el entrenamiento de  
habilidades espaciales con soporte para las plataformas  
de realidad virtual Oculus Rift y computadoras  
personales**

Diego Alejandro Fernández Rivera

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Sistemas e Informática

Huancayo, 2019

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, debo agradecer a Dios todopoderoso, quien dio su vida por mí y resucitó, y me permitió llegar hasta aquí, me brindó sus fuerzas y energías que hicieron que pueda completar esta tesis. Reconozco que sin su misericordia, protección y paz nada hubiera sido posible. Así mismo, agradezco mucho a mi madre, quien gracias a ella pude estudiar en la universidad.

También agradezco a la Universidad Continental y a sus docentes, y especialmente a la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, por brindarme sus conocimientos todos estos años, el espacio donde pude trabajar y realizar las pruebas, y por facilitarme los equipos que necesitaba. Así como al área de registros académicos y al área de Cepre, por su apoyo y comprensión al momento de realizar las pruebas.

Quiero también expresar mis agradecimientos a mi asesor, el ingeniero Pedro Yuri Márquez Solís, por su apoyo sincero y guía en el desarrollo de esta tesis. Quiero destacar su amabilidad, comprensión, paciencia, disponibilidad y atención cuando más lo necesitaba, que facilitaron el desarrollo de la tesis, y esta pueda tener beneficios a nivel científico, así como también a nivel personal.

Finalmente, quiero agradecer a mis amigos y mi familia, por su inigualable comprensión y apoyo, que cuando lo necesitaba no dudaron en darme una mano, y tratar de brindarme su esfuerzo, tiempo y conocimientos.

**El Autor**

### **DEDICATORIA**

A Dios que me da esperanzas, luz y paz, a la Universidad que me brinda la oportunidad de convertirme en profesional, a mi madre Elena Rivera y a mi abuelita Rosalía Ponce por su gran amor.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO .....	II
DEDICATORIA.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVII
RESUMEN .....	XX
ABSTRACT .....	XXI
INTRODUCCIÓN .....	XXII
CAPÍTULO I .....	24
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	24
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	24
1.1.1. Planteamiento del problema .....	24
1.2. Formulación del problema .....	33
1.2.1. Problema general .....	33
1.2.2. Problemas Específicos .....	33
1.3. Objetivos .....	34
1.3.1. Objetivo general .....	34
1.3.2. Objetivos específicos .....	34
1.4. Justificación de la investigación .....	34
1.4.1. Justificación teórica .....	34
1.4.2. Justificación económica .....	34
1.4.3. Justificación práctica .....	34
CAPÍTULO II .....	36
MARCO TEÓRICO .....	36
2.1. Antecedentes del problema .....	36
2.2. Bases teóricas .....	41
2.2.1. Videojuego .....	41
2.2.1.1. Definición .....	41
2.2.1.2. Psicología en los videojuegos .....	43
2.2.1.3. Aspectos sociales .....	52
2.2.1.4. Género de videojuegos: .....	53
2.2.1.5. Roles en el desarrollo de videojuegos .....	55
2.2.1.6. Diseño .....	56
2.2.1.7. Desarrollo .....	79
2.2.1.8. Motor de videojuego ( <i>Game engine</i> ) .....	89
2.2.2. Habilidades espaciales .....	94

2.2.2.1. Definición	94
2.2.2.2. Comportamientos espaciales	94
2.2.2.3. Pensamiento Espacial ( <i>Spatial Thinking</i> )	95
2.2.2.4. Tipos o componentes:	96
2.2.2.5. La importancia de las habilidades de pensamiento espacial	99
2.2.2.6. Pensamiento espacial, áreas STEM y arte	99
2.2.2.7. Mediciones	100
2.2.3. Realidad Virtual	104
2.2.3.1. Definición	104
2.2.3.2. Inmersión	105
2.2.3.3. Inmersión en realidad virtual	105
2.2.3.4. <i>Head Mounted Display</i> (HMD)	106
2.2.3.5. <i>CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)</i>	106
2.2.3.6. Componentes técnicos de realidad virtual	107
2.2.3.7. Grados de libertad (DOF)	108
2.2.3.8. <i>Head Tracking</i>	108
2.2.3.9. <i>Inside-out tracking</i>	109
2.2.3.10. Controles	109
2.2.3.11. Retroalimentación <i>haptic</i>	110
2.2.3.12. Mareo por movimiento	110
2.2.3.13. Comparativa entre plataformas de RV	110
2.2.3.14. Videos 360	111
2.2.3.15. Aplicaciones de realidad virtual	111
2.2.3.16. Las tres ilusiones	112
2.2.4. Plataformas	114
2.2.4.1. Computadora personal	114
2.2.4.2. <i>Oculus Rift</i>	114
2.3. Criterios de Calidad de <i>Software</i>	118
2.3.1. Modelo de calidad en uso	118
2.3.2. Modelo de calidad de la experiencia de uso basado en la jugabilidad	119
2.3.3. Efectividad	120
2.3.4. Eficiencia	121
2.3.5. Satisfacción	122
2.3.6. Seguridad o libertad de riesgos	123
2.3.7. Flexibilidad o cobertura de contexto	124
2.4. Definición de Términos Básicos	125
2.4.1. Mecánica de juego	125
2.4.2. Dinámica de juego	125
2.4.3. Flujo	125
2.4.4. Compromiso ( <i>engagement</i> )	125

2.4.5. Inmersión	126
2.4.6. Ergonomía	126
2.4.7. Proceso de diseño iterativo	126
2.4.8. Balance	126
2.4.9. Uso intuitivo	126
2.4.10. Contingencia sensoriomotora	127
2.4.11. <i>Frame Rate</i>	127
2.4.12. <i>Ambisonics</i>	127
2.4.13. <i>3D Audio Spatialization</i>	127
2.4.14. <i>Single Pass Stereo rendering</i>	128
2.4.15. <i>Single Pass Instanced rendering</i>	128
2.4.16. HUD ( <i>Heads-Up Display</i> )	128
2.4.17. Interfaz diegética	128
2.4.18. <i>GameObject</i>	128
2.4.19. <i>Scriptable Objects</i>	129
2.4.20. Patrón de diseño " <i>Object Pool</i> "	129
2.4.21. <i>Unity Analytics</i>	129
2.4.22. <i>PlayFab</i>	129
METODOLOGÍA .....	130
3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución	130
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN .....	132
4.1. Designación de Roles	132
4.2. Alcance general	133
4.2.1. Alcance del producto	133
4.2.2. Alcance del proyecto	134
4.3. Identificación de requerimientos	134
4.4. Diseño del minijuego de visualización espacial acorde al marco DPE	138
4.5. Historias de usuario y criterios de aceptación	139
4.6. Diseño de Guiones Gráficos ( <i>Storyboards</i> )	139
4.7. Validación de los requerimientos	140
4.8. Diagrama de navegación	142
4.9. Arquitectura de la solución	143
4.10. Instrumentos de medición de la jugabilidad	144
4.11. Diseño de la base de datos	146
4.12. Diagrama de clases y componentes	150
4.13. Planificación de tableros Kanban y compromisos de entrega	158
4.13.1. Historias de usuario del entregable "Cámara y avatar del jugador"	158
4.13.2. Historias de usuario del entregable "Flujo común de los minijuegos"	158

4.13.3. Historias de usuario del entregable “Minijuego de visualización espacial y personaje”	159
4.13.4. Historias de usuario del entregable “Interacción común con personajes”	159
4.13.5. Historias de usuario del entregable “Tutorial del minijuego”	160
4.13.6. Historias de usuario del entregable “Progresión, guardado de datos y tabla de mejores resultados”	160
4.13.7. Historias de usuario del entregable “Selección de minijuegos y mundo virtual”	161
4.13.8. Historias de usuario del entregable “Archivos locales de guardado del jugador”	161
4.14. Creación de tableros Kanban en <i>HacknPlan</i>	162
CONSTRUCCIÓN .....	163
5.1. Construcción	163
5.1.1. Paquetes de <i>Unity</i> y recursos de terceros	163
5.1.2. Distribución de las carpetas del proyecto	166
5.1.3. Estructura del repositorio del proyecto	166
5.1.4. Sistema de entrada de SteamVR	167
5.1.5. Cámara y avatar del jugador	168
5.1.5.1. Control del <i>Camera Rig</i>	168
5.1.5.2. Movimiento y rotación de la cámara en la versión con realidad virtual	169
5.1.5.3. Movimiento y rotación de la cámara en la versión sin realidad virtual	171
5.1.5.4. Efecto de apagado de pantalla	172
5.1.5.5. Avatar del jugador: manos 3D	173
5.1.5.6. Interacción con objetos en la versión con realidad virtual	174
5.1.5.7. Interacción con objetos en la versión sin realidad virtual	176
5.1.6. Flujo de juego en común de los minijuegos	176
5.1.6.1. Sistema de tiempo	177
5.1.6.2. Sistema de nivel dinámico	178
5.1.6.3. Sistema de dificultad	178
5.1.6.4. Sistema de objetivos	179
5.1.6.5. Sistema de puntaje	180
5.1.6.6. Sistema de recompensa	180
5.1.7. Minijuego de visualización espacial	181
5.1.8. Interacción con personajes	184
5.1.9. Flujo de tutorial	186
5.1.10. Progresión del juego	187
5.1.10.1. Progresión y guardado de datos	188



5.1.10.2. Tabla de mejores resultados	190
5.1.11. Mundo de juego	191
5.1.12. Gráfico <i>Burn Down</i>	192
5.2. Pruebas y resultados	193
5.2.1. Visualización espacial	194
5.2.2. Efectividad	196
5.2.3. Eficiencia	198
5.2.4. Satisfacción	201
5.2.4.1. Perfil de jugador (No RV)	201
5.2.4.2. Satisfacción del entrenamiento (No RV)	203
5.2.4.3. Perfil de jugador (RV)	210
5.2.4.4. Satisfacción del entrenamiento (RV)	211
5.2.5. Seguridad o libertad de riesgos:	218
5.2.5.1. Seguridad del entrenamiento (No RV)	218
5.2.5.2. Seguridad del entrenamiento (RV)	219
5.2.6. Logro de objetivos	220
CONCLUSIONES .....	221
TRABAJOS FUTUROS .....	224
BIBLIOGRAFÍA .....	225
ANEXOS .....	237

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Número de planos por especialidad en proyectos de fin de carrera .....	27
Figura 2. Temas más populares de estudiantes de postgrado a nivel internacional.....	30
Figura 3. Temas más populares de estudiantes de postgrado a nivel latinoamericano .....	31
Figura 4. Multiplicación con método espacial $12 \times 32 = 384$ .....	32
Figura 5. Tareas para medir habilidades espaciales.....	37
Figura 6. Estudiantes trabajando con Construct3D y CAD3D .....	39
Figura 7. Recopilación de estudio de juego .....	42
Figura 8. Taxonomía de expresiones creativas.....	43
Figura 9. Asimilación y acomodación.....	43
Figura 10. Taxonomía de Bloom .....	45
Figura 11. Taxonomía original de Bloom y la revisada .....	45
Figura 12. Taxonomía de Bloom, dominio efectivo .....	46
Figura 13. Taxonomía de Bloom, dominio psicomotor .....	46
Figura 14. Modelo continuo de autodeterminación .....	48
Figura 15. Necesidades básicas del modelo STD.....	49
Figura 16. Dimensiones contextuales del videojuego .....	53
Figura 17. Diagrama de flujo para análisis y desarrollo de facetas y focis ...	54
Figura 18. Principales departamentos en un estudio de videojuego .....	55
Figura 19. Taxonomía de estética de juego .....	57
Figura 20. Relación entre el diseñador y el jugador .....	60
Figura 21. Marco DPE extendido .....	61
Figura 22. Proceso de diseño iterativo.....	61
Figura 23. La intersección donde vive el pensamiento de diseño .....	62
Figura 24. Las tres actividades núcleo del pensamiento de diseño .....	62
Figura 25. Relación entre las facetas de jugabilidad y los elementos de un videojuego.....	67
Figura 26. Relación a nivel interactivo entre las facetas de jugabilidad .....	67
Figura 27. Curva de interés con picos de intensidad .....	73
Figura 28. Curva de dificultad según estilos de jugabilidad .....	73
Figura 29. Balance del nivel de dificultad.....	73
Figura 30. Estructura compuesta por 3 actos .....	76
Figura 31. Ciclo de Creación de un Videojuego .....	80
Figura 32: Proceso de Diseño.....	80
Figura 33: Ciclo de Desarrollo en el Diseño de Videojuegos Centrados en el Jugador .....	81
Figura 34. Ejemplo de Árbol de Ideas .....	81
Figura 35. Actividad de Cartas de Ideas .....	82
Figura 36: Tres pilares de Diseño de Juego.....	82

Figura 37. ¿Cuándo prototipar? .....	83
Figura 38. Creando una animación de colisión de partículas.....	83
Figura 39. Diseño de nivel iterativo .....	85
Figura 40. Objetivos SMART.....	85
Figura 41. Pulir videojuegos.....	85
Figura 42. Tres áreas comunes para mejorar .....	86
Figura 43. Árbol de trabajo, área de preparación y directorio Git.....	87
Figura 44. Prácticas de Kanban .....	88
Figura 45. Ejemplo de tablero Kanban en Hacknplan .....	89
Figura 46. Diagrama de una aplicación gráfica en tiempo real .....	91
Figura 47. Interfaz Principal de Unity .....	92
Figura 48. Marco de comparación de motores de juego .....	93
Figura 49. Ejemplos que incluye el pensamiento espacial.....	96
Figura 50. Pruebas para medir habilidades espaciales.....	101
Figura 51. Ejemplo de una pregunta de la prueba MRT .....	101
Figura 52. Ejemplo de una pregunta de la prueba DAT-5: SR.....	102
Figura 53: Ejemplo de una pregunta de la prueba PS/SOT .....	102
Figura 54. Ejemplo de una pregunta de la prueba CAT4 .....	103
Figura 55. Ejemplo de pregunta de tipo de visualización espacial de la prueba NNAT .....	104
Figura 56. Sistema de realidad virtual CAVE .....	107
Figura 57. Oculus Quest .....	109
Figura 58. Componentes del “Oculus Rift with Touch VR system”.....	114
Figura 59. Proceso de renderizado en cada cuadro .....	115
Figura 60. Proceso de renderizado en cada cuadro .....	115
Figura 61. Imágenes izquierda y derecha combinadas en una .....	116
Figura 62: Oculus Touch.....	117
Figura 63. Modelo de Calidad en Uso.....	119
Figura 64. Factores y atributos de calidad basados en la jugabilidad .....	120
Figura 65. Métricas de efectividad .....	120
Figura 66. Métricas de eficiencia.....	121
Figura 67. Métricas de satisfacción.....	122
Figura 68. Métricas de riesgo.....	123
Figura 69. Métricas de cobertura de contexto .....	124
Figura 70. Diagrama de navegación .....	142
Figura 71. Arquitectura de solución del proyecto (Computadoras personales) .....	143
Figura 72. Arquitectura de la solución del proyecto (Realidad virtual) .....	143
Figura 73. Diagrama físico de la base de datos serializada del jugador ....	148
Figura 74. Diagrama físico de la base de datos serializada del juego .....	149
Figura 75. Tablas en el servidor remoto de playfab .....	150
Figura 76. Evento personalizado para Unity Analytics .....	150

Figura 77. Diagrama de Componentes y Clases Parte 1 .....	151
Figura 78. Diagrama de Componentes y Clases Parte 2 .....	152
Figura 79: Diagrama de Componentes y Clases Parte 3 .....	153
Figura 80. Diagrama de Componentes y Clases Parte 4 .....	154
Figura 81. Diagrama de Componentes y Clases Parte 5 .....	155
Figura 82. Diagrama de Componentes y Clases Parte 6 .....	156
Figura 83. Diagrama de Componentes y Clases Parte 7 .....	157
Figura 84. Tableros Kanban en HacknPlan .....	162
Figura 85. Distribución de carpetas dentro de Unity .....	166
Figura 86: Repositorio Bitbucket con el proyecto .....	167
Figura 87. Acciones del sistema de entrada de SteamVR .....	168
Figura 88. Jerarquía del GameObject "SteamVR Player" .....	169
Figura 89. Componente Player .....	169
Figura 90. Configuración de Player en Unity .....	170
Figura 91. Jerarquía del GameObject "Player Teleport" .....	170
Figura 92. Componente "Teleport" .....	171
Figura 93. Demostración del arco de teletransportación en la escena de prueba .....	171
Figura 94. Jerarquía de los GameObjects de Movimiento y rotación de la cámara en la versión sin realidad virtual .....	172
Figura 95. Componente Screen Overlay Crosshair.....	172
Figura 96. Crosshair en el centro de la pantalla.....	172
Figura 97. Función estática para iniciar el efecto de apagado de pantalla. ....	173
Figura 98. Componente "Hand".....	173
Figura 99. Modelo 3D de las manos y el componente "SteamVR_Behaviour_Skeleton" .....	174
Figura 100. Métodos llamados en cualquier objeto desde el componente "Hand" .....	175
Figura 101. Componentes adicionales de un objeto completamente interactivo.....	175
Figura 102. Interacciones con objetos en la versión sin realidad virtual ....	176
Figura 103. Interacciones con botones en la versión sin realidad virtual ...	176
Figura 104. Inspector del GameObject del minijuego de visualización espacial.....	177
Figura 105. Componente de control de tiempo .....	178
Figura 106. ScriptableObject del nivel dinámico del minijuego de visualización espacial.....	178
Figura 107. ScriptableObject de la dificultad del minijuego de visualización espacial.....	179
Figura 108. Inspector del componente de control de objetivos .....	179
Figura 109. ScriptableObject del objetivo del minijuego de visualización espacial.....	179

Figura 110. ScriptableObject del puntaje del minijuego de visualización espacial.....	180
Figura 111. ScriptableObject de la recompensa del minijuego de visualización espacial.....	180
Figura 112. Interfaz diegética de salida de los sistemas del minijuego de visualización espacial.....	181
Figura 113. Minijuego para entrenar habilidades de visualización espacial	181
Figura 114: Grilla objetivo de la máquina de visualización espacial.....	182
Figura 115. GameObject de la grilla objetivo .....	182
Figura 116. GameObject del manejador de bloques.....	183
Figura 117. Grillas de alternativa constructores y destructores.....	183
Figura Nro. 118: Grilla blueprint o construible.....	184
Figura 119. Personaje Bizuo y opciones de interacción.....	184
Figura 120. GameObject del panel de retos de máquina.....	185
Figura 121. GameObject del panel de retos de máquina.....	185
Figura 122: GameObject del panel de retos de máquina.....	186
Figura 123. Diagrama de flujo de los diálogos para los niveles de dificultad .....	186
Figura 124. Panel de diálogos del personaje .....	186
Figura 125. Animación de guía para el usuario.....	187
Figura 126. Diálogo de explicación .....	187
Figura 127. Señalización en el tutorial .....	187
Figura 128. Propiedades para el cálculo de las métricas de efectividad y eficiencia .....	188
Figura 129. ScriptableObject de las métricas de efectividad y eficiencia... ..	188
Figura 130. Panel de avance del usuario.....	189
Figura 131. GameObject de guardado de datos del usuario.....	189
Figura 132. Archivo generado en la carpeta persistente del dispositivo ...	189
Figura 133. Evento personalizado para Unity Analytics .....	190
Figura 134. ScriptableObject de los mejores resultados .....	190
Figura 135. Panel de los mejores resultados .....	191
Figura 136. Leaderboard “Highscore” .....	191
Figura 137. Mundo virtual .....	192
Figura 138. Gráfico Burn Down del proyecto .....	192
Figura 139. Pregunta 1 – Género del participante .....	193
Figura 140. Pregunta 2 – Facultad del participante.....	194
Figura 141. Pregunta 3 – Edad del participante .....	194
Figura 142. Modelo de pregunta de visualización espacial.....	194
Figura 143. Resultados de la prueba de visualización espacial por género	195
Figura 144. Resultados de la prueba de visualización espacial por facultad .....	195
Figura 145. Resultados de la prueba de visualización espacial por edad..	195

Figura 146. Resultados de completitud de la meta del primer intento.....	196
Figura 147. Niveles de dificultad avanzados en el primer intento .....	197
Figura 148. Resultados de Completitud de la meta del segundo intento ...	197
Figura 149. Niveles de dificultad avanzados en el primer intento .....	198
Figura 150. Completitud de la meta en el primer y segundo intento .....	198
Figura 151. Resultados de tiempo de meta del primer intento .....	199
Figura 152. Resultados de tiempo de meta del segundo intento .....	199
Figura 153. Tiempo de meta en el primer y segundo intento .....	200
Figura 154. Resultados de eficiencia basada en tiempo del primer intento	200
Figura 155. Resultados de tiempo de meta del segundo intento .....	201
Figura 156. Eficiencia basada en tiempo en el primer y segundo intento ..	201
Figura 157. Pregunta 1 (No RV) - Género .....	202
Figura 158. Pregunta 2 (No RV) - Edad .....	202
Figura 159. Pregunta 3 (No RV) - Horas dedicadas a videojuego en una semana .....	202
Figura 160. Pregunta 4 (No RV) - ¿Tiene experiencia en videojuegos de inteligencias? (como Neuronation, Luminosity, Elevate, Happy Neuron. etc) .....	203
Figura 161. Pregunta 5 (No RV) - ¿Ha usado antes aplicaciones para plataformas de Realidad Virtual? .....	203
Figura 162. Pregunta 6 (No RV) - ¿Las mecánicas le parecieron divertidas e interesantes? (las reglas, las opciones, el mundo, la dificultad)? .....	203
Figura 163. Pregunta 7 (No RV) - ¿Volvería a utilizar el videojuego?.....	204
Figura 164. Pregunta 8 (No RV) - ¿El juego le pareció fácil de aprender?	204
Figura 165. Pregunta 9 (No RV) - ¿El juego tuvo diferentes niveles de dificultad que se adaptó a sus habilidades?.....	204
Figura 166. Pregunta 10 (No RV) - ¿El videojuego tuvo diversidad (el mundo, los diálogos, los desafíos)? .....	205
Figura 167. Pregunta 11 (No RV) - ¿El videojuego usó correctamente el dispositivo para el cual fue desarrollado (teclado o controles touch de Oculus)? .....	205
Figura 168. Pregunta 12 (No RV) - ¿El juego les ofreció ayuda textual y dinámica a los retos presentados?.....	205
Figura 169. Pregunta 13 (No RV) - ¿El juego le permitió interactuar con los diferentes elementos del mundo virtual?.....	206
Figura 170. Pregunta 14 (No RV) - ¿Los movimientos que realizó con el teclado o los touch de oculus se plasmaron inmediatamente en el videojuego y fueron precisos?.....	206
Figura 171. Pregunta 15 (No RV) - No se percibieron caídas o lentitud en las animaciones al interactuar con un gran número de elementos	206
Figura 172. Pregunta 16 (No RV) - ¿El sistema de cámara le ayudó a captar	

	correctamente la acción del juego?.....	207
Figura 173.	Pregunta 17 (No RV) - ¿El sistema de control (botones), paneles y diálogos le parecieron atractivos? .....	207
Figura 174.	Pregunta 18 (No RV) - ¿Fue fácil aprender y memorizar los controles (teclado o touch de Oculus)?.....	207
Figura 175.	Pregunta 19 (No RV) - ¿El sistema le mostró retroalimentación (estado, puntuación, acciones correctas e incorrectas) por cada acción que realizó cuando fue debido?.....	208
Figura 176.	Pregunta 20 (No RV) - ¿El uso de colores y sonidos fue adecuado a las acciones del juego y al mundo virtual? .....	208
Figura 177.	Pregunta 21 (No RV) - ¿Los elementos visuales y sonoros fueron de su agrado? .....	208
Figura 178.	Pregunta 22 (No RV) - ¿Le interesaría invertir su tiempo y llegar al nivel final de videojuego? .....	209
Figura 179.	Pregunta 23 (No RV) - ¿Si tuviera que elegir preferiría el videojuego frente a la prueba en papel? .....	209
Figura 180.	Pregunta 24 (No RV) - ¿Cuál es su valoración final del videojuego?.....	209
Figura 181.	Pregunta 1 (RV) - Género .....	210
Figura 182.	Pregunta 2 (RV) - Edad.....	210
Figura 183.	Pregunta 3 (RV) - Horas dedicadas a videojuego en una semana Fuente: Fuente: elaboración propia .....	211
Figura 184.	Pregunta 4 (RV) - ¿Tiene experiencia en videojuegos de inteligencias? (como Neuronation, Luminosity, Elevate, Happy Neuron. etc) .....	211
Figura 185.	Pregunta 5 (RV) - ¿Ha usado antes aplicaciones para plataformas de Realidad Virtual? .....	211
Figura 186.	Pregunta 6 (RV) - ¿Las mecánicas le parecieron divertidas e interesantes? (las reglas, las opciones, el mundo, la dificultad)? .....	212
Figura 187.	Pregunta 7 (RV) - ¿Volvería a utilizar el videojuego? .....	212
Figura 188.	Pregunta 8 (RV) - ¿El juego le pareció fácil de aprender? .....	212
Figura 189.	Pregunta 9 (RV) - ¿El juego tuvo diferentes niveles de dificultad que se adaptó a sus habilidades?.....	213
Figura 190.	Pregunta 10 (RV) - ¿El videojuego tuvo diversidad (el mundo, los diálogos, los desafíos)? .....	213
Figura 191.	Pregunta 11 (RV) - ¿El videojuego usó correctamente el dispositivo para el cual fue desarrollado (teclado o controles touch de Oculus)?.....	213
Figura 192.	Pregunta 12 (RV) - ¿El juego les ofreció ayuda textual y dinámica a los retos presentados?.....	214
Figura 193.	Pregunta 13 (RV) - ¿El juego le permitió interactuar con los	

	diferentes elementos del mundo virtual?.....	214
Figura 194.	Pregunta 14 (RV) - ¿Los movimientos que realizó con el teclado o los touch de oculus se plasmaron inmediatamente en el videojuego y fueron precisos?.....	214
Figura 195.	Pregunta 15 (RV) - No se percibieron caídas o lentitud en las animaciones al interactuar con un gran número de elementos.....	215
Figura 196.	Pregunta 16 (RV) - ¿El sistema de cámara le ayudó a captar correctamente la acción del juego?.....	215
Figura 197.	Pregunta 17 (RV) - ¿El sistema de control (botones), paneles y diálogos le parecieron atractivos?.....	215
Figura 198.	Pregunta 18 (RV) - ¿Fue fácil aprender y memorizar los controles (teclado o touch de Oculus)?.....	216
Figura 199.	Pregunta 19 (RV) - ¿El sistema le mostró retroalimentación (estado, puntuación, acciones correctas e incorrectas) por cada acción que realizó cuando fue debido?.....	216
Figura 200.	Pregunta 20 (RV) - ¿El uso de colores y sonidos fue adecuado a las acciones del juego y al mundo virtual?.....	216
Figura 201.	Pregunta 21 (RV) - ¿Los elementos visuales y sonoros fueron de su agrado? .....	217
Figura 202.	Pregunta 22 (RV) - ¿Le interesaría invertir su tiempo y llegar al nivel final de videojuego?.....	217
Figura 203.	Pregunta 23 (RV) - ¿Si tuviera que elegir preferiría el videojuego frente a la prueba en papel? .....	217
Figura 204.	Pregunta 24 (RV) - ¿Cuál es su valoración final del videojuego? .....	218
Figura 205.	Pregunta 25 (No RV) - ¿Identificó algún problema o daño que le ocasiono a usted al usar el videojuego? (Lesiones, golpes, etc.) .....	218
Figura 206.	Pregunta 26 (No RV) - ¿Identificó algún error propio del videojuego que le impidió usarlo y continuar como es debido? .....	219
Figura 207.	Pregunta 25 (RV) - ¿Identificó algún problema o daño que le ocasiono a usted al usar el videojuego? (Lesiones, golpes, etc.) .....	219
Figura 208.	Pregunta 26 (RV) - ¿Identificó algún error propio del videojuego que le impidió usarlo y continuar como es debido?.....	219
Figura 209.	Storyboard 1 - RF-2018-0001, 0002 .....	267
Figura 210.	Storyboard 2 - RF-2018-0003 .....	268
Figura 211.	Storyboard 3 - RF-2018-0004 .....	269
Figura 212.	Storyboard 4 - HU-2019-0005.....	270
Figura 213.	Storyboard 5 - HU-2019-0006,0007,0008,0009 .....	271
Figura 214.	Storyboard 6 - HU-2019-0006,0010, 0011 .....	272



Figura 215. Storyboard 7 - HU-2019-0012.....	273
Figura 216. Storyboard 8 - HU-2019-0013.....	274
Figura 217. Storyboard 9 - HU-2019-0014,0015,0016.....	275
Figura 218. Storyboard 10 - HU-2019-0017,0018,0019.....	276
Figura 219. Storyboard 11 - RF-2018-0020.....	277

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de todas las correlaciones (Rendimiento académico y habilidades espaciales) .....	26
Tabla 2. Panorama del rendimiento en ciencias, lectura y matemáticas.....	32
Tabla 3. Resultados resaltantes de estudios sobre realidad virtual y habilidades espaciales .....	38
Tabla 4. Etapas de desarrollo y tipos de juego .....	44
Tabla 5. Facetas de género de videojuegos con ejemplos de etiquetas de género que representan cada faceta.....	54
Tabla 6. Principales departamentos en un estudio de videojuego .....	55
Tabla 7. Tareas básicas en el diseño de juegos .....	56
Tabla 8. Dimensiones de la experiencia de juego.....	58
Tabla 9. Clasificación de mecánicas de juego .....	59
Tabla 10. Tipos de dispositivo de control .....	63
Tabla 11. Criterios en los que aplicar el balance de un videojuego .....	64
Tabla 12. Atributos para caracterizar la jugabilidad .....	65
Tabla 13. Diseño e implementación de la jugabilidad .....	65
Tabla 14. Estilos de jugabilidad.....	66
Tabla 15. Facetas de jugabilidad .....	66
Tabla 16. Importancia, criterios y tipos de documentación .....	68
Tabla 17. Secciones del GDD recomendadas por la UAB .....	69
Tabla 18. Secciones del GDD recomendadas por la Universidad de los Andes .....	69
Tabla 19: Secciones del GDD recomendadas por la Universidad Estatal de Michigan.....	70
Tabla 20. Diferencias entre un Game Designer y un Level Designer.....	70
Tabla 21. Elementos del diseño de nivel.....	70
Tabla 22. Componentes del diseño de nivel .....	71
Tabla 23. Pasos para elaborar el diseño de nivel .....	71
Tabla 24. Elementos relevantes para la progresión del juego .....	72
Tabla 25. Conceptos clave sobre ambientación .....	74
Tabla 26. Elementos clave de la puesta en escena.....	74
Tabla 27. Diferencias entre prototipo y guion gráfico .....	84
Tabla 28: Puntaje del análisis comparativo por el número de características .....	93
Tabla 29. Ejemplos de actividades de pensamiento científico por tipo de pensamiento espacial.....	98
Tabla 30. Ejemplos de actividades de arte por tipo de pensamiento espacial .....	100
Tabla 31. Tipos de preguntas de la prueba NNAT3.....	104
Tabla 32. Niveles de inmersión en sistemas de RV .....	106
Tabla 33. Aplicaciones de realidad virtual.....	108

Tabla 34. Comparativa entre plataformas de Realidad Virtual.....	111
Tabla 35. Diferencias entre Video 360 y RV basado en modelos .....	111
Tabla 36. Aplicaciones de realidad virtual.....	111
Tabla 37. Recomendaciones de seguridad y salud.....	117
Tabla 38. Mejores prácticas de diseño de Oculus.....	118
Tabla 39. Métricas de efectividad basadas en la jugabilidad .....	121
Tabla 40. Métricas de efectividad basadas en la jugabilidad .....	122
Tabla 41. Métricas de efectividad basadas en la jugabilidad .....	123
Tabla 42. Métricas de libertad de riesgos basadas en la jugabilidad .....	124
Tabla 43. Métricas de efectividad basadas en la jugabilidad .....	125
Tabla 44. Valoración de las etapas de desarrollo del videojuego .....	131
Tabla 45. Asignación de roles .....	132
Tabla 46. Requisitos de jugabilidad – Faceta Intrínseca.....	134
Tabla 47. Requisitos de jugabilidad – Faceta Mecánica .....	135
Tabla 48. Requisitos de jugabilidad – Faceta Interactiva .....	135
Tabla 49. Requisitos de jugabilidad – Faceta Artística.....	135
Tabla 50. Requisitos de jugabilidad – Faceta Interpersonal.....	136
Tabla 51. Requisitos en base a las directrices de buenas prácticas de realidad virtual.....	136
Tabla 52. Historias de usuario .....	137
Tabla 53. Implementación de la capa de aprendizaje del marco DPE .....	139
Tabla 54. Validación de Requerimientos Parte 1 .....	140
Tabla 55. Validación de Requerimientos Parte 2 .....	141
Tabla 56. Métricas de efectividad del entrenamiento .....	144
Tabla 57. Métricas de eficiencia del entrenamiento .....	144
Tabla 58. Validación de la encuesta de jugabilidad .....	145
Tabla 59. Planificación de historias de usuario del entregable “Cámara y avatar del jugador” .....	158
Tabla 60. Planificación de historias de usuario del entregable “Flujo común de los minijuegos” .....	159
Tabla 61. Planificación de historias de usuario del entregable “Minijuego de visualización espacial y personaje” .....	159
Tabla 62. Planificación de historias de usuario del entregable “Interacción común con personajes” .....	160
Tabla 63. Planificación de historias de usuario del entregable “Tutorial del minijuego” .....	160
Tabla 64. Planificación de historias de usuario del entregable “Progresión, guardado de datos y tabla de mejores resultados” .....	160
Tabla 65. Planificación de historias de usuario del entregable “Selección de minijuegos y mundo virtual” .....	161
Tabla 66. Planificación de historias de usuario del entregable “Archivos locales de guardado del jugador” .....	161

Tabla 67. Leyenda de prioridad.....	162
Tabla 68. Paquetes de Unity utilizados .....	164
Tabla 69. Recursos de terceros .....	165
Tabla 70. Logro de objetivos propuestos .....	220
Tabla 71. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Avatar del Jugador y Cámara” .....	246
Tabla 72. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Flujo común de los minijuegos” .....	251
Tabla 73. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Minijuego de visualización espacial y personaje” .....	256
Tabla 74. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Interacción común con personajes” .....	258
Tabla 75. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Flujo común de tutorial” .....	260
Tabla 76. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Progresión, guardado de datos y tabla de mejores resultados” .....	261
Tabla 77. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Selección de minijuegos y mundo virtual” .....	264
Tabla 78. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Archivos locales de guardado del jugador” .....	266

## RESUMEN

En la presente tesis se aborda el problema de informar y ayudar a entender la importancia y beneficios que tienen las habilidades espaciales, y cómo poder entrenarlas de la mejor manera. Para ello se consideró la capacidad de inmersión y la característica única de tratamiento de objetos tridimensionales en el espacio que brinda la realidad virtual, y su relación innata con las habilidades espaciales. En consecuencia, el objetivo es diseñar y desarrollar el videojuego *Future-Machine* en el entrenamiento de habilidades espaciales con soporte para las plataformas de realidad virtual *Oculus Rift* y computadoras personales. Para su desarrollo se trabajó con las directrices de la industria de videojuegos y las prácticas generales del método Kanban, también se consideraron: facetas de jugabilidad, el marco DPE, y documentación del diseño. Para validar el desarrollo, se eligió la calidad de la experiencia de uso basado en la jugabilidad que tiene su origen en el ISO 25010, considerando la efectividad y eficiencia del entrenamiento, calculados y almacenados en el videojuego, y la satisfacción y seguridad, mediante una encuesta para evaluar la jugabilidad basado en facetas. Los participantes fueron 48 estudiantes de ingeniería y ciencias de la empresa, quienes después de pasar por una prueba de visualización espacial en papel, fueron divididos en dos grupos para interactuar con el videojuego. El videojuego, desarrollado en *Unity*, posee varios sistemas de juego reusables y un sistema núcleo que da la posibilidad de incluir cualquier tipo de minijuego. Mediante las pruebas realizadas, se comprobó que el videojuego cumple con los objetivos propuestos en un 86.25 %, entrenando habilidades espaciales, brindando calidad basada en jugabilidad. De la pregunta de valoración final, se obtuvo que el 80 % quienes interactuaron con la versión sin realidad virtual y el 83.3 % quienes lo hicieron con la otra versión, valoraron positivamente el videojuego.

**Palabras clave:** *diseño de juego, desarrollo de videojuego, psicología aplicada a juegos, visualización espacial, realidad virtual.*

## ABSTRACT

In the present thesis, the problem of informing and helping to understand the importance and benefits of spatial abilities, and how to train them in the best way is addressed. For this it was considered the ability to immerse and the unique feature of the treatment of three-dimensional objects in the space provided by virtual reality, and its innate relationship with spatial abilities. Consequently, the goal is to design and develop the videogame called “Future-Machine” in the training of spatial abilities with support for the platforms, of virtual reality Oculus Rift and personal computers. For its development I worked with the guidelines of the video game industry and the general practices of the Kanban method, also were considered: the facets of gameplay, the DPE framework, and design documentation. In order to validate the development, the quality of the experience of use based on the gameplay that originated in the ISO 25010 was chosen, considering the effectiveness and efficiency of the training, calculated and stored in the videogame, and satisfaction and safety, using a questionnaire oriented to the gameplay based on facets. The participants were 48 students of engineering and business sciences, who after going through a spatial visualization test on paper, were divided into two groups to interact with the video game. The video game, developed in Unity, has several reusable game systems and a core system that gives the possibility of including any type of minigame. Through the performed tests, it was proved that the video game fulfills the objectives set at 86.25%, training spatial skills providing quality based on gameplay. From the question of final assessment, it was found that 80% who interacted with the version without virtual reality and 83.3% who did with the other version, positively rated the video game.

**Keywords:** *game design, video game development, psychology applied to games, spatial visualization, virtual reality.*

## INTRODUCCIÓN

Las habilidades espaciales son muy importantes en muchas áreas de estudio y actividades que realizamos en la vida diaria, algunos investigadores sostienen que se encuentran presentes en todas las actividades que realizamos, debido a que el mundo que nos rodea es espacial y tridimensional. Por lo tanto, entrenar nuestras habilidades espaciales y empezar a pensar espacialmente probablemente nos pueda ayudar mucho en nuestros quehaceres diarios, ya sea en el hogar, la escuela o el trabajo.

Desarrollar un videojuego requiere de varios conocimientos de programación, arte 2D y 3D, audio y diseño de juegos, bajo conocimientos de psicología y pensamiento de diseño. Desarrollar un buen videojuego es complicado y lleva tiempo.

Por la naturaleza inmersiva de la realidad virtual y su posibilidad única de tratamiento con objetos tridimensionales en el espacio, muchos investigadores creen que puede ser una gran herramienta para el estudio, entendimiento y entrenamiento de habilidades espaciales.

La presente tesis tiene por objetivo diseñar y desarrollar un videojuego, que lleva por nombre "*Future Machine*", que consiste en minijuegos 3D para entrenar diversas áreas de inteligencias, enfocado en habilidades espaciales.

En el primer capítulo de la tesis se introduce el problema de informar y ayudar a entender la gran importancia y beneficios que tienen las habilidades espaciales y el impacto que podrían tener en la vida de muchas personas con un poco de entrenamiento constante. También se detallan la formulación del problema, objetivos y justificación.

En el segundo capítulo se muestran antecedentes del estudio considerando primeramente artículos científicos. Luego se dan a conocer las bases teóricas y términos básicos que detallan puntos relevantes para un mejor

entendimiento sobre videojuegos y su desarrollo, habilidades espaciales, realidad virtual, las plataformas objetivo y los criterios de calidad basadas en la jugabilidad de un videojuego.

En el tercer capítulo se determinan los pasos a seguir para el desarrollo del proyecto teniendo en consideración las directrices de la industria de videojuegos y las prácticas generales del método Kanban.

En el cuarto capítulo se analiza la información obtenida y se diseña el videojuego para entrenar las habilidades de visualización espacial con ayuda de las facetas de jugabilidad, el marco DPE y las directrices de buenas prácticas de realidad virtual.

Finalmente, en el quinto capítulo se construye el videojuego teniendo en cuenta las historias de usuario y tareas de arte, programación, sonido y diseño de nivel. Además, se realizan las pruebas y se exponen los resultados.



# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

Como sociedad hemos descuidado a los estudiantes con talento espacial que no son tan buenos con las palabras y los números (1), y eso puede repercutir en su futuro rendimiento académico, ya que diversas investigaciones han demostrado que los estudiantes espaciales tienen grandes posibilidades de florecer en Ciencia, Tecnología, Ingeniería, y Matemáticas (STEM) (1) (2). La arquitectura, el diseño gráfico, las ciencias de la computación, la biología, la física, la química, la geología, la geografía, el arte, e incluso la medicina, todas requieren habilidades espaciales sólidas (3). Sin embargo, generalmente en los exámenes de becas no se considera a las habilidades espaciales como área de evaluación como en el Examen Nacional de Preselección del Pronabec (4). y de la misma forma se descuida relativamente en las búsquedas de talento y los programas de superdotados, donde las habilidades de razonamiento cuantitativo y verbal se favorecen sobre las habilidades no verbales, lo que hace que se pase por alto a algunos estudiantes con gran talento espacial (5).

Por otra parte, se ha demostrado que personas de todas las edades, mujeres y varones, pueden mejorar en todos los tipos de habilidades espaciales a través del entrenamiento, incluso una pequeña cantidad de entrenamiento puede mejorar el razonamiento espacial y tener un impacto duradero (2).

Numerosos estudios respaldan estas afirmaciones, como es el caso de la relación entre habilidades espaciales y las áreas STEM, descritas a continuación:

- Tareas de escaneo espacial en diseño geométrico ayudan en el uso de estrategias adaptivas en tareas aritméticas (6).
- La habilidad visual motora de estudiantes de primaria se correlaciona con su rendimiento matemático de forma concurrente y predictiva (7) (8) (9).
- El razonamiento espacial-mecánico de los adolescentes se correlaciona con su rendimiento en una prueba de matemáticas que mide fracciones, series numéricas, medición, geometría y representación de datos (10).
- La visualización espacial predice el éxito en la resolución de problemas de geometría en la escuela secundaria, así como en medidas que incorporan la geometría como parte de un grupo más grande de tareas matemáticas (10) (8) (9) (11).
- Existe una correlación entre los estudiantes que informan que utilizaron el razonamiento espacial al resolver problemas matemáticos y su capacidad percibida para resolver problemas matemáticos (12).
- Existe una relación significativa entre habilidades espaciales, conocimiento de la línea numérica, y la habilidad aproximada de cálculo simbólico (13).
- El desarrollo del "sentido numérico" y el pensamiento espacial están estrechamente vinculados, y la inteligencia espacial temprana predice el rendimiento del niño en matemáticas (14) (15).
- Los niños pequeños que son mejores visualizando las relaciones espaciales desarrollan habilidades aritméticas más fuertes en la escuela primaria (16) (17).

- Los estudiantes de escuela secundaria que son buenos para la rotación mental tienen más probabilidades de tener éxito en las clases de ciencias (18).
- Hay evidencia de que la habilidad espacial temprana predice las habilidades de lectura, a futuro, de preescolares, sugiriendo nuevos enfoques para la identificación temprana y la prevención eficaz de la dislexia (19).
- Dibujar diseños de memoria, sin mucha necesidad de imágenes de referencia, una habilidad crítica en el dibujo se relaciona proporcionalmente con las medidas de reconocimiento, producción y habilidades espaciales tradicionales (20).

De la misma forma existen estudios que demuestran una relación entre habilidades espaciales y el rendimiento en estudios de ingeniería:

- La capacidad de visualización (entender formas espaciales en 2D y transformarlas mentalmente en 3D) y la capacidad para comprender las relaciones espaciales tridimensionales (rotar un objeto mentalmente), fue un predictor del éxito académico de estudiantes de ingeniería (21).
- La habilidad espacial proporcionó una buena predicción de un buen desempeño en un curso fundamental de electrónica de la carrera de Ingeniería Mecánica, más allá de lo que el GPA (*Grade Point Average*) solo, puede predecir (22). En la Tabla 1 se muestra el resumen de todas las correlaciones.

**Tabla 1. Resumen de todas las correlaciones (Rendimiento académico y habilidades espaciales)**

Variable	Age	Sex	Major	GPA	Spatial score	Semester score
Age	1.000	-.210**	-.075	-.282**	-.090	-.316**
Sex	-.210**	1.000	-.381**	.108	-.118	-.019
Major	-.075	-.381**	1.000	-.125	.056	-.022
GPA	-.282**	.108	-.125	1.000	.261**	.680**
Spatial score	-.090	-.118	.056	.261**	1.000	.290**
Semester score	-.316**	-.019	-.022	.680**	.290**	1.000

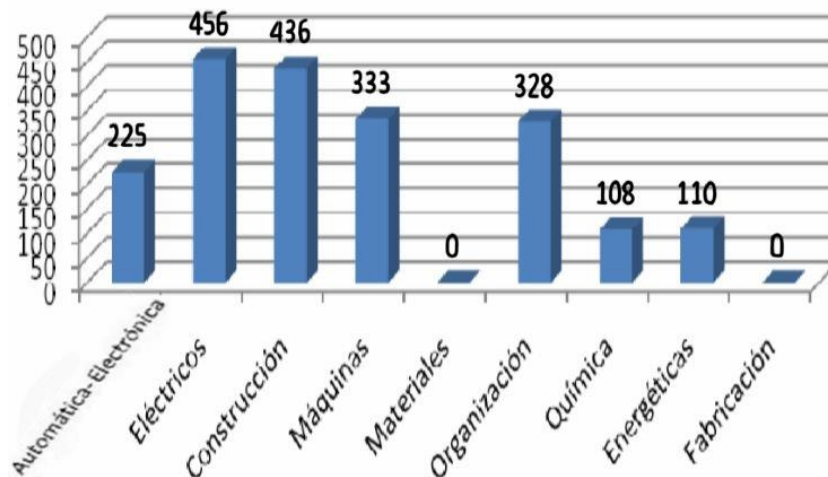
\*Correlation is significant at 0.05 level

\*\*Correlation is significant at 0.01 level

**Fuente: Smith (22)**

- Con respecto a la habilidad para la resolución de problemas, se encontró que la habilidad espacial tenía una relación significativa con el paso de representación del problema. Aquellos estudiantes de ingeniería con altos niveles de habilidad espacial fueron más capaces de aplicar el conocimiento lingüístico y esquemático en la fase de representación del problema, lo que llevó a mayores tasas de éxito en la fase de traducción de enunciados a formas matemáticas (23).

De acuerdo a Arantza (24), un ingeniero debe estar dotado de capacidad de visión espacial y conocimiento de técnicas de representación gráfica, desarrolladas en asignaturas de expresión gráfica, como Dibujo Técnico (25), muy importante en el diseño de planos que son incluidos en la documentación de proyectos de casi todas las especialidades. En la Figura 1 se muestra un análisis cuantitativo del número de planos diseñados en 56 proyectos de fin de carrera de Ingeniería Industrial, divididos por especialidad. Martínez et al. (25), encuentran que los conocimientos específicos de “Expresión Gráfica” no se aplican correctamente y proponen una asignatura de libre elección denominada “Dibujo Orientado a Proyectos”, con un contenido dirigido a la elaboración de planos de proyectos.



**Figura 1. Número de planos por especialidad en proyectos de fin de carrera**  
**Fuente: elaborado por Martínez (25)**

Estos estudios demuestran la gran importancia que tienen las habilidades espaciales y su relación con el rendimiento en las áreas STEM, e incluso en

habilidades para leer y dibujar. Adicionalmente, de acuerdo a Ai-Lim Lee et al. (26) también hay resultados positivos en dominios como química, cirugía médica, dibujo en ingeniería, biología y ciencia. Y según Newcombe (27) hallazgos en la psicología cognitiva sobre la combinación de representaciones categóricas y de coordenadas han demostrado la importancia de las categorías espaciales en la percepción y la memoria. Eliot (28) incluso argumenta que la capacidad espacial es generalizada, lo que significa que la necesitamos para casi todas las actividades en la vida diaria.

Asimismo, a través de la historia muchas herramientas han sido usadas para entrenarlas:

- Se obtuvieron mejoras considerables en las habilidades espaciales después de 14 semanas de un curso de 30 minutos de práctica cortando sólidos 3D con la mente y dibujándolo en una superficie 2D, en estudiantes de 1º y 2º año de Ingeniería (29).
- Las diferencias de resultados en las tareas de rotación espacial y plegado mental de papel entre grupos de adultos jóvenes separados por género, se volvió casi nulo con 21 días de entrenamiento diario con ejercicios de preguntas con alternativas en una computadora, cada grupo se volvió bueno en los dos tipos de tareas espaciales (30).
- Un estudio clave encontró que los estudiantes de pregrado mejoraron la atención visual y las habilidades de rotación mental después de solo 10 horas de jugar un videojuego de disparos en 3D en primera persona, mientras los del grupo de control no mostraron ninguna mejora. En general, las mujeres obtuvieron los mayores beneficios y los mantuvieron 5 meses después (31).
- Un estudio llevado a cabo con 116 estudiantes de primer grado (edad promedio 6 años y 7 meses) separados aleatoriamente en dos grupos: el grupo experimental mediante un programa de capacitación diseñado para ayudar a los niños a observar, transformar y rastrear formas geométricas en su mente, y los niños restantes fueron asignados a un programa de

entrenamiento alternativo no espacial. Al comienzo del estudio, los niños superaron a las niñas. Pero después de solo 8 sesiones semanales, las niñas en el programa de habilidades espaciales se habían puesto al día. La diferencia de género se había ido. Mientras en el grupo de control no se mostró mejora alguna (32).

- Otro estudio experimental encontró que el entrenamiento breve puede impulsar el rendimiento de las matemáticas. Después de una sesión de práctica de 20 minutos con rompecabezas de rotación mental, los niños (de 8 a 6 años) obtuvieron puntajes más altos en una prueba de matemáticas en comparación con sus compañeros del grupo de control (33).
- Jugar a juegos de acción con retroalimentación textual y auditiva aumentaron la velocidad del reconocimiento de palabras y la decodificación fonológica, a la misma vez mejoraron la atención visuo-espacial enfocada y el cambio de atención visual a auditivo de niños con dislexia de habla inglesa, lo que puede traducirse en una mejor habilidad de lectura en los niños (34).
- Después de utilizar dos softwares, uno de realidad aumentada, y el otro, el videojuego *Catching Features* como herramientas para el entrenamiento de la Relación Espacial y la Orientación Espacial, se obtuvieron resultados que indican una mejora significativa de los niveles de visualización espacial de los participantes, encontrando a su vez ninguna diferencia significativa en los niveles de habilidades espaciales de acuerdo con el género (35).

Estas investigaciones concluyen en resultados positivos, demostrando el gran impacto del entrenamiento regular de las habilidades espaciales. En ellas fueron utilizadas diversos tipos de herramientas, desde el uso de nada más que la mente, objetos físicos, uso de las TIC; destacando a los videojuegos, como Spencer y Feng (36) sugieren: *“el estudio de los videojuegos puede contribuir no solo a una mejor comprensión de los mecanismos de aprendizaje, sino que también puede ofrecer nuevos enfoques para enseñar habilidades espaciales.”* Sin embargo, de los estudios descritos previamente que utilizan una computadora, ninguno utiliza un software diseñado especialmente para el

propósito de entrenar habilidades espaciales.

En cuanto a la demanda de carreras STEM, en la Figura 2, se muestran los temas más populares tomado de la encuesta internacional de preferencias y motivaciones de estudiantes de nivel de postgrado (37). El grupo STEM creció en popularidad debido a que muchos países en todo el mundo han estado informando sobre la escasez de graduados de STEM en los últimos años, y ha habido una amplia publicidad de la demanda y las oportunidades disponibles en estos campos (37).



**Figura 2. Temas más populares de estudiantes de postgrado a nivel internacional**  
Fuente: elaborado por TopUniversities.com (37)

Mientras tanto, a nivel de Latinoamérica la encuesta revela énfasis en temas STEM. Donde más del 33 % de los encuestados latinoamericanos estaban solicitando títulos de posgrado en materias STEM; a comparación con menos del 21 % de los estudiantes cuando se considera la muestra global

total. En la Figura 3 se muestran estos resultados.



**Figura 3. Temas más populares de estudiantes de postgrado a nivel latinoamericano**  
Fuente: elaborado por Top Universities (38)

Por otra parte, considerando el gran impacto que tienen las habilidades espaciales en las áreas STEM, habilidades de lectura, de dibujo, memoria e incluso cirugía médica, entrenarlas nos podría ayudar a combatir una serie de problemas descritas a continuación:

- En ciencia, lectura y matemática, especialmente a nivel de Latinoamérica, según el último informe PISA 2015, a pesar de mejoras con respecto al informe del 2012, todavía hay un bajo desempeño a comparación de la media OCDE (39). En la Tabla 2 se muestra el panorama de rendimiento en ciencias, lectura y matemáticas, destacando la media OCDE con 493, 493 y 490 puntos, y los resultados que alcanzó Perú de 397, 398 y 387 puntos respectivamente.



**Tabla 2. Panorama del rendimiento en ciencias, lectura y matemáticas**

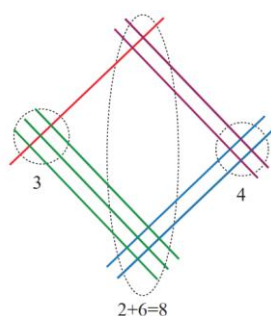
	Ciencias	Lectura	Matemáticas	Ciencias, lectura y matemáticas	
	Rendimiento medio en PISA 2015			*NivExc	**NivBaj
	Media			%	%
<b>Media OCDE</b>	<b>493</b>	<b>493</b>	<b>490</b>	<b>15.3</b>	<b>13.0</b>
Singapur	556	535	564	39.1	4.8
Japón	538	516	532	25.8	5.6
Estonia	534	519	520	20.4	4.7
China Taipé	532	497	542	29.9	8.3
Finlandia	531	519	520	21.4	6.3
Macao (China)	529	497	542	23.9	3.5
Canadá	528	526	511	22.7	5.9
Vietnam	525	487	544	12.0	4.5
Hong Kong	523	527	516	29.3	4.5
...	...	...	...	...	...
Jordania	409	408	380	0.6	35.7
Indonesia	403	397	386	0.8	42.3
Brasil	401	407	377	2.2	44.1
Perú	397	398	387	0.6	46.7
Líbano	386	347	396	2.5	50.7
Túnez	386	361	367	0.6	57.3

\*Niv. Exc: proporción de alumnos con nivel excelente en al menos una asignatura (nivel 5 o 6)

\*\* Niv baj: proporción de alumnos con bajo rendimiento en las tres asignaturas (por debajo del nivel 2)

**Fuente: elaborado por ODCE (39)**

Como dato curioso Japón que ocupó el 2º lugar después de Singapur, tiene un método espacial para multiplicar muy conocido, usando líneas, que se muestra en la Figura 4.



**Figura 4. Multiplicación con método espacial  $12 \times 32 = 384$**

**Fuente: Facultad de Matemáticas de la Universidad de Waterloo (40)**

- Según la encuesta de Pulso Perú, elaborado por Datum en el año 2018, tener un bajo rendimiento académico es considerado dentro de los 14

principales problemas peruanos (41).

- Por otro lado, las tasas de abandono de estudiantes siguen siendo un problema, especialmente durante su primer año de universidad. Según la firma *Penta Analytics*, para el año 2017 en el Perú, se contabilizó que el 27 % de ingresantes a universidades privadas abandonan su carrera en el primer año de estudios, pudiendo extenderse hasta 48 % al contabilizar el total de alumnos que no terminan una carrera (42).

Esta tesis trata el diseño y desarrollo de un videojuego para el entrenamiento de inteligencias enfocado en habilidades espaciales. Consiste en la creación de un software que posibilita la integración de varios minijuegos, enfocados en un área específica de inteligencia, con soporte para dos plataformas: la primera de realidad virtual, con el visualizador *Oculus Rift* y controles *touch*, y la segunda para computadoras personales empleando el teclado y *mouse*.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Cómo entrenar las habilidades espaciales de los usuarios mediante un videojuego brindando calidad basada en jugabilidad con soporte para las plataformas, de realidad virtual *Oculus Rift* y computadoras personales?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cómo otorgar al usuario un entrenamiento efectivo en sus habilidades espaciales?
- ¿Cómo permitir al usuario experimentar un entrenamiento eficiente en sus habilidades espaciales?
- ¿Cómo brindar al usuario una experiencia de entrenamiento seguro?
- ¿Cómo brindar al usuario una experiencia de entrenamiento satisfactorio?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Desarrollar el videojuego *Future-Machine* en el entrenamiento de habilidades espaciales con soporte para las plataformas, de realidad virtual *Oculus Rift* y computadoras personales

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diseñar mecánicas de juego orientadas a incrementar la efectividad del entrenamiento en habilidades espaciales.
- Diseñar mecánicas de juego orientadas a mejorar la eficiencia del entrenamiento en habilidades espaciales.
- Diseñar mecánicas de juego en base a las directrices de buenas prácticas de realidad virtual y la guía de accesibilidad en videojuegos.
- Diseñar mecánicas de juego acordes al marco DPE y facetas de jugabilidad.

### **1.4. Justificación de la investigación**

#### **1.4.1. Justificación teórica**

*Future Machine* guarda algunos datos para calcular la efectividad y eficiencia del entrenamiento en cada intento, de los cuales podemos obtener un histograma de la evolución del usuario. Además, podemos obtener una comparativa de resultados entre las versiones con y sin realidad virtual, ya que estas dos versiones usan prácticamente las mismas mecánicas y dinámicas de juego.

#### **1.4.2. Justificación económica**

A diferencia de entrenamientos tradicionales, el uso del videojuego como herramienta de entrenamiento es más eficiente si se trata de un gran número de participantes y sesiones de entrenamiento constantes.

#### **1.4.3. Justificación práctica**

Los usuarios pueden usarlo en sus tiempos libres de manera cotidiana, como sesiones rápidas de entrenamiento y de esa forma puedan mejorar sus

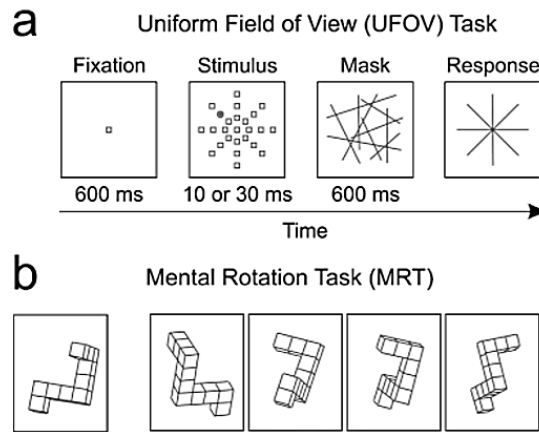
habilidades espaciales. Así mismo, se podrían aplicar en centros educativos en los niveles de primaria, secundaria e incluso superior; donde aprovechando la flexibilidad de integración de nuevos minijuegos, se podrían incluir como parte de tareas complementarias, sin olvidar la restricción de edad en el uso de plataformas de realidad virtual.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

- El artículo “*Playing an Action Video Game Reduces Gender Differences in Spatial Cognition*” (31) brinda **una sólida referencia acerca que las mecánicas de videojuegos de acción pueden influir positivamente en la atención y rotación mental**, con un beneficio mayor en mujeres. Los participantes en esta investigación fueron jóvenes entre 19 – 30 años. Se realizaron dos experimentos, el primero para examinar las diferencias en la atención espacial de grupos separados por género utilizando la prueba UFOV (*useful field of view*) para medir la atención espacial. En el segundo experimento se comparó la atención y cognición espacial de varones y mujeres antes y después de un entrenamiento de 10 horas de un videojuego de acción, el grupo de control entrenó con un videojuego de no acción. En este experimento se evaluaron también habilidades espaciales de alto nivel usando la prueba de rotación espacial MRT. En la Figura 5 se muestran las tareas de las pruebas para medición utilizadas en este artículo.



**Fig. 1.** The display sequence for a single useful-field-of-view (UFOV) trial (a) and a sample mental rotation task (MRT) item (b). In the UFOV task, subjects had to indicate the direction in which the target had appeared. In the MRT, subjects had to choose which two of four pictures shown on the right portrayed objects identical to the one shown on the left.

**Figura 5. Tareas para medir habilidades espaciales**  
**Fuente: Feng et al. (31)**

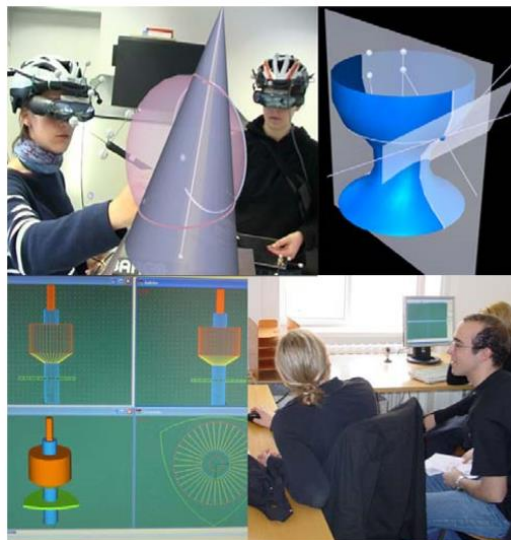
- El artículo “*Virtual and Augmented Reality as Spatial Ability Training Tools*” (43) hace un resumen de diversos estudios que utilizaron tecnologías de realidad virtual para estudiar diversos aspectos de las habilidades espaciales. En la Tabla 3 se muestran los más resaltantes.

**Tabla 3. Resultados resaltantes de estudios sobre realidad virtual y habilidades espaciales**

Clasificación	Resultados resaltantes
<p><b>Navegación y orientación en entornos virtuales:</b> aspectos de larga escala de habilidades espaciales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beneficios del uso de Entornos Virtuales a diferencia de otros métodos (seguridad, nuevas formas de percepción del mundo real)</li> <li>- Los entornos virtuales brindan mayor eficiencia en la toma y análisis de datos de los usuarios (<i>logging</i>)</li> <li>- Los programas de entrenamiento bien diseñados pueden mejorar habilidades espaciales básicas.</li> <li>- El uso de técnicas espaciales resultó en mejores resultados en una prueba para encontrar un objeto en un laberinto.</li> <li>- El rendimiento en orientarse fue mejor en entornos dinámicos que estáticos.</li> <li>- Los entornos 3D ayudaron a niños discapacitados a orientarse en la realidad, a diferencia de entornos 2D.</li> </ul>
<p><b>Realidad virtual y aspectos de escala pequeña de habilidades espaciales:</b> existen pocos estudios sobre los aspectos a escala pequeña</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La práctica es muy importante en entrenamiento de habilidades espaciales.</li> <li>- El uso de un HMD resultó en un mejor rendimiento al rotar objetos simples frente a rotarlos en la realidad.</li> <li>- Existe un mejor entendimiento de las tres dimensiones de un volumen y sus componentes en condiciones de realidad virtual no inmersiva (pantalla de computadoras) e inmersiva (HMD) que entornos 2D.</li> <li>- La habilidad de rotación mental puede ser entrenado en realidad virtual con estímulo 3D en niños sordos o con problemas de audición usando el juego Tetris.</li> <li>- Después de entrenar con el sistema <i>Virtual Reality Spatial Rotation</i>, que permite resolver problemas de la prueba de rotación mental directamente en 3D, se mejoraron los resultados de la misma prueba en papel.</li> </ul>
<p><b>Diferencias de género</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los varones se desempeñaron mejor en términos de velocidad de navegación, precisión de navegación y precisión de señalamiento, que puede ser debido a que las mujeres son más propensas al <i>cybersickness</i>, las diferentes estrategias optadas para resolver las tareas o la mayor experiencia en videojuegos que requieren navegación en entornos virtuales.</li> <li>- En entornos menos inmersivos la diferencia no se presentó. Los entornos virtuales menos inmersivos parecen ser una mejor herramienta de entrenamiento de habilidades espaciales para mujeres.</li> <li>- Las mujeres pueden manipular objetos 3D tan eficientemente como varones, pero no pueden visualizarlas tan bien como ellos.</li> </ul>

**Fuente: Dünser et al. (43)**

Al mismo tiempo investigaron **los efectos del entrenamiento usando tecnología de realidad aumentada en diferentes aspectos de las habilidades espaciales** con enfoque en aspectos de escala pequeña y diferencias de género, con una escala grande de usuarios. En el estudio se analizaron datos de 215 participantes donde el 48.5 % eran mujeres y la edad promedio era de 17 años. Se utilizó *Construct3D* una herramienta de construcción geométrica 3D que usa un entorno colaborativo de Realidad Aumentada, visualizado a través de HMD, permitiendo al usuario ver los modelos virtuales, así como también el entorno real y a su compañero. Se utilizó un dispositivo con detección de posición compuesto por una tableta digital de dibujo para interacción. Y CAD3D, un programa de diseño usando una pantalla de computadora y dispositivos de interacción tradicionales (teclado y mouse). Los usuarios pueden construir modelos 3D, visualizarlos y modificarlos en tiempo real. Se dividieron en 4 grupos, 2 de entrenamiento (*Construct3D* y CAD3D) y 2 de control (personas con y sin estudios de geometría, entrenados con ejercicios de geometría 45 minutos a la semana). En la Figura 6 se muestran estudiantes trabajando con *Construct3D* y CAD3D.



**Figura 6. Estudiantes trabajando con *Construct3D* y CAD3D**  
Fuente: Dünser et al. (43)

Se realizaron pre y postpruebas usando cuatro herramientas que miden diferentes aspectos de habilidades espaciales: *Differential Aptitude Test*:



*Space Relations* (DAT:SR), *Mental Cutting Test* (MCT), *Mental Rotation Test* (MRT) y *Objective Perspective Test* (OPT).

Concluyendo que los hallazgos indican que **la realidad aumentada se puede utilizar para desarrollar herramientas útiles para el entrenamiento de habilidades espaciales**, pero las herramientas de medición de habilidad espacial tradicionales probablemente no cubren todas las habilidades que se usan cuando se trabaja en espacios tridimensionales. Por lo tanto, serían deseables nuevas herramientas para medir la habilidad espacial directamente en 3D.

- El artículo “*Educational Values of Virtual Reality: The Case of Spatial Ability*” (26) **explora los posibles valores educativos de la realidad virtual** en relación con las habilidades espaciales para solicitar más investigación sobre las habilidades espaciales en el contexto de la Realidad Virtual (RV) fundada en estudios de aprendizaje basado en computadoras, para ello, en primer lugar, afirma que una razón de que la RV está siendo usada en entornos de enseñanza y para propósitos de entrenamiento es porque provee estructuras tridimensionales interactivas y complejas de una forma altamente realista. Aún si se toma a la RV como un medio prometedor para enseñar características espaciales de lugares, estructuras y situaciones debido a su inherente naturaleza espacial, investigaciones respecto al impacto de la visualización 3D e inmersión, características únicas de la RV, el aprendizaje en el contexto de la realidad virtual es escaso.
- El artículo “*Improvement And Assessment Of Spatial Ability In Engineering Education*” (44), **muestra resultados concretos que consideran las habilidades espaciales, importantes y aplicables al área de educación en ingeniería**, las tareas en mención deben ser más complejas de acuerdo a los objetivos, comparados a su aplicación en estudiantes de educación secundaria.
- En la investigación titulada “*Virtual Technologies to Develop Visual-Spatial Ability in Engineering Students*” (35), los autores aportan el acto de

subdividir las habilidades espaciales en tres grupos: relación espacial, visualización espacial y orientación espacial. Además, **comprobaron la eficiencia de dos aplicaciones que incrementan los niveles de habilidades espaciales de mujeres y varones en corto tiempo.**

- El artículo “*Virtual Reality Learning Activities for Multimedia Students to Enhance Spatial Ability*” (45), tiene como hipótesis: “**es posible diseñar actividades de aprendizaje de realidad virtual que puedan ayudar a los estudiantes a desarrollar sus habilidades espaciales**”. Para lo cual se utilizó una actividad simple que consiste en un entorno virtual donde se muestran y manipulan algunas formas poliédricas simples al moverlas, rotarlas y escalarlas. Dividieron a sus participantes en dos grupos, el grupo de control utilizó una computadora tradicional con teclado y mouse, el grupo experimental utilizó un casco de realidad virtual con un smartphone. Utilizando la prueba “*Purdue Spatial Visualization Test—Rotation (PSVT-R)*” antes de realizar la actividad y cuatro semanas después. Los resultados mostraron que hay mejoras en ambos grupos, pero la mejora es significativamente mayor en el grupo experimental. La conclusión a la que se llega es: “**las actividades de aprendizaje en realidad virtual demostraron mejorar las habilidades espaciales del grupo experimental**”.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Videojuego

#### 2.2.1.1. Definición

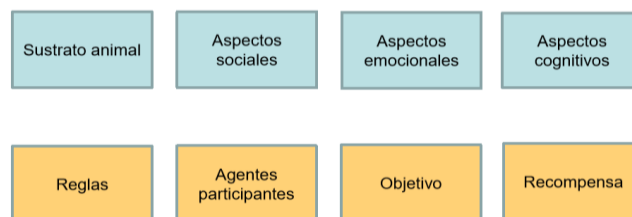
La RAE (46), define a videojuego como:

- Juego electrónico que se visualiza en una pantalla, y
- Dispositivo electrónico que permite, mediante mandos apropiados, simular juegos en las pantallas de un televisor, una computadora u otro dispositivo electrónico.

Esta definición nos hace preguntar ¿qué es un juego? Salen y Zimmerman (47) y McGonigal (48) analizan el juego como conjunto de elementos: “Un

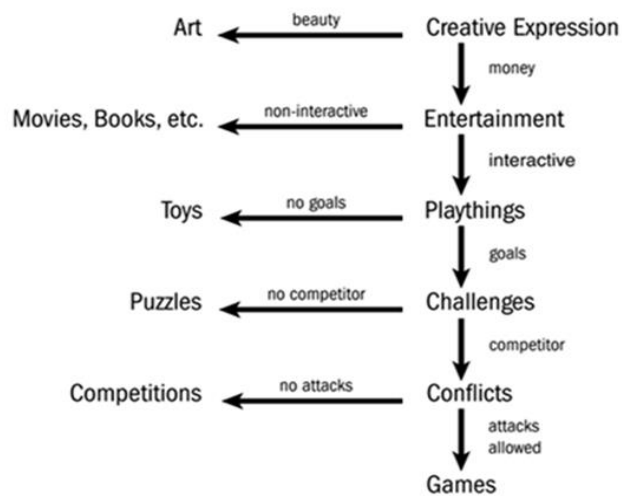
juego es un sistema en el que los jugadores se enfrentan en un conflicto artificial, definido por reglas, que tiene un resultado cuantificable”, y “Todos los juegos comparten cuatro características definitorias: Un objetivo, reglas, un sistema de respuesta (*feedback*) y participación voluntaria.”, respectivamente.

La Universidad Autónoma de Barcelona (49), define el término **juego** agregándole aspectos relativos a la conducta de jugar y los contextos social y cultural. En la Figura 7 tenemos los puntos clave que definen a juego, cuya definición es “un juego es una conducta humana con sustrato animal (eficacia ecológica), donde se manipula información y genera aprendizaje, se trabaja a nivel emocional, se realiza en un contexto social y cultural determinado, se estructura en un sistema de reglas, donde hay participantes definidos y existe una recompensa si se consigue el objetivo”.



**Figura 7. Recopilación de estudio de juego**  
**Fuente: UAB (49)**

Finalmente, Crawford en su libro *On Game Design* (50) nos da una definición basada en su propia taxonomía de expresiones creativas (Figura 8), donde escribe: “Juego es una expresión creativa que tiene un costo (entretenimiento), es interactivo, tiene objetivos (desafío), incluye competidores (conflicto) y permite ataques en un ámbito seguro”.



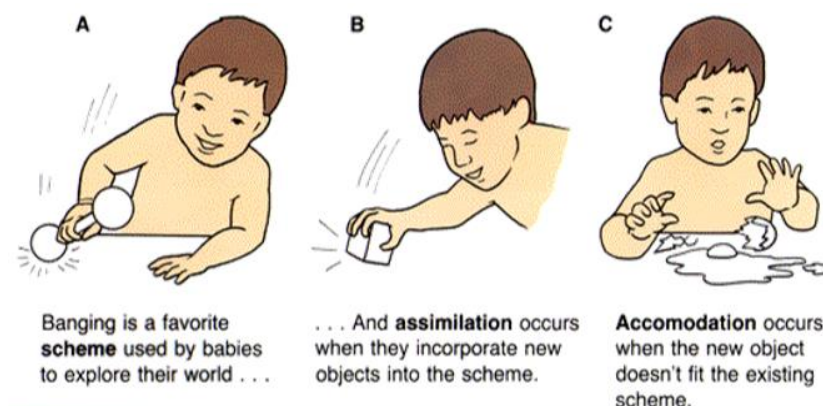
**Figura 8. Taxonomía de expresiones creativas**  
Fuente: Crawford (50)

### 2.2.1.2. Psicología en los videojuegos

#### A) Psicología de desarrollo

Según la UAB (49) analizando el juego como conducta, la mayor parte de las teorías de juego se enmarcan en la psicología de desarrollo, y se centran en la parte infantil (0 - 16 años):

□ **Perspectiva Cognitiva de Piaget:** la realidad se organiza con esquemas, formados a través de la experiencia. Existen dos procesos clave: asimilación y acomodación. (Figura 9).



**Figura 9. Asimilación y acomodación**  
Fuente: UAB (49)

En la Tabla 4 se muestran las etapas de desarrollo y los tipos de juego asociados.

**Tabla 4. Etapas de desarrollo y tipos de juego**

<b>Etapas del desarrollo</b>	<b>Tipos de juegos</b>
Sensoriomotor (0-2 a.)	Juego funcional o de ejercicio
Preoperacional (2-7 a.)	Juego simbólico
Operaciones concretas (7-12 a.)	Juegos de reglas
Operaciones formales (12-16 a.)	Juegos de construcción

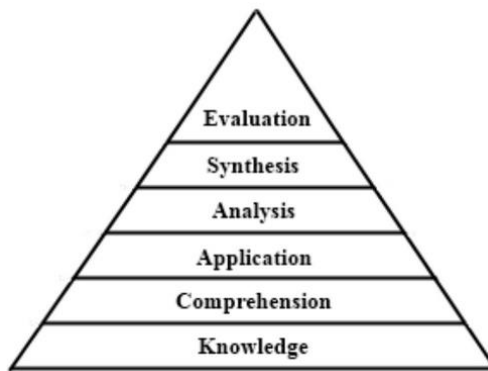
**Fuente: UAB (49)**

□ **Perspectiva Sociocultural de Lev Vigotsky:** el juego es clave para el desarrollo de habilidades sociales, favorece el aprendizaje a través de los vínculos sociales y culturales, y mejora las capacidades comunicativas (49).

□ **Perspectiva psicoanalítica de Freud:** el juego se concibe como una herramienta para gestionar conflictos de índole emocional (lucha de energías o fuerzas que, de forma natural, generan conflictos para el individuo), donde se busca redirigir ciertas emociones como la ansiedad hacia sensaciones positivas, además jugar aporta un contexto artificial seguro para expresar y afrontar estas emociones (49).

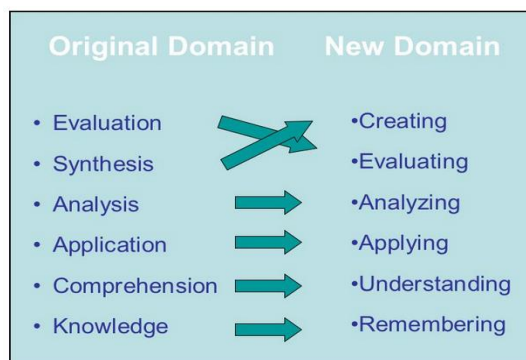
## **B) Psicología de aprendizaje**

□ **Taxonomía de Bloom - Dominio cognitivo:** en el artículo “*Blending Bloom’s Taxonomy and Serious Game Design*” (51) define a la Taxonomía de Bloom como una clasificación de diferentes niveles de objetivos de aprendizaje cognitivo que los educadores ponen a sus estudiantes. Afirma que, teniendo un claro concepto de un objetivo específico de aprendizaje deseado para el juego, puede ayudar al diseñador de juegos en el desarrollo del concepto inicial. Está compuesto de seis niveles progresivos de aprendizajes. En la Figura 10 se muestran los niveles, desde la base a la cima: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, síntesis y evaluación.



**Figura 10. Taxonomía de Bloom**  
**Fuente: Buchanan et al. (51)**

En el año 2001 y luego en el 2013 (2º ed.) se realizó una revisión publicada en el libro “*A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of bloom's taxonomy of educational objectives*” (52), donde según Clark (53) esta taxonomía refleja una mejor forma de pensar y es probablemente más precisa. En la Figura 11 se muestran las diferencias entre las dos taxonomías.



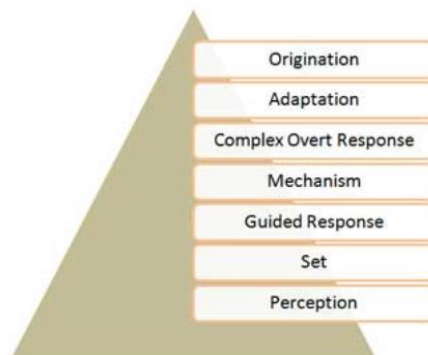
**Figura 11. Taxonomía original de Bloom y la revisada**  
**Fuente: Clark (53)**

□ **Taxonomía de Bloom - Dominio afectivo:** el dominio afectivo (54) incluye la manera en el cual tratamos con cosas de modo emocional, como sentimientos, valores, apreciación, entusiasmo, motivación y actitudes. En la Figura 12 se muestran los niveles desde el más simple al más complejo: recibir fenómenos, responder a los fenómenos, valorar, organizar e interiorizar los valores.



**Figura 12. Taxonomía de Bloom, dominio efectivo**  
**Fuente: Clark (55)**

□ **Taxonomía de Bloom - Dominio psicomotor:** el dominio psicomotor (56) incluye el movimiento físico, la coordinación y el uso de las áreas de habilidades motoras. El desarrollo de estas habilidades requiere práctica y se mide en términos de velocidad, precisión, distancia, procedimientos o técnicas en ejecución. En la Figura 13 se muestran los niveles desde el más simple al más complejo: percepción (conciencia), conjunto (preparación para actuar, conjuntos mentales, físicos y emocionales), respuesta guiada, mecanismo (dominio básico), respuesta compleja (experto), adaptación, creación.



**Figura 13. Taxonomía de Bloom, dominio psicomotor**  
**Fuente: Clark (57)**

### **C) Teoría de la autodeterminación**

La teoría de la autodeterminación o SDT (*Self Determination Theory*), es una teoría que vincula la personalidad, la motivación humana y el funcionamiento óptimo. Plantea que existen dos tipos principales de motivación: intrínseca y extrínseca, y que ambas son fuerzas poderosas para determinar quiénes somos y cómo nos comportamos (58).

Según Deci y Ryan (58), la motivación extrínseca es un impulso para comportarse de ciertas maneras que provienen de fuentes externas y dan como resultado recompensas externas. Tales fuentes incluyen sistemas de calificación, premios y reconocimientos, y el respeto y admiración de los demás.

Por otro lado, la motivación intrínseca viene de dentro. Existen impulsos internos que nos motivan a comportarnos de ciertas maneras, incluidos nuestros valores fundamentales, nuestros intereses y nuestro sentido personal de moralidad.

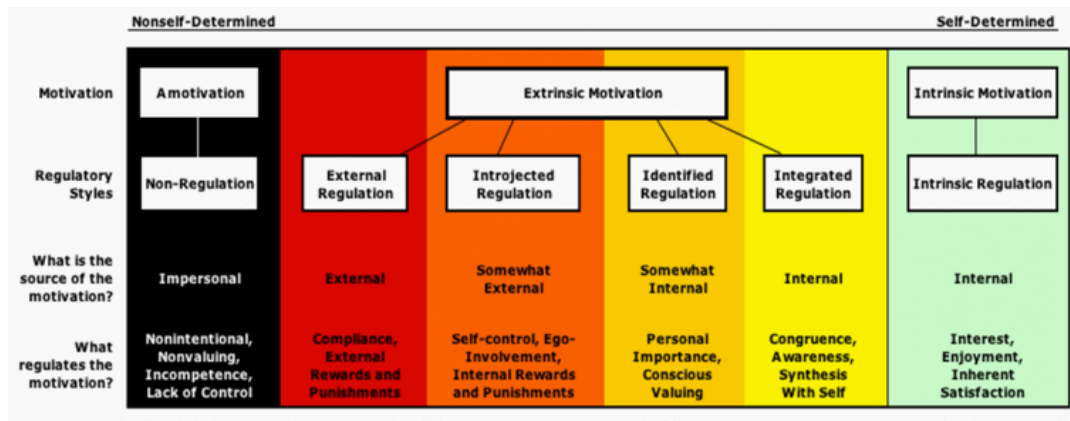
Hay otra distinción importante en los tipos de motivación. SDT diferencia entre motivación autónoma y motivación controlada (58).

La motivación autónoma incluye la que proviene de fuentes internas, pero también la de fuentes extrínsecas si el individuo se ha identificado con el valor de una actividad y siente que se alinea con su sentido de sí mismo. La motivación controlada se compone de una regulación externa, un tipo de motivación en la cual el comportamiento del individuo se dirige a través de recompensas y castigos externos, y una regulación introyectada, o una motivación que proviene solo de actividades y valores parcialmente internalizados y motivos como evitar la vergüenza, buscar aprobación, y proteger el ego. Cuando un individuo es impulsado por una motivación autónoma, se siente autodirigido y autónomo; cuando el individuo está motivado por una motivación controlada, siente la presión de comportarse de cierta manera y de experimentar poca o ninguna autonomía (58).

De acuerdo a Ackerman y Tran (59), rara vez nos sentimos motivados por un solo tipo de motivación; somos seres complejos con muchos objetivos, deseos e ideas diferentes sobre lo que queremos y necesitamos. Es útil pensar en cómo es algo continuo entre autodeterminado y no autodeterminado. En la Figura 14 se muestra el modelo continuo de



autodeterminación.

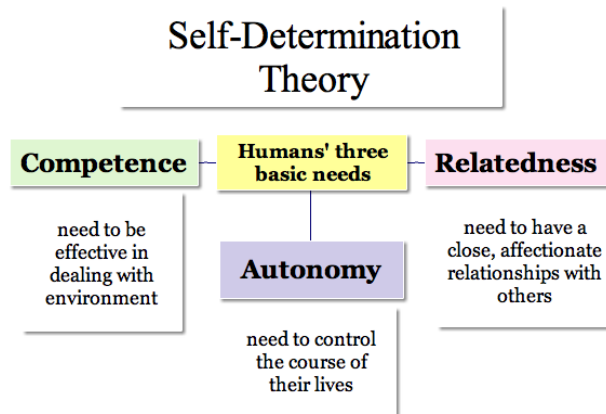


**Figura 14. Modelo continuo de autodeterminación**  
**Fuente: Ackerman y Tran (59)**

En el extremo izquierdo del espectro, tenemos “a-motivación”, en la que un individuo es completamente no autónomo, no tiene ninguna motivación para hablar y es probable que esté luchando por satisfacer cualquiera de sus necesidades. En el medio, tenemos varios niveles de motivación extrínseca.

El extremo derecho de la motivación continua muestra a un individuo completamente motivado por fuentes intrínsecas. En la regulación intrínseca, el individuo es automotivado y autodeterminado, y está impulsado por el interés, el disfrute y la satisfacción inherente a la conducta o actividad en la que está involucrado.

Tanto la motivación intrínseca como la extrínseca son determinantes muy influyentes de nuestro comportamiento y nos llevan a satisfacer las tres necesidades básicas identificadas por el modelo SDT (58). En la Figura 15 se muestran las tres necesidades básicas identificadas por el modelo SDT.



**Figura 15. Necesidades básicas del modelo STD**  
Fuente: Deci y Ryan (58)

Donde Deci y Ryan (58) describen a cada uno de ellos:

**“Autonomía:** las personas tienen la necesidad de sentir que son los dueños de su propio destino y que al menos tienen algún control sobre sus vidas; Lo más importante es que las personas tienen la necesidad de sentir que tienen el control de su propio comportamiento.

**Competencia:** otra necesidad concierne a nuestros logros, conocimientos y habilidades; las personas tienen la necesidad de desarrollar su competencia y desarrollar el dominio sobre las tareas que son importantes para ellos.

**Relación** (también llamada conexión): las personas necesitan tener un sentido de pertenencia y conexión con los demás; cada uno de nosotros necesita a otras personas hasta cierto punto”.

#### **D) Psicología positiva**

Según Seligman y Csikszentmihalyi (60), la psicología positiva es una nueva rama de la psicología que utiliza la comprensión científica y medidas efectivas de intervención para llevar a una vida satisfactoria, en lugar de solo tratar la enfermedad mental. Estaba arraigado en la psicología humanista del siglo XX, que se centró en el estudio de la felicidad y el sentido de logro. Se centra en tres temas diferentes: emociones positivas, rasgos positivos individuales e instituciones positivas. Las emociones positivas tienen que ver con el pasado, el presente y el futuro de la persona; abogan para que las personas estén contentas con el pasado, se diviertan en el presente y tengan esperanza para el futuro. Los rasgos individuales positivos se relacionan con

las fortalezas y virtudes de uno. Finalmente, las instituciones positivas se basan en fortalezas para mejorar una comunidad de personas.

*La psicología es mucho más grande que curar enfermedades mentales o curar enfermedades. Creo que se trata de sacar lo mejor de las personas; se trata de instituciones positivas; se trata de la fuerza de carácter (60).*

De acuerdo al artículo de Liang, Li y Yang (61), la psicología tradicional prestó más atención al efecto negativo de los videojuegos, pero el desarrollo de la psicología positiva nos da una nueva perspectiva, más y más investigadores han comenzado a cambiar el enfoque hacia el campo positivo de los videojuegos. A continuación, se lista una serie de puntos importantes del artículo:

- Los videojuegos tienen efectos en emociones positivas, por ejemplo, la compañía "Honorable" de Japón, produjo un juego llamado *Uncharted Waters*, que puede llevar al jugador a aprender a tolerar, planificar y mejorar su liderazgo al ofrecerles a los jugadores autoridad para organizar las posiciones de sus socios.

- Los videojuegos tienen efectos en calidad positiva, pueden mejorar la inteligencia de los jugadores y los rasgos cognitivos. Asimismo, el pensamiento crítico y creativo en el contexto del juego ocupa una posición importante en el desarrollo psicológico humano y en la formación del pensamiento. Además, los videojuegos positivos pueden promover la virtud y la fuerza de los jugadores, que es el núcleo de las cualidades positivas de los individuos, por ejemplo: el laboratorio de juegos digitales en la Universidad Normal de Taiwán extendió la influencia de los videojuegos en los jugadores a la práctica educativa, lo que resultó útil para ayudar a los estudiantes a establecer un sentido adecuado de moralidad y valores.

- Los videojuegos tienen efectos en relaciones interpersonales positivas. Con la popularidad de los videojuegos, aparece una creciente preocupación por la indiferencia interpersonal. Los estudios han demostrado que jugar videojuegos no afecta las relaciones entre las personas. En cambio, el patrón de interacción y los vínculos entre las personas se ha establecido de una manera nueva. Por lo tanto, la relación entre los videojuegos y los jugadores no es un simple modelo de interacción persona-computadora, sino una relación que contiene discusión, colaboración y reflexión sobre el proceso del grupo de compañeros.

Asimismo, el mismo artículo (61) vislumbra acerca del diseño de videojuegos en la perspectiva de la psicología positiva, resaltando algunos puntos a continuación:

- Los videojuegos están diseñados para luchar y la violencia para atraer jugadores, pero este diseño causará un impacto negativo. Si se podría explorar los mecanismos fisiológicos y psicológicos del juego, el entretenimiento y la experiencia de juego desde varios niveles de psicología positiva, y la importancia de mejorar las emociones positivas, la calidad, las relaciones, los jugadores podrán promover el desarrollo saludable, que en gran medida es psicológico.

- Los videojuegos pueden intensificar el contenido de aprendizaje de optimismo. La actitud optimista se puede obtener a través del aprendizaje. Por lo tanto, podemos considerar la posibilidad de incluir contenido en los videojuegos que permiten a las personas aprender el optimismo de los factores situacionales sobre la cognición, las emociones y la activación fisiológica de las personas.

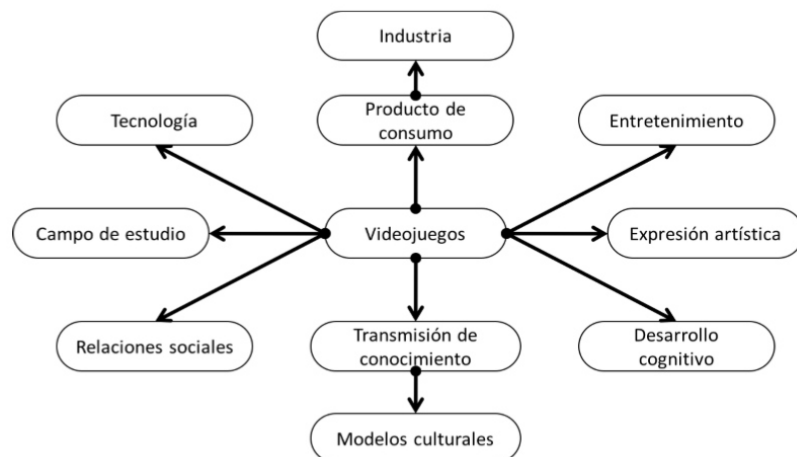
- Los videojuegos pueden intensificar el estado emocional positivo con el flujo, El flujo puede despertar la emoción positiva como una declaración psicológica, de modo que los diseñadores del juego pueden agregarla a los videojuegos.

El flujo describe el estado de alguien enfocándose completamente en una actividad y olvidando todo lo que está fuera, por lo que se refiere a la experiencia óptima. Los diseñadores de juegos deben tener en cuenta la teoría del flujo, el uso de imágenes positivas y una voz maravillosa para generar una afirmación positiva y estable en el proceso, será exitoso y atractivo. El flujo se logra balanceando las habilidades actuales del jugador con la dificultad de los desafíos del juego, generalmente las habilidades y la dificultad van aumentando en el transcurso de los niveles de juego.

- Un buen juego debe construirse sobre la realidad de la comunicación. Hoy en día, los videojuegos ofrecen un entorno virtual para los jugadores, pero si uno juega un papel en el juego, forma parte de él y se está acercando aún más a la realidad. Los videojuegos deben estar diseñados para conectarse a la vida cotidiana y al círculo de amigos, para que pueda mantener la relación con los amigos y la experiencia de la vida cotidiana. Dicha experiencia concreta es el corazón del enfoque de diseño de videojuegos en el que el conocimiento se construye, no se transmite, como resultado de experimentar e interactuar con el entorno. Finalmente, los desarrolladores de juegos pueden realizar juegos interactivos diseñados para ciertos grupos específicos. Por ejemplo, la depresión y los métodos de tratamiento de la psicología positiva en los videojuegos, por lo que el tratamiento de la depresión en pacientes con entretenimiento en el juego, para que reciban capacitación y desarrollo en salud mental.

### **2.2.1.3. Aspectos sociales**

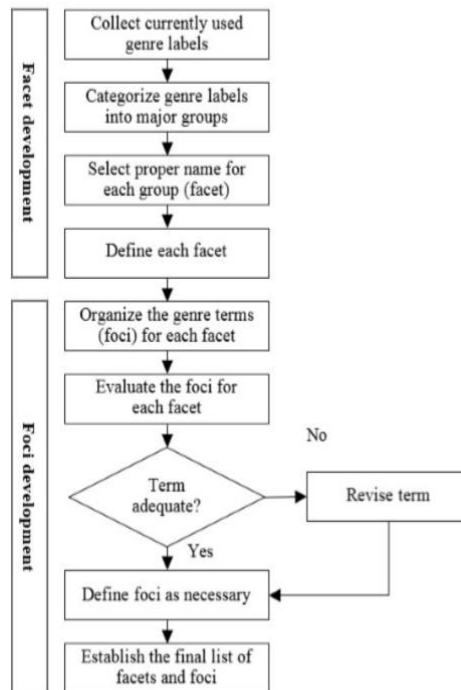
En la Figura 16 se muestran las dimensiones contextuales del videojuego, el estudio de la UAB (49) muestra que los videojuegos reciben influencias para su desarrollo, de su entorno en espacio y tiempo.



**Figura 16. Dimensiones contextuales del videojuego**  
**Fuente: UAB (49)**

#### **2.2.1.4. Género de videojuegos:**

El artículo Análisis de Facetas de Géneros de Videojuegos (62), describe que el género es una característica importante para organizar y acceder a los videojuegos, sin embargo, los descriptores actuales de los géneros de videojuegos no están estandarizados, no están definidos y están integrados con múltiples dimensiones de información. Este artículo describe el desarrollo de un esquema más complejo y sofisticado que consta de 12 facetas y 358 focis para describir y representar información de género de videojuegos. En la Figura 17 se muestra el diagrama de flujo utilizado para el análisis y desarrollo de las facetas y focis.



**Figura 17. Diagrama de flujo para análisis y desarrollo de facetas y focis**  
**Fuente: Ha Lee et al. (62)**

Y en la Tabla 5 se muestran las 12 facetas y sus respectivos ejemplos.

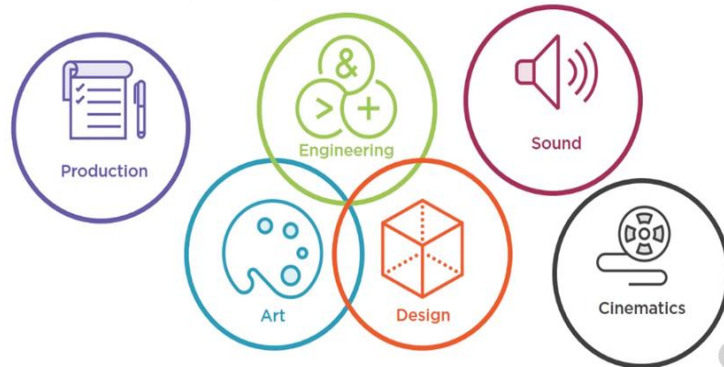
**Tabla 5. Facetas de género de videojuegos con ejemplos de etiquetas de género que representan cada faceta**

Faceta	Número de Focis	Ejemplos de Focis
<b>Jugabilidad</b>	10	<i>Action, Fighting, RPG, Strategy, Puzzle</i>
<b>Estilo</b>	100	<i>Under gameplay "Action" (Beat'em up, Platformer, Rhythm) Under gameplay "Shooter" (Shmup, Light Gun, Run &amp; Gun)</i>
<b>Propósito</b>	7	<i>Education, Entertainment, Party</i>
<b>Audiencia objetivo</b>	18	<i>Everyone (ESRB), 12+ (iTunes), MA-17 (VRC), Low maturity</i>
<b>Presentación</b>	10	<i>2D, 3D, Grid-based, Side scrolling</i>
<b>Estilo artístico</b>	9	<i>Abstract, Cel-shaded, Retro</i>
<b>Aspecto temporal</b>	7	<i>Real-time, Turn-based, Multiple game clocks, Timed action</i>
<b>Punto de vista</b>	4	<i>First person, Third person, Overhead, Multiple perspectives</i>
<b>Tema</b>	22 (parent) 127 (child)	<i>Nature: Animals, Dinosaurs Food: Restaurant, Bakery Fantasy: Princess, Knights Sports: Baseball, Basketball</i>
<b>Trama</b>	16 (spatial) 6 (temporal)	<i>Spatial: Casino, Spaceship, Western, Urban Temporal: Medieval, Modern, Futuristic, Steampunk</i>
<b>Humor / Afecto</b>	15	<i>Horror, Humorous, Dark, Peaceful</i>
<b>Tipo de final</b>	5	<i>Finite, Branching, Circuitous, Infinite, Post-game</i>

**Fuente: Ha Lee et al. (62)**

### 2.2.1.5. Roles en el desarrollo de videojuegos

En la Figura 18 se muestran gráficamente los principales departamentos de un estudio de videojuego y en la Tabla 6, se describen cada uno de ellos con sus roles y tareas asociadas.



**Figura 18. Principales departamentos en un estudio de videojuego**  
Fuente: Hudson (63)

**Tabla 6. Principales departamentos en un estudio de videojuego**

Departamento	Roles / Tareas
Dirección / Gestión / Producción	Administrador del proyecto Determinar tiempos y cronogramas Creación de tareas y seguimiento Ayuda a eliminar bloqueadores Comunicación con otros departamentos
Programación / Ingeniería	Programador de herramientas y utilidades Programador de jugabilidad Programación de IA Programador del motor de juego Ingeniero de redes Programador de UI
Arte	Artista de concepto Artista de entorno Artista de efectos Artista de animaciones Artista de personajes
Diseño	Diseñador de juego Diseñador de narrativa Diseñador técnico Diseñador de sistemas Diseñador de nivel Diseñador de UI
Sonido	Creación y grabación de todo el audio
Cinemáticas	Desarrolla escenas de corte para contar momentos épicos en la historia

**Fuente: Hudson (63)**



## 2.2.1.6. Diseño

### A) Conceptos básicos

#### □ ¿Qué es diseño de juego?

En el libro “*The art of Game Design. A book of lenses*” (64) se define al diseño de juego como el acto de decidir cómo debería ser un juego, estas decisiones no son solo unas cuantas, pueden llegar a ser cientos e incluso miles. Además, se afirma que diseñar es un rol, no una persona, eso quiere decir que cualquier persona que toma decisiones acerca de cómo debe ser un juego puede ser un diseñador. La UBA (49) explica que el objetivo del diseñador es crear experiencias para el jugador y no en sí hacer juegos. En la Tabla 7 se describen las tareas básicas en el diseño de juegos.

**Tabla 7. Tareas básicas en el diseño de juegos**

Tarea	Descripción
Creación a nivel de concepto	Pensar la experiencia de juego Concretar el target de público Definir las mecánicas Escoger una ambientación y una historia Definir conceptualmente los personajes Pensar los niveles Decidir cómo será la progresión del juego
Generación de documentación	<i>High Concept</i> <i>Pitch</i> <i>Concept</i> <i>Game Design Document</i> <i>Level Design Document</i>
Comunicación	Explicar la parte del concepto Transmitir cambios y correcciones Integrar diferentes puntos de vista Saber escuchar
Creación de niveles	Pensar la división del juego Concretar la estructura de cada nivel Decidir el peso y función de cada mecánica Mantener la coherencia y la progresión
Implementación del diseño	Pasar del papel a la realidad Introducir las mecánicas y comprobar su relación Testear, retocar y balancear Mantener la experiencia
Gestión	Organizar la documentación Organizar el equipo y las tareas de diseño Ir gestionando cómo se van integrando los elementos de arte y programación Visión global

Fuente: UAB (49)

## □ La experiencia de juego

En el artículo “*The Design, Play and Experience Framework*” (65) se define a la experiencia de juego como “respuestas emocionales resultantes en el jugador cuando juega.” El cual es una definición adaptada del artículo “*MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research*” (66), donde se nombra a la experiencia como “Estética”, que es lo que describe las respuestas emocionales deseables evocadas en el jugador, cuando este interactúa con el sistema de juego. Para describir la estética, LeBlanc (66) recomienda usar un vocabulario diferente a “Divertido” o “Jugable”. En la Figura 19 se muestra la taxonomía que aparece en el artículo.

1. <b>Sensation</b> <i>Game as sense-pleasure</i>	5. <b>Fellowship</b> <i>Game as social framework</i>
2. <b>Fantasy</b> <i>Game as make-believe</i>	6. <b>Discovery</b> <i>Game as uncharted territory</i>
3. <b>Narrative</b> <i>Game as drama</i>	7. <b>Expression</b> <i>Game as self-discovery</i>
4. <b>Challenge</b> <i>Game as obstacle course</i>	8. <b>Submission</b> <i>Game as pastime</i>

**Figura 19. Taxonomía de estética de juego**  
**Fuente: LeBlanc et al. (66)**

La UAB (49) define experiencia como “conjunto de reacciones que siente y procesa el jugador”, y añade que tener clara la experiencia que se quiere conseguir es una gran ayuda a la hora de diseñar. Asimismo, categoriza la experiencia basada en diferentes dimensiones, en la Tabla 8 se muestran las dimensiones de la experiencia de juego y sus ejemplos respectivos:

**Tabla 8. Dimensiones de la experiencia de juego**

<b>Dimensión</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Física</b>	Aspectos motores y fisiológicos del cuerpo del jugador	Cantidad, intensidad, distribución y coordinación de actividad física
<b>Motivacional</b>	Aspectos motivacionales que impulsan y dirigen la voluntad y el deseo del jugador	Exploración, reto y recompensa, competición, cooperación, autosuperación, drama, inmersión, coleccionismo
<b>Emocional</b>	Aspectos emocionales que se producen en el jugador cuando juega	Alegría, sorpresa, miedo, tristeza, ira, vergüenza, interés, menosprecio
<b>Cognitiva</b>	Procesos cognitivos de la mente del jugador, la mente es una herramienta que procesa información, utilizando los procesos cognitivos	Percepción, atención, memoria, planificación, resolución de problemas, identificación de patrones
<b>Social</b>	Aspectos sociales, en relación con otros individuos	Generación de relaciones utilitarias (cooperación, competición, aportación), generación de grupos, comunicación

**Fuente: UAB (49)**

#### □ **Mecánica de juego**

LeBlanc y sus compañeros (66) definen a la mecánica de juego como: “lo que describe los componentes particulares del juego, a nivel de representación de datos y algoritmos”, mientras Winn (65), lo define como: “son las reglas formales que definen el funcionamiento del mundo del juego, lo que el jugador puede hacer, los desafíos que enfrentará y las metas que tiene que cumplir”.

“Las mecánicas conforman el núcleo del diseño de juego” (49). Finalmente, la UAB (49), define “mecánica de juego” como: “a nivel básico, las mecánicas son todos los elementos que interactúan en el juego, así como las relaciones entre sí.” En la Tabla 9 se muestra la clasificación propuesta por la UAB.

**Tabla 9. Clasificación de mecánicas de juego**

Tipo de mecánica	Descripción	Ejemplos
<b>Objetos o elementos</b>	<p>Son todos aquellos elementos que aparecen en el juego.</p> <p><b>Presentan niveles de interactividad:</b> interactivo, activo, pasivo.</p> <p><b>Tienen atributos:</b> tamaño, apariencia, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escenario</li> <li>• Personaje avatar</li> <li>• Enemigos</li> <li>• Armas y objetos especiales</li> <li>• Vehículos</li> </ul>
<b>Comportamientos</b>	<p>Cada elemento u objeto puede tener comportamientos asociados.</p> <p>Se extraen del desplazamiento en el escenario, movimiento interno e interacción con otros objetos.</p> <p><b>Tipos básicos:</b> acciones, reacciones</p> <p><b>Tienen atributos:</b> velocidad, distancia, etc.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desplazamiento</li> <li>• Salto</li> <li>• Esconderse/Cubrirse</li> <li>• Golpeo</li> <li>• Disparo</li> <li>• Usar objetos</li> <li>• Recibir daño y morir</li> <li>• Recibir vida</li> <li>• Pilotar</li> </ul>
<b>Reglas</b>	<p>Reglas de alto nivel de jerarquía sirven de límite y motivación a las acciones del jugador</p> <p>Reglas de menor nivel de jerarquía delimitan la interacción de los elementos y sus comportamientos entre sí.</p> <p><b>Reglas que determinan los objetivos del jugador:</b> implica qué debe hacer el jugador para avanzar en el juego.</p> <p>Hay objetivos primarios, secundarios, intermedios, etc.</p> <p>Los objetivos construyen retos combinando varias mecánicas.</p> <p><b>Retos:</b></p> <p>Motivan al jugador</p> <p>Crean un problema que él debe resolver</p> <p>Tiene que encajar con sus habilidades</p> <p>Hay retos físicos (reacción) y mentales (<i>puzzles</i>)</p> <p>Hay conductas que toma el jugador para resolverlos: estrategia exitosa, no exitosa, dominante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglas sobre la división del juego en modos y niveles.</li> <li>• Reglas sobre las condiciones de inicio, existencia y fin de juego (vida/muerte).</li> <li>• Reglas sobre los objetivos, así como sus requisitos.</li> <li>• Reglas sobre los niveles de dificultad.</li> <li>• Reglas sobre el sistema de recompensa y castigo.</li> <li>• Reglas sobre turnos, puntuaciones, tiempo, etc.</li> <li>• Reglas que relacionan objetos o elementos y comportamientos.</li> <li>• Reglas sobre el arte. (tamaño, etc.)</li> </ul>

**Fuente: UAB (49)**

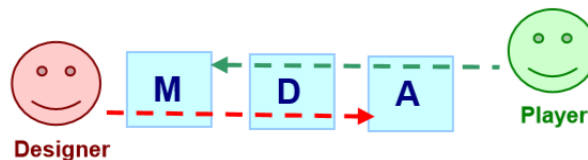
Según la UAB (49), las tres **C** (*character, control, camera*) son la base del diseño de todo videojuego, las cuales son consideradas mecánicas al igual que la interfaz gráfica de usuario o GUI.

## □ **Dinámica de juego:**

LeBlanc (66) y Winn (65) tienen definiciones muy parecidas sobre dinámica de juego, el cual es: “dinámica de juego es el comportamiento resultante en tiempo de ejecución, cuando las reglas del juego, o las mecánicas, se instancian a lo largo del tiempo con la influencia de la interacción del jugador”.

## **B) Marco MDA**

La *Mechanic-Dynamic-Aesthetic* es un enfoque formal para comprender los juegos que intentan cerrar la brecha entre el diseño y desarrollo, la crítica y la investigación técnica del juego (66). En la Figura 20 se muestra la relación entre el diseñador y el jugador.



The designer and player each have a different perspective.

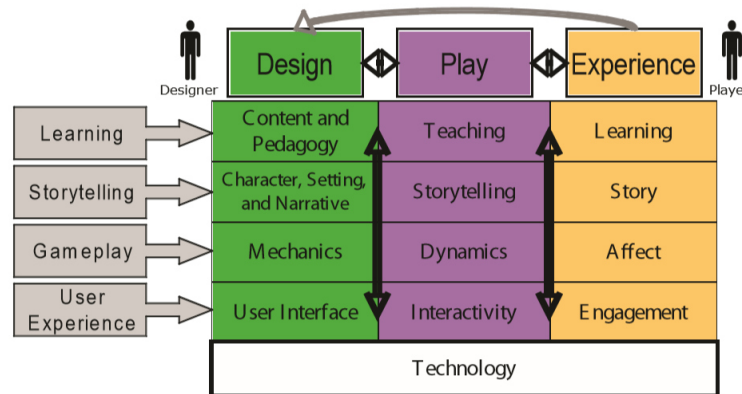
**Figura 20. Relación entre el diseñador y el jugador**  
**Fuente: LeBlanc et al. (66)**

Donde el diseñador diseña las mecánicas (M) o reglas formales del juego. Estas reglas son instanciadas en el momento del juego y son influenciadas por las entradas del jugador, que forman la dinámica (D) o el comportamiento en tiempo de ejecución del juego. La estética (A) del juego son las respuestas emocionales resultantes en el jugador cuando juega.

## **C) Marco DPE**

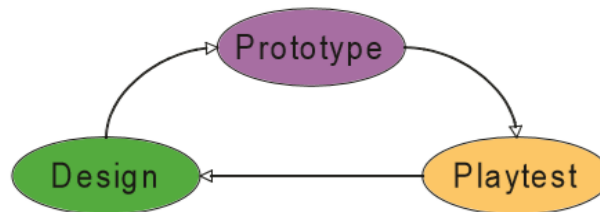
El marco de diseño (*design*), juego (*play*) y experiencia (*experience*) (65) se creó como una expansión del marco de MDA para abordar las necesidades de diseño de juegos serios para el aprendizaje, al mismo tiempo que intenta abordar algunas de las barreras semánticas incluyendo la narración, la experiencia del usuario y la influencia de la tecnología en el diseño. En la Figura 21 se muestra el marco DPE extendido, incluidas las capas de aprendizaje, narración de historias, juego y experiencia del usuario. Cada capa tiene un aspecto de diseño, juego y experiencia. La tecnología está

representada en la capa inferior. Si bien el diseñador no necesariamente diseña la tecnología, el diseño en sí se realiza (o no) en la tecnología.



**Figura 21. Marco DPE extendido**  
Fuente: Winn (65)

La flecha que vuelve de la experiencia al diseño representa tanto la influencia de los objetivos en el diseño original como la iteración en el diseño una vez que se prueba un prototipo del juego con los objetivos de la experiencia. Esto refleja el proceso inherentemente iterativo del diseño de juegos (67), que incluye el diseño, la creación de prototipos, las pruebas de juego y la repetición del diseño basado en la experiencia de las pruebas de juego. En la Figura 22 se muestra el proceso de diseño iterativo.



**Figura 22. Proceso de diseño iterativo**  
Fuente: Winn (65)

#### D) Pensamiento de diseño (*design thinking*)

Según Brown, CEO de IDEO (68), el pensamiento de diseño es un enfoque de la innovación centrado en el ser humano que se basa en el conjunto de herramientas del diseñador para integrar las necesidades de las personas, las posibilidades de la tecnología y los requisitos para el éxito empresarial. En la Figura 23 se muestra la intersección donde vive el pensamiento de diseño, reúne lo que es deseable desde un punto de vista humano con lo que es

tecnológicamente factible y económicamente viable.



**Figura 23. La intersección donde vive el pensamiento de diseño**  
**Fuente: Brown (68)**

En la Figura 24 se muestran las tres actividades núcleo del pensamiento de diseño, las cuales son un reflejo del proceso de diseño iterativo (Figura 22)



**Figura 24. Las tres actividades núcleo del pensamiento de diseño**  
**Fuente: Brown (68)**

## **E) Control**

De acuerdo al libro “*A Game Design Vocabulary*” (69), las acciones que puede hacer el jugador (verbos) para interactuar con otras reglas en un videojuego están conectadas con acciones físicas. El trabajo de un diseñador es construir la conexión entre la acción que realiza en el juego y la acción física lo más cercana posible, al mismo tiempo tiene que ser conciso con la idea del juego, por ejemplo, un juego de pensamiento rápido debe tener acciones también rápidas.

De acuerdo a la UAB (49), el control es extremadamente importante para la jugabilidad y la usabilidad, condicionando altamente la experiencia, cuyo objetivo es facilitar la interacción del jugador con el juego. Igualmente añade que, como hardware los dispositivos de control han evolucionado mucho en cuanto a: número de botones, joysticks con más precisión, vibración, ergonomía y conectividad. En la Tabla 10 se muestran algunos tipos de dispositivo de control.

**Tabla 10. Tipos de dispositivo de control**

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplos</b>
Mando de control	Diseñados para usarse con las dos manos. Típico de consolas. Ideal para juegos de acción, aventura y estilo <i>arcade</i> . Ofrecen vibración y conectividad. Posibilidad de configuración relativa.	<i>Wiimote, Wii u gamepad, Steam controller, Xbox One controller</i>
Teclado y ratón	Diseñados para utilizarse con dos manos. Perfil diestro. Ofrecen más botones y la precisión del ratón. Vinculado a los PC. Ideal para juegos de estrategia, gestión, y aventura gráfica. Altamente configurable.	Dispositivos específicos para " <i>gaming</i> ", más precisos y configurables
Superficies táctiles	Diseñadas para utilizarse con la mano. Perfil ambidiestro. Típico de móviles y tabletas. Acompañados de sensores de movimiento. Control sencillo. Cuentan con botones físicos y botones en UI. Están vinculados a juegos casuales de tipo sencillo.	Mandos y consolas portátiles han empezado a adoptarlo. Nintendo DS/3DS
Sensores de movimiento	Se utiliza el movimiento del cuerpo. En función del sensor, se captura más o menos información: orientación, fuerza, distancia, etc. Experiencia más intuitiva. más exigente físicamente. vinculados a juegos tipo casual, físicos (baile, deportes, gimnasia)	<i>Wii, Play Station Move, Kinect</i> . Portátiles. Dispositivos móviles. <i>Oculus Touch Controls. Vive controls.</i>

**Fuente: UAB (49)**

## **F) Balance**

“Balancear o equilibrar un juego no es más que ajustar los elementos del juego hasta que ofrezcan la experiencia deseada” (64).

“Balancear o equilibrar implica evitar que existan mecánicas que rompan la experiencia de juego deseada. Los diferentes parámetros de las mecánicas deben tener una influencia parecida a la hora de funcionar como estrategias para superar los retos” (49).

También de acuerdo a la UAB (49), no siempre balancear significa lograr un juego justo, en algunos juegos se busca situaciones injustas expresamente como juegos con niveles de dificultad extremos que alimentan el aspecto motivacional de la autosuperación del jugador.



En la Tabla 11 se muestran los criterios en qué aplicar el balance de un videojuego.

**Tabla 11. Criterios en los que aplicar el balance de un videojuego**

<b>Criterio</b>	<b>Descripción</b>
Simetría	Opciones y recursos iniciales de cada entidad enfrentada en el juego.
Reto vs. Logro	Utilizar inteligentemente la dificultad para no frustrar al jugador y conseguir que esté siempre enganchado al juego.
Habilidad vs. Azar	Utilizar con cuidado el azar para evitar que ciertas mecánicas de comportamiento aleatorio puedan dar la sensación de desequilibrio.
Cabeza vs. Manos	Peso que se da a mecánicas que piden resolución de problemas y a mecánicas que requieren destreza manual.
Simple vs. Complejo	Hay que saber combinar de manera adecuada y progresiva situaciones simples y complejas en función del tipo de juego.
Libertad vs. Experiencia controlada	Hay que saber combinar mecánicas que conllevan libertad en las decisiones del jugador con mecánicas que hacen justamente lo contrario.

*Fuente: UAB (49)*

### **G) Jugabilidad**

Según la UAB (49), jugabilidad es la distribución de las mecánicas pensada para provocar una experiencia en un tipo de jugadores. La jugabilidad se piensa y diseña a partir del diseño de juego inicial, y del posterior desarrollo de las mecánicas. Una parte específica de la jugabilidad es el diseño del nivel.

La tesis doctoral titulada “Jugabilidad: Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos” (70) donde el autor define “jugabilidad” como el conjunto de propiedades que describen la experiencia del jugador ante un sistema de juego determinado, cuyo principal objetivo es divertir y entretener “de forma satisfactoria y creíble” ya sea solo o en compañía. En esta misma tesis, el autor propone una lista de atributos para caracterizar la jugabilidad, mostradas en la Tabla 12.

**Tabla 12. Atributos para caracterizar la jugabilidad**

Atributo	Descripción
Satisfacción	Agrado o complacencia del jugador ante el videojuego y el proceso de jugarlo.
Aprendizaje	Facilidad para comprender y dominar el sistema y la mecánica del videojuego, es decir, los conceptos definidos en el <i>Gameplay / Game Mechanic</i> del juego: objetivos, reglas y formas de interactuar con el videojuego.
Efectividad	Tiempo y recursos necesarios para ofrecer diversión al jugador mientras este logra los objetivos propuestos en el videojuego y alcanza la meta final.
Inmersión	Capacidad para creerse lo que se juega e integrarse en el mundo virtual mostrado en el juego.
Motivación	Característica del videojuego que mueve a la persona a realizar determinadas acciones y a persistir en ellas para su culminación.
Emoción	Impulso involuntario originado como respuesta a los estímulos del videojuego, que induce sentimientos y que desencadena conductas de reacción automática.
Socialización	Atributos que hacen apreciar el videojuego de distinta manera al jugarlo en compañía (multijugador), ya sea de manera competitiva, colaborativa o cooperativa.

**Fuente: Gonzáles (70)**

En la Tabla 13 se muestran algunas directrices generales para el diseño e implementación de la jugabilidad.

**Tabla 13. Diseño e implementación de la jugabilidad**

Diseño de la jugabilidad	Implementación de la jugabilidad
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realiza actuando en dos niveles.</li> <li>- Ajustando los parámetros y atributos de cada mecánica. <i>Ejemplo:</i></li> <li>- La velocidad de un personaje en un videojuego de plataformas</li> <li>- Ajustando el peso de cada mecánica en el juego.</li> <li><i>Ejemplo:</i></li> <li>- En un juego de plataformas el salto tiende a tener más peso en relación con otras mecánicas típicas del género.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La jugabilidad se aplica como un proceso circular de mejora</li> <li>- Implementación de una mecánica &gt; Evaluación de sus efectos &gt; Retoque y ajuste &gt; Reevaluación de sus efectos &gt; Aceptación o descarte</li> <li>- La evaluación es muy importante</li> <li>- Hay que tener claro lo que se busca &gt; Probarlo en varios departamentos &gt; Diseñadores, programadores, artistas etc.&gt; Anotar errores o conflictos</li> </ul>

**Fuente: UAB (49)**

Finalmente, en la Tabla 14 se muestran los estilos de jugabilidad.

**Tabla 14. Estilos de jugabilidad**

<b>Estilo</b>	<b>Descripción</b>
Casual	Cuando en un juego se utilizan pocas mecánicas principales, con un control simplificado, con poca variedad y con poca progresión de la dificultad, en partidas cortas, con poco peso de la historia y dirigidos a un público no experto.
<i>Arcade</i>	Incluyen un control sencillo, y no muchas mecánicas, pero presenta más variedad de entornos y más progresión de la dificultad, con partidas de duración variable, donde la historia puede tener un peso bajo o medio, y dirigidos a un público ya acostumbrado a jugar.
<i>Hardcore</i>	Contempla un control complejo, acorde a un abanico amplio de mecánicas controlables, en entornos y ambientaciones de gran variedad y con mucha progresión de la dificultad. Las partidas tienden a ser largas, con un peso relativo de la historia, ya que se tiende a la competitividad multijugador, y dirigido a un público experto y exigente.
Simulación	Ofrece un control muy complejo, con también muchas mecánicas, con poca progresión de la dificultad, las partidas tienden a ser largas sin mucho peso en la historia y dirigido a un público experto en la temática de que trate la simulación, ya que se busca su representación realista.

**Fuente: UAB (49)**

## H) Facetas de la jugabilidad

Gonzáles (70), define facetas de jugabilidad haciendo una comparativa con la teoría de múltiples inteligencias de Gardner. Cada faceta permite identificar y medir más fácilmente los atributos de la jugabilidad, y relacionar esta jugabilidad con elementos más concretos de un videojuego. Las facetas actúan como subdivisiones lógicas de la jugabilidad global en jugabilidades un poco más específicas. En la Tabla 15 se muestran las facetas de la jugabilidad.

**Tabla 15. Facetas de jugabilidad**

<b>Faceta</b>	<b>Descripción</b>
<b>Jugabilidad intrínseca</b>	Medida en la propia naturaleza del juego y cómo se proyecta al jugador. Analizada cómo se representan las reglas, los objetivos, el ritmo y mecánicas del videojuego.
<b>Jugabilidad mecánica</b>	Asociada a la calidad del videojuego como <i>software</i> . Ligada al <i>Game Engine</i> (gráficos, audio, interfaz, etc.)
<b>Jugabilidad interactiva</b>	Todo lo relacionado con la interacción con el usuario (diseño de UI, UX, sistemas de control, etc.)
<b>Jugabilidad artística</b>	Asociada a la calidad y adecuación artística y estética de todos los elementos del videojuego (calidad gráfica y visual, audio, historia y narrativa, ambientación, etc.)
<b>Jugabilidad</b>	Tiene como objetivo la percepción que tiene el propio usuario del

<b>intrapersonal</b>	videojuego y los sentimientos que le produce.
<b>Jugabilidad interpersonal</b>	Muestra las sensaciones de los usuarios cuando se juega en grupo, en forma competitiva o cooperativa.

Fuente: González (70)

En la Figura 25 se muestra la relación entre las facetas de jugabilidad y los elementos de un videojuego.

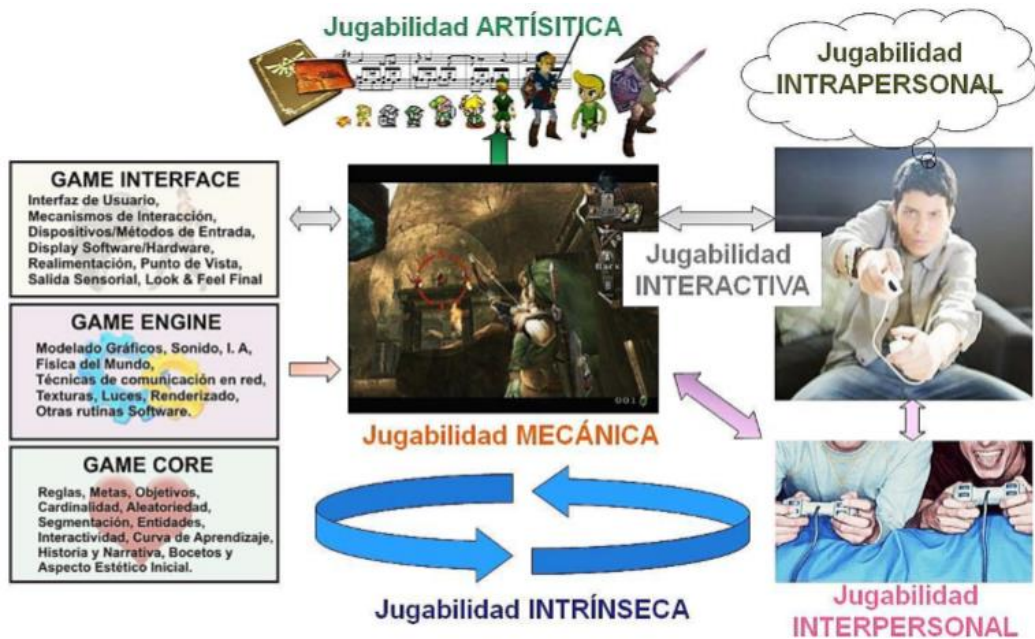


Figura 25. Relación entre las facetas de jugabilidad y los elementos de un videojuego  
Fuente: González (70)

Y en la Figura 26 se muestra la relación a nivel interactivo entre las facetas de jugabilidad.

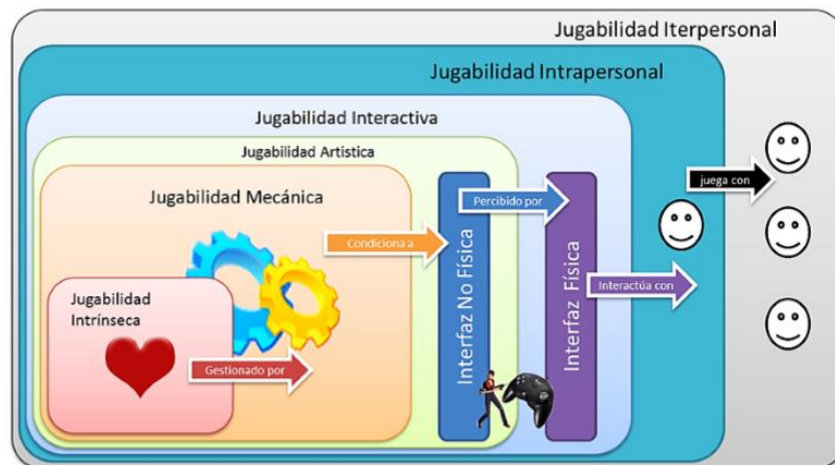


Figura 26. Relación a nivel interactivo entre las facetas de jugabilidad  
Fuente: González (70)

## I) Documentación del diseño

Según la UAB (49), la creación del diseño genera mucha información y esa información debe ser documentada, generalmente por el departamento de diseño.

En la Tabla 16 se muestran la importancia, criterios y tipos de documentación.

**Tabla 16. Importancia, criterios y tipos de documentación**

<b>Importancia</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sirve de testimonio de las decisiones tomadas</li><li>- Ayuda a entender el proyecto</li><li>- Determina lo que hay que hacer o lo que no</li><li>- Comunica a los demás sobre el diseño</li></ul>
<b>Criterios</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Claridad:</b> evitar términos y construcciones ambiguas o que puedan provocar malentendidos.</li><li>- <b>Concreción:</b> descripciones demasiado genéricas pueden ser contraproducentes y generar confusiones.</li><li>- <b>Eficiente:</b> utilizar los menores recursos disponibles para comunicar lo máximo como imágenes de referencia o esquemas, que ayudan muchas veces a transmitir información de manera más rápida y concentrada.</li><li>- <b>Varios formatos:</b> documentos de textos, diagramas, presentaciones, etc.</li><li>- <b>Empatía:</b> saber ponerse en el punto de vista de los potenciales lectores, adaptando el lenguaje usado y favoreciendo, así, su comprensión.</li></ul>
<b>Tipos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>High concept:</b> definición resumida en una frase de lo que es el juego.</li><li>- <b>Pitch:</b> descripción más detallada sobre el juego, enfatizando los aspectos más comerciales o de marketing, interés que pueda tener el público, diferencias con la competencia, etc.</li><li>- <b>Concept:</b> información sobre diversos aspectos del juego a nivel básico de detalle.</li><li>- <b>Game design document:</b> información sobre diversos aspectos del juego a nivel completo de detalle (aspectos jugables, técnicos y artísticos)</li><li>- <b>Technical design document:</b> especifica aspectos técnicos de diseño.</li><li>- <b>Level design document:</b> especifica el diseño de cada nivel de juego.</li><li>- <b>Story bible:</b> detalla la historia, el guion y los diálogos.</li><li>- <b>Requirements document:</b> detalla las mecánicas de juego.</li></ul>

**Fuente: Pere Nolla (49)**

## J) Game Design Document (GDD)

De acuerdo a Kruse (71), un Documento de Diseño de Juego o *Game Design Document* es un documento que un diseñador de juegos compila mientras se desarrolla un juego.

Para Baldwin (72), el GDD es el plano desde el cual se construirá un videojuego, cada detalle necesario para construirlo debe abordarse en el

documento (o documentos de soporte), además afirma que, según el tipo de juego, cada GDD puede ser diferente. Cabe destacar que el GDD es un documento vivo, el cual cambia, mejora y se completa en todo el transcurso del proceso de desarrollo de un juego (49) (73) (74) (71).

Hay varias propuestas para el contenido del GDD, en las Tablas 17, 18 y 19 se muestran tres diferentes tipos de contenido recomendadas por tres universidades diferentes:

**Tabla 17. Secciones del GDD recomendadas por la UAB**

<b>Parte / Sección</b>	<b>Descripción</b>
Concepto de juego	Síntesis en pocas frases de los elementos clave que definen el videojuego
Descripción ampliada	Información ampliada dada en el concepto de juego
Sistema de juego y mecánicas	Cámara y punto de vista Desarrollo del juego, retos y objetivos Mecánicas Control
Historia	Personajes, centrado en el conflicto y en los tres actos
Ambientación y estilo artístico	Puesta en escena, iluminación, arte de personajes, paleta de colores, animaciones, GUI
Música y sonido	Estilo de los efectos y temas musicales
Tecnología específica	Efectos complejos Tecnología principal utilizada

**Fuente: Pere Nolla (49)**

**Tabla 18. Secciones del GDD recomendadas por la Universidad de los Andes**

<b>Parte / Sección</b>	<b>Descripción</b>
Página de presentación	Título del juego, logo, plataforma de despliegue. Género, público objetivo, clasificación ESRB, fecha de lanzamiento.
Esbozo del juego	Historia, ambientación, personajes, conflicto. Flujo de juego general, condición de victoria y derrota.
Flujo de juego	Progresión (habilidades, ítems), sistemas de juego (experiencia, dinero, puntaje, etc.)
Personajes y controles	Personaje principal, historia, características, acciones, mapa de controles
Jugabilidad y elementos específicos de la plataforma	Tipo de jugabilidad, género, división de la secuencia de juego (niveles, rondas, capítulos)
Mundo de juego	Diagrama de flujo de los entornos que el jugador va a visitar, tipo de conexión, enlace con la historia
Interfaces hombre-máquina	Diagrama de navegación
Mecanismos	Mecánicas de jugabilidad
Enemigos y jefes	Características, inteligencia artificial, recompensas
Material extra	Presentación de la historia Contenido desbloqueable Rejugabilidad

**Fuente: Vasco (75)**

**Tabla 19: Secciones del GDD recomendadas por la Universidad Estatal de Michigan**

Parte / Sección	Descripción
Historia de diseño	Descripción de diferentes versiones del documento, registro de cambios
Información general del juego	Filosofía, preguntas frecuentes
Conjunto de características	Características principales, características multijugador, editor, jugabilidad
Mundo de juego	Características, mundo físico, escala, objetos, clima, ciclo de día y noche, tiempo
Personajes	Personaje principal, enemigos, aliados
Interfaz de usuario	Toda la interfaz usada
Música y efectos de sonido	Diseño de sonido, sonido 3D, etc.
Cosas Misceláneas Extra	Cualquier información que no tiene un buen lugar puede ir aquí.

**Fuente: Taylor (74)**

### K) Diseño de nivel

Un nivel es una distribución de las mecánicas, a través de la creación de niveles, se implementa parte de la jugabilidad (49).

El diseño de niveles es uno de los factores clave para determinar la experiencia que provocamos al jugador (49).

En la Tabla 20 se muestran las diferencias entre un *Game Designer* y un *Level Designer*.

**Tabla 20. Diferencias entre un Game Designer y un Level Designer**

Game Designer	Level Designer
Crea mecánicas junto con programadores y artistas.	Agrupar y mezcla las mecánicas para crear niveles.
Crea nuevas mecánicas y piensa cómo se relacionan con las existentes.	Trabaja con las restricciones de las mecánicas y sistemas existentes.
Piensa en variaciones para las mecánicas.	Trata de lograr nuevas e interesantes combinaciones.

**Fuente: O' Donnel (74)**

En la Tabla 21 se muestran los elementos del diseño de nivel según la UAB (49):

**Tabla 21. Elementos del diseño de nivel**

Elemento	Descripción
Escenario	Escala, niveles de altura, agujeros, divisiones de espacio, acceso y conectividad
Mecánicas relativas al escenario	Puertas, obstáculos, trampolines, catapultas, plataformas, tipos de superficie, puntos de generación, puntos de eventos.
Mecánicas de los personajes	Mecánicas disponibles, potenciadores, recompensas, ayuda, adaptación (escenario, enemigos y retos).

Mecánicas de los enemigos	Ubicación, número, combinaciones, oleadas
Objetivos, retos y puzles	Básicos (escenario, enemigos) Alto nivel (superación del nivel) Habilidad vs Dificultad
Estrategias y dinámicas	<b>Estrategias:</b> algoritmos que desarrolla el jugador para cumplir los objetivos y retos, y resolver los puzles. <b>Dinámica:</b> comportamientos que emergen como estrategias de tipo más dominante, dada su efectividad y eficiencia.
Eventos	¿Qué pasa? ¿Cuándo pasa? ¿Por qué pasa?
Información	Esta información es necesaria para que el jugador pueda superar los retos. Concretar la cantidad. Adaptarla a lo que sabe el jugador. Definir cómo se muestra la información.

**Fuente: Pere Nolla (49)**

En la Tabla 22 se muestran los componentes del diseño de nivel según Casey O' Donnel (74).

**Tabla 22. Componentes del diseño de nivel**

Componente	Descripción
Acción	Debe tener un sentido dentro de la experiencia y tipo de juego. Tiene que tener una duración adecuada para no cansar al jugador. Se debe cuidar el ritmo y la atención que necesita el jugador.
Exploración	El jugador se identifica muy bien con él. Es el balance entre escenas de acción.
Resolución de puzles	Debe estar relacionado con la historia, entorno y el mundo virtual. Se debe dar la información necesaria para su resolución.
Narrativa	Los niveles sirven para contar historias. Permite cambiar cosas como: arquitectura, personajes, tipo de interacciones, reproducir una cinemática, cuando lanzadores de eventos se ejecuten.
Estética	Cómo el nivel se ve y se siente. Es parte de la narrativa y el mundo virtual. Debe existir un balance entre tiempo que demora crearlo y la habilidad del jugador para pasar por esos lugares. Deber servir de guía para el jugador

**Fuente: O' Donnel (74)**

En la Tabla 23 se muestra los pasos para elaborar el diseño de nivel.

**Tabla 23. Pasos para elaborar el diseño de nivel**

Paso	Tarea
1	Decidir el lugar que ocupa cada nivel en relación al resto
2	Definir el tipo de jugabilidad que se quiere en el nivel (formación, exploración, acción, <i>puzzle</i> , reposo) (alta, media o alta)
3	Distribuir mecánicas
4	Definir el escenario, objetos, personajes, enemigos, <b>objetivos</b> , retos y <i>puzzles</i>
5	Implementar en el motor
6	Probar y ajustar

**Fuente: Pere Nolla (49)**

Se puede usar el *Level Design Document* como herramienta para documentar el nivel (49) (63) y según la UAB (49) debe incluir como mínimo la siguiente información: mapa o esquema del escenario, leyenda del mapa,



objetivos, eventos e información.

## L) Progresión:

Según la UAB (49), diseñar los niveles por separado no es suficiente, debemos pensar en la experiencia y jugabilidad globales, para eso los diferentes niveles deben ofrecer una experiencia y jugabilidad progresivas, eso quiere decir que se deben proponer nuevos retos que aporten más dificultad a medida que el jugador mejora su habilidad.

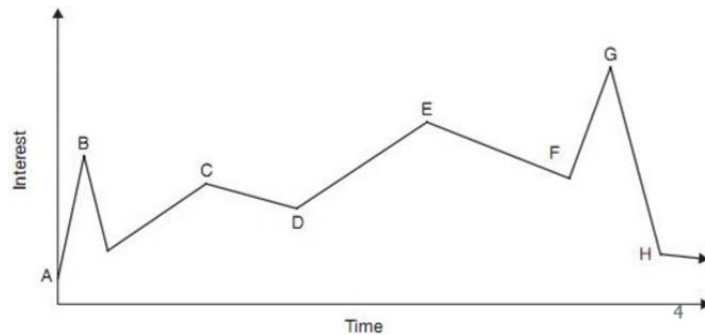
En la Tabla 24, se muestran los elementos relevantes para la progresión del juego:

**Tabla 24. Elementos relevantes para la progresión del juego**

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
Diversión	Es muy importante que exista progresión a través de los diferentes niveles en el videojuego para no tener una jugabilidad demasiado parecida, si no, hay más probabilidades de cansar y aburrir.
Interés	M) El interés es una parte motivacional de la experiencia del jugador. Para mantener el interés y favorecerlo, se puede añadir paulatinamente nuevas mecánicas nuevas ambientaciones, además de ir avanzando la historia. Especialmente nuevos retos y la competición con otros jugadores generan mucho interés. En la Figura 22 se muestra la curva de interés con picos de intensidad para obtener un mejor impacto.
Dificultad	Es seguramente el elemento más influyente para determinar la progresión del videojuego. La dificultad debe aumentar para prevenir el aburrimiento y no debe cambiar bruscamente para prevenir la frustración, adaptándose al público objetivo. En la Figura 23 se muestra la curva de la dificultad según estilos de jugabilidad: casual, arcade, simulación, hardcore
Habilidad	Es el nivel de efectividad que tiene el jugador al ejecutar ciertas mecánicas. Eso implica acierto, precisión, coordinación, destreza, resistencia, etc. Las habilidades se desarrollan: Ignorancia > Aprendizaje > Práctica > Optimización > Dominio. En la Figura 24 se muestra el balance del nivel de dificultad mostrando los dos elementos: habilidad que se exige al jugador y el desafío de las mecánicas.
Aprendizaje	Hay que distribuir progresivamente la información y las habilidades que el jugador debe aprender (retos, objetivos, historia, etc.). Debe haber espacios para mejorar y practicar.
Tutoriales	Son niveles hechos para que el jugador aprenda ciertas mecánicas básicas, comúnmente al inicio del juego, pero también como minitutoriales en algún punto intermedio. Se puede sustituir por algún formato en la interfaz para que el jugador pueda accederlo cuando lo requiera.
Multijugador	La progresión se trabaja sobre todo mediante la asignación de grupos y rivales en función de la habilidad, debido a que la dificultad depende mucho de la habilidad de los otros jugadores. El interés y la diversión se mantienen con nuevos contenidos.

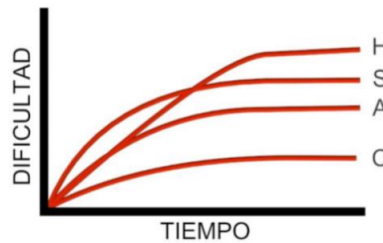
**Fuente: UAB (49)**

En la Figura 27 se muestra la curva de interés con picos de intensidad, el interés se debe mantener en el videojuego de forma global.



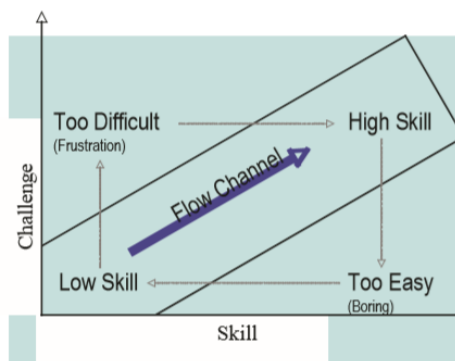
**Figura 27. Curva de interés con picos de intensidad**  
Fuente: Shell (64)

En la Figura 28 se muestra la curva de dificultad según estilos de jugabilidad.



**Figura 28. Curva de dificultad según estilos de jugabilidad**  
Fuente: UAB (49)

En la Figura 29 se muestra el balance del nivel de dificultad. Para mantener el flujo, a mayores habilidades del jugador al avanzar en el juego, también se necesitan desafíos más complejos por parte del videojuego.



**Figura 29. Balance del nivel de dificultad**  
Fuente: Winn (65)

## N) Ambientación

Según la UAB (49), la ambientación y el estilo artístico dependen de la parte del diseño, va más allá de ubicar la acción de lo que ocurre en el videojuego

dentro de un marco espacio temporal, es decidir qué tipo de arte lucirá el videojuego. Asimismo, añade que la ambientación debe encajar con la historia explicada, con la experiencia buscada, y el público objetivo deseado, y debe aprovechar al máximo sus capacidades expresivas. En la Tabla 25 se muestran los conceptos clave para entender la ambientación.

**Tabla 25. Conceptos clave sobre ambientación**

<b>Concepto</b>	<b>Descripción</b>
Representación	Va ligado al concepto de arte. Es plasmar de forma física lo que el autor elabora mentalmente de algo del mundo real, recogiendo algunos de sus atributos específicos. Es un punto de vista.
Simbolismo	A partir de la representación se crean símbolos representando el punto de vista del autor y la voluntad expresiva de su representación. El arte tiene una inherente capacidad simbólica.
Estilo artístico	Son características formales, representativas, y simbólicas que posee una obra. Cada estilo tiene su carácter y está ligado a un contexto socio-temporal que lo ha visto nacer. Ejemplos de estilos: realista, expresionista, surrealista, cyberpunk, cómico, parodia, clásico, moderno, posmoderno, etc.
Puesta en escena	Son los elementos presentes dentro del entorno del espacio expresivo (pantalla, encuadre). Los diferentes modelos de puesta en escena se relacionan con diversos estilos artísticos, aplicados a una gran variedad de disciplinas artísticas: Arquitectura, Escultura, Pintura, Fotografía, Cine, Teatro, etc.

**Fuente: UAB (49)**

Según la UAB (49), el análisis de la puesta en escena en el campo del diseño de videojuegos es importante por el valor de su contenido, su representatividad y su simbolismo. Cada elemento, su configuración y características es una pieza clave que contribuye a determinar la ambientación y el estilo artístico del videojuego. En la Tabla 26 se muestran los elementos clave de la puesta en escena.

**Tabla 26. Elementos clave de la puesta en escena**

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
Actores, escenario y objetos	Todos los elementos presentes en la escena tienen valor artístico y representativo, por su aspecto visual y por su concepto. Aportan mucho a nivel de carácter y personalidad.
Movimiento	Aporta mucho a nivel de contenido. Cada movimiento es indicativo del carácter del personaje y del objeto, desprende y representa atributos que queremos darle a dichos objetos o personajes. Toma especial énfasis en las cinemáticas. Para poder valorar bien el valor artístico y representativo del movimiento no hay nada mejor que fijarse en la disciplina de la danza.
Iluminación	El uso de la luz es claramente expresivo. Se considera su posición, dirección, intensidad, contraste. La iluminación sirve para vestir el escenario y sus elementos. Decorar, rellenar, señalar, remarcar y dar textura y volumen a la imagen visual.

	La luz y la oscuridad trabajan como metáforas simbólicas del bien y el mal.
Color	<p>Para determinar el color se utiliza la información de la superficie de cada objeto o elemento y además se le añade el efecto de la iluminación, e incluso, ciertos efectos de postprocesado, de manera que al final, el resultado es una mezcla elaborada.</p> <p>El color se puede ajustar a nivel del tono, de la saturación y de la luminosidad que posee. Cada estilo artístico puede optar por una paleta de colores determinada (continuidad y contraste).</p> <p>Los colores pueden tener divisiones como fríos o calientes, y puede estar vinculado a unos atributos o valores específicos que funcionan a nivel simbólico.</p>
Encuadre	<p>Modificando y diseñando el encuadre se crean diferentes composiciones con los elementos mostrados en él.</p> <p>La composición se basa en estructuras que den equilibrio entre los diferentes elementos presentes en el encuadre. Como en el cine o la televisión se aplican diversos planos en función de la cantidad de información que muestran, creando una escala de planos, desde el plano general al plano detalle, pasando por el plano conjunto, esto también se aplica a las cinemáticas.</p> <p>En videojuegos el uso del encuadre se basa sobre todo en el posicionamiento y el control sobre la cámara del juego.</p> <p>El valor expresivo del encuadre reside en su capacidad para señalar lo que se considera importante y también en la capacidad de compararlo y ponerlo en la relación con los elementos del fondo y del entorno.</p>
Fuera de campo	<p>El hecho de dejar de manera intencionada ciertos elementos fuera del alcance esperado de la visión, también conlleva elementos expresivos. La intención es trabajar con las expectativas del jugador que está pendiente de que esos elementos entren en algún momento en el encuadre. En muchos videojuegos esto cobra especial importancia cuando se busca sorprender al jugador con elementos escondidos en el entorno, como enemigos o trampas.</p>
Efectos sonoros y de música	<p>Son extremadamente importantes para la ambientación. Provocan una rápida conexión emocional con los hechos que suceden en el videojuego.</p> <p>Dan identidad y muchos matices a los elementos asociados, como personajes o niveles.</p> <p>La música puede trabajar con diferentes melodías, ritmos, instrumentación o composiciones, abarcando un conjunto de estilos musicales muy variados.</p> <p>A nivel expresivo, intenta potenciar la experiencia ofrecida por la jugabilidad aportando tensión, relajación, alegría, tristeza, motivación, inmersión, etc.</p>

**Fuente: UAB (49)**

## **O) Narrativa**

Según la UAB (49), la narrativa hace referencia a las diferentes técnicas para contar la historia, y la historia es el conjunto de información que se transmite a lo largo de un videojuego, dentro de su mundo virtual y de ficción. También añade que la narrativa y la ambientación están muy ligadas.

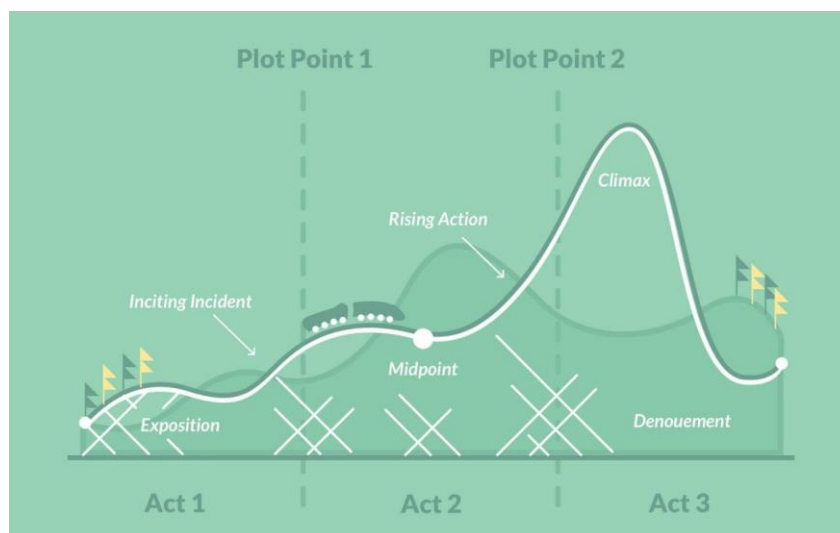
## **□ Conflicto**

Según la UAB (49), en la mayoría de las ocasiones, el eje que mueve la

acción en las historias son los conflictos. Un conflicto se puede entender como una necesidad, encargo, misión, mandato, deseo o cuestionamiento que le surge a un personaje el cual normalmente es el protagonista de la historia. Este conflicto tiene un origen en algún agente antagonista con el cual el protagonista debe enfrentarse para poder superar finalmente el conflicto. La superación del conflicto representa el proceso de cambio del personaje. Muy frecuentemente, esta necesidad o no del cambio se asocia con un dilema moral. El personaje debe tomar una decisión moral para poder superar el conflicto. De esta manera, las historias adquieren un contenido simbólico y representativo que vincula los hechos narrados con el contexto moral, social y cultural de la sociedad en la que se han creado estas historias.

#### □ Estructura de 3 actos

Acorde a la UAB (49), el conflicto se narra y explica usualmente en una estructura compuesta por 3 actos. En la Figura 30 se muestra esta estructura.



**Figura 30. Estructura compuesta por 3 actos**  
**Fuente: Reedsy (76)**

En el primer acto, se presentan a los personajes y sucede un incidente motivador que desencadena la acción. Hacia el final del primer acto, se produce el primer punto de inflexión que define cuál es el conflicto. En muchas ocasiones, en el primer acto ya se ha presentado al antagonista. En el segundo acto, el protagonista intenta desarrollar estrategias para superar el conflicto, pero cada uno de sus intentos no acaba de fructificar. Durante este

periodo de constantes intentos, se van desarrollando subtramas con otros personajes, algunos de los cuales sirven de apoyo y ayuda al protagonista. Hacia el final del segundo acto, sucede el segundo punto de inflexión. Este sirve para poner al límite las opciones de superar el conflicto del personaje principal, y también, para hacerle ver que debe cambiar en algún aspecto su estrategia para poder vencer. El tercer acto, muestra cómo el protagonista desarrolla su nueva estrategia y consigue recuperar terreno a los antagonistas hasta que llega el enfrentamiento final que se da en el clímax. La superación del clímax da paso al desenlace y despedida final que sirve para reencontrar a los protagonistas y poder ver en perspectiva los beneficios de su cambio (49).

#### ❑ **Los 3 actos y los videojuegos**

Los videojuegos copian del cine, pero no se mantienen los 3 actos de manera equilibrada. Existe mucha historia de relleno, de excusa, o se considera a la historia como un segundo acto dilatado y repetitivo. Muchas veces se crean puntos de tensión artificial e irrelevantes (*cliffhangers*) que no tienen impacto real en la historia final. Además, se tienden a olvidar de la importancia y el peso del viaje como elemento simbólico, que suscita un cambio en el personaje. Así pues, la tendencia más general en videojuegos es adoptar solo alguna parte de este tipo de estructura, de manera que encaje mejor con lo que acaba resultando prioritario que es la jugabilidad y la seducción del jugador a través de la ambientación (49).

#### ❑ **Aspectos sobre la narrativa**

La influencia del cine es enorme, hasta el punto de que se llegan a ver verdaderas copias de películas en muchas secuencias de videojuegos. La narrativa utiliza como técnicas muchos de los elementos de la puesta en escena, el tipo de personajes, la iluminación, el encuadre, etc. Adicionalmente, el montaje y el ritmo (49).

El montaje implica decidir el orden en el que se distribuye la acción, qué

elementos van primero y cuáles después. El ritmo está muy vinculado al montaje, pero se trata sobre todo de cómo se distribuye la acción a lo largo del tiempo. Un ritmo muy acelerado indica que pasan muchas cosas en poco tiempo. Hay ritmos más lentos que son justamente lo contrario (49).

En videojuegos el ritmo y el orden tradicionalmente han venido dados por la división en los niveles de los juegos. Muy comúnmente se explica algo al inicio del nivel, se juega el nivel, y se explica algo más al final del nivel. Obviamente hay géneros como el de las aventuras en que la historia está más presente, llegando a mezclar mucho más dentro de la parte puramente jugable. Esta tendencia general aún es mayoritaria y se puede observar en el papel de las cinemáticas, las cuales están casi siempre al principio y al final de los niveles o misiones (49).

Por último, hay que remarcar que el orden y el ritmo son claves para ir creando interés en el jugador y poder aprovechar así las capacidades motivacionales de la historia (49).

#### □ **Argumentos universales**

Existen varios estudios dentro de campos como la literatura o la comunicación que han intentado analizar los patrones y arquetipos comunes que se repiten en la mayoría de las historias. Estos argumentos universales son historias con una estructura y un contenido concreto que tiene su origen en leyendas, mitos, literatura clásica, o literatura más moderna. Han trascendido en el tiempo especialmente por su carácter simbólico y representativo, que les ha dado valor y reconocimiento entre el público y crítica. Autores posteriores han retomado estos argumentos, manteniendo una parte de la estructura y cambiando las ambientaciones por contextos diferentes y más actuales (49).

Otra vez, en los videojuegos normalmente estos argumentos se utilizan de manera fragmentada, solo cogiendo algunos trozos o como un pretexto más

para ambientar, y muchas veces se pierde el elemento simbólico (49).

#### □ **Recomendaciones para construir una buena historia**

La UAB (49), finalmente da unas recomendaciones acerca de cómo construir una buena historia:

- La historia debe tener peso en sí misma; no es solo para rellenar.
- Ya que la definición del conflicto es el punto clave. Debe estar bien concretado, especificando los protagonistas, los antagonistas y lo que desea o debe hacer cada uno de ellos.
- Seguir una estructura de tres actos de manera marcada, ya que así queda claro la evolución de las tramas y personajes.
- Hay que enfatizar qué rol simbólico ocupa cada uno de los personajes, uno puede representar la ambición, otro la bondad, otro la codicia, etcétera.
- El personaje principal es con el que mayoritariamente se identificará el jugador. Por esta razón, su evolución debe ser clara y coherente con los hechos. ya sea a nivel moral o emocional.
- Una buena manera de empezar construyendo la estructura de una historia es aprovechar algún argumento universal. Eso sí, si se utilizan, deberían aprovecharse bien, entendiendo el valor simbólico de cada uno de ellos.
- Se debe evitar alargar la historia de manera forzada, ni dar un final marcadamente inconcluso, que no cierra las tramas y conflictos abiertos anteriormente de forma adecuada.
- Finalmente, la historia debe estar pensada y dirigida para un tipo de público en concreto, a la vez que debe encajar con la experiencia que se quiere provocar y la ambientación utilizada.

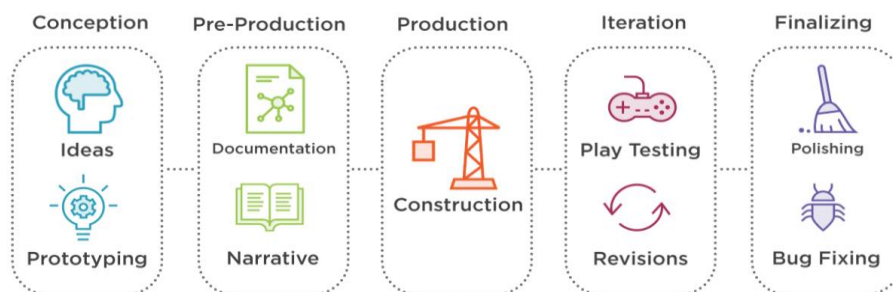
#### **2.2.1.7. Desarrollo**

##### **A) Ciclo de desarrollo de un videojuego**

En la Figura 31 se muestra el Proceso de Creación de Juego que se utiliza en la industria actualmente, tomado del curso Fundamentos Profesionales de Diseño de Nivel en *PluralSight* (63). Se aprecia como fases: concepción de la

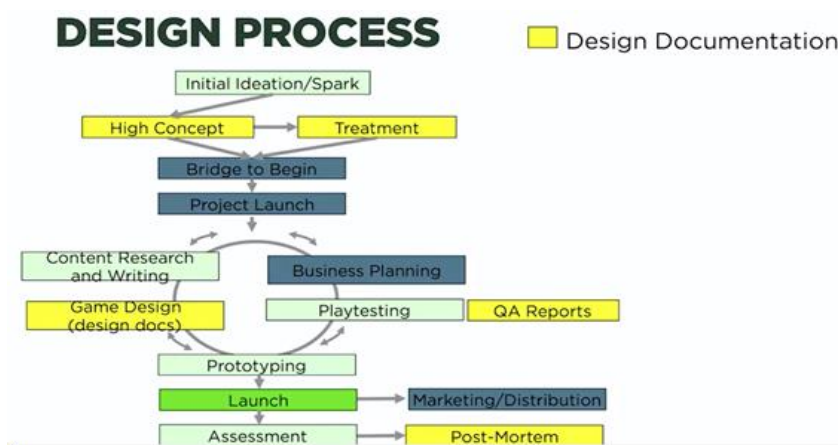


idea y prototipo inicial para evaluarla; la preproducción, producción e iteración, las cuales son las fases del proceso de diseño iterativo (67); y la finalización, donde se pule, corrigen errores y realizan optimizaciones en general.



**Figura 31. Ciclo de Creación de un Videojuego**  
Fuente: Hudson (63)

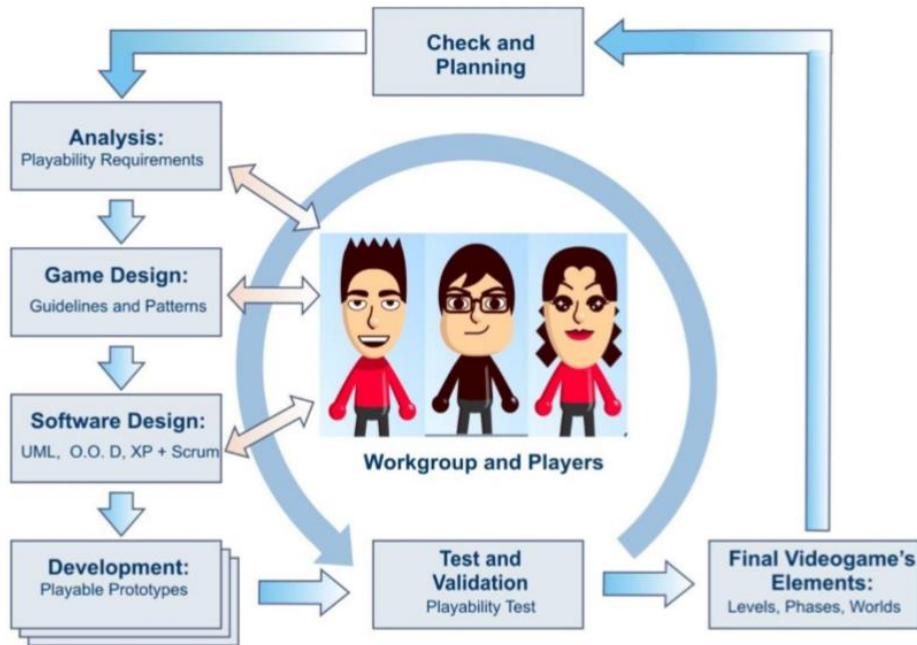
En la Figura 32 tenemos el Proceso de Diseño planteado por la Universidad Estatal de Michigan. Los dos procesos tienen en consideración el Proceso de Diseño Iterativo (67), el primero dividido en fases y el segundo en diagramas de flujo, destacando que en la Figura 31 se considera un prototipo, el cual no siempre tiene que ser un software, mientras que en la Figura 32 el prototipo está en mejora continua una vez el proyecto haya sido lanzado después de validarlo.



**Figura 32: Proceso de Diseño**  
Fuente: O'Donnel (74)

En la Figura 33 se muestra el Ciclo de Desarrollo en el Diseño de Videojuegos Centrados en el Jugador, donde González (70) propone introducir al usuario desde las más tempranas fases del ciclo de desarrollo de software, utilizando las facetas de jugabilidad para definir requisitos que se tendrán en cuenta en prototipos evaluables bajo un proceso iterativo, al igual

que los dos ciclos anteriores, para crear los elementos jugables que compondrán nuestro videojuego.

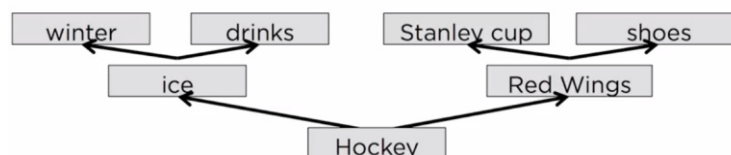


**Figura 33: Ciclo de Desarrollo en el Diseño de Videojuegos Centrados en el Jugador**  
Fuente: González (70)

## B) Concepción de la idea y visión

La primera fase es la concepción de la idea, el objetivo aquí es transformar un montón de ideas en una visión de algo que se pueda convertir en un producto, en un videojuego (73).

Para empezar la generación de ideas podemos utilizar dos actividades: Árbol de Ideas y Cartas de Ideas (74). Podemos incluir algún Tema o Influencia (libro, película, juego, etc.) requeridos (73). En la Figura 34 se muestra un ejemplo de árbol de ideas, y en la Figura 35 la actividad de Cartas de Ideas:



**Figura 34. Ejemplo de Árbol de Ideas**  
Fuente: O'Donnell (74)

Take a bunch of post-its of each color  
Write a single word on a card

- ▶ Yellow = noun
  - ▶ creatures (llama)
  - ▶ locations (farm)
- ▶ Orange = adjectives
  - ▶ Ex: hairy
- ▶ Blue (verb)
  - ▶ Ex: spit

Noun

Adj.

Verb

**Figura 35. Actividad de Cartas de Ideas**  
Fuente: O'Donnell (74)

*Mira el mundo a tu alrededor, no ignores nada, ve su comportamiento y funcionamiento, y conviértelo en sistemas y entonces considera las reglas y leyes que lo rigen, y es cuando, sin darte cuenta obtienes una idea de juego (74).*

Una vez obtenido un conjunto de ideas potenciales podemos empezar a tener en cuenta los Tres Pilares de Diseño de Juego (Figura 36) las cuales son una forma de enfoque del diseño y son: 1. la tecnología que se necesita usar, 2. la historia que se quiere contar, o 3. la jugabilidad, idear una nueva forma de jugar, la cual está relacionada con las mecánicas (las reglas que definen cómo funciona el mundo virtual, lo que el jugador puede hacer (verbos) y objetos (retos que tiene que enfrentar y objetivos que tiene que alcanzar)) (65).



**Figura 36: Tres pilares de Diseño de Juego**  
Fuente: Kinney (73)

Además, podemos organizar las ideas usando las facetas de jugabilidad (70), el marco *Mechanics-Dynamics-Aesthetics* (Figura 17), el marco *Design-Play-Experience* extendido (Figura 18), este último divide las mecánicas de juego en varias capas, incluyendo: aprendizaje, historia, jugabilidad y experiencia de usuario, e incluso podemos ir más allá e incluir la capa socio/cultural y moral/ético.

### C) Prototipo

Un prototipo es el proceso de probar las ideas de juego para comprobar que son factibles y divertidas (63). En la Figura 37 se muestran las ocasiones cuando realizar un prototipo: *GameJam*, idea de un nuevo proyecto y experimento.



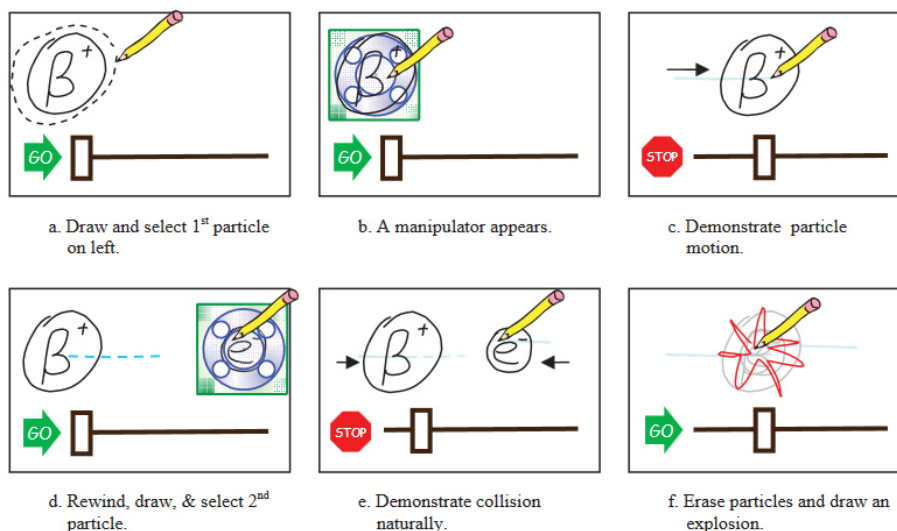
**Figura 37. ¿Cuándo prototipar?**  
Fuente: Johns (73)

### D) Guion Gráfico (Storyboard)

Un guion gráfico es básicamente una secuencia de imágenes de lo que está sucediendo (77). Al mostrar estos guiones gráficos a otros, los diseñadores pueden obtener comentarios y modificar su diseño (78).

Los guiones gráficos son más prácticos cuando se trata de proyectos innovadores, retos de diseño centrado en el humano y *hackatons*, este último complementario al prototipo (79).

En la Figura 38 se muestra un ejemplo de guion gráfico representando una animación de colisión de partículas.



**Figura 38. Creando una animación de colisión de partículas**  
Fuente: Davis (78).

## E) Prototipo vs. Guion gráfico

En la Tabla 27 se muestran las diferencias entre prototipo y guion gráfico.

**Tabla 27. Diferencias entre prototipo y guion gráfico**

<b>Prototipo</b>	<b>Guion gráfico</b>
Se enfoca en cómo se vería y se sentiría el producto final.	Se enfoca en lo que el usuario experimentaría.
El objetivo es obtener una aprobación antes del desarrollo.	El objetivo es inspirar a los usuarios a pensar, proporcionar entradas y validar requerimientos.
Debe estar construido en la herramienta / tecnología de su elección, por lo que necesita conocimientos técnicos.	No requiere conocimientos técnicos para construirlo.
Debe responder a las interacciones del usuario.	Más énfasis en los usuarios y en cómo las diferentes vistas y el contenido se unen para ofrecer lo que el usuario está buscando.

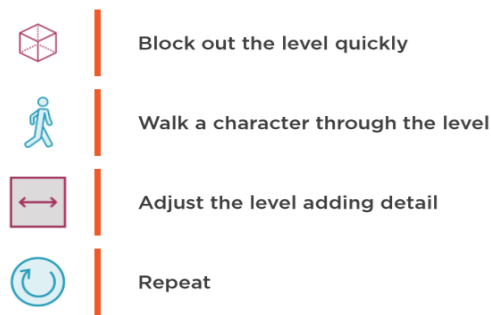
Fuente: Anantharaman (80)

## F) Proceso de Diseño Iterativo

El Proceso de Diseño Iterativo (Figura 22) es el corazón del Ciclo de Desarrollo de un Videojuego (mostrado en las Figuras 31, 32 y 33), representado por el bucle de desarrollo: Diseño - Prototipo - Pruebas (Figura 22).

De acuerdo a Gonzáles (70) se recomienda el uso de técnicas ágiles de desarrollo, las cuales nos ofrecen la facilidad de adaptar cambios sobre la marcha más fácilmente, ya que los jugadores pueden ir cambiando de parecer al ir interactuando más con el juego. Asimismo, el uso de *sprints*, o periodos de tiempo fijados por el equipo, donde se crea un incremento de *software* potencialmente entregable (utilizable, jugable y testable). En cada *sprint* se evalúa el prototipo y se añaden o modifican requisitos nuevos o antiguos adaptándolos a las nuevas exigencias del jugador.

En la Figura 39 se muestra el diseño de nivel iterativo, que muestra que el proceso de diseño iterativo también está inherente en el proceso de diseño de nivel.



**Figura 39. Diseño de nivel iterativo**  
**Fuente: Fiore (73)**

**G) Objetivos en cada iteración**

Según Gonzáles (70) al principio de cada fase se identifican los objetivos a cumplir, determinando el trabajo que se puede completar en el *sprint*. Para ello Kinney (73) recomienda definir objetivos SMART (Figura 40), relacionadas a mecánicas de juego y sus tareas correspondientes (arte, sonido, programación, cinemáticas), teniendo en cuenta los recursos humanos, de tiempo y de dinero disponibles.



**Figura 40. Objetivos SMART**  
**Fuente: Johns (73)**

**H) Corrección de errores y optimización**

La etapa final del Proceso de Desarrollo de Juego (Figura 31) se centra en pulir (Figura 41), corregir errores y optimizar los niveles de juego (63).



**Figura 41. Pulir videojuegos**  
**Fuente: Hudson (63)**

De acuerdo a Hudson (63), pulir está relacionado con el arte y las luces, los

efectos visuales y el sonido, la jugabilidad y la narrativa. Además, afirma que la optimización es importante para alcanzar los objetivos de performance y limitaciones de la plataforma objetivo.

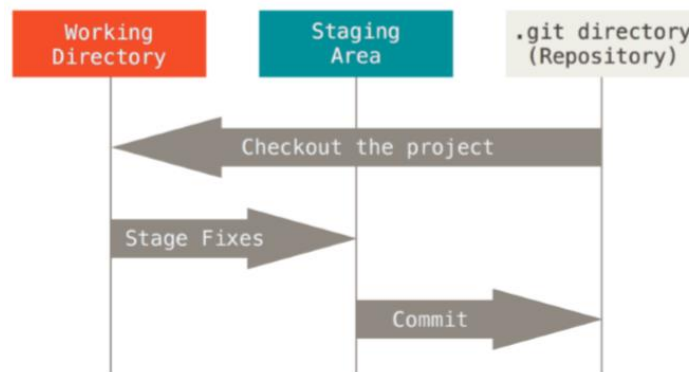
En la Figura 42 se muestran las tres áreas comunes para mejorar.



**Figura 42. Tres áreas comunes para mejorar**  
**Fuente: Hudson (63)**

#### **I) Sistema de control de versiones (VCS)**

De acuerdo a Atlassian (81) un sistema de control de versiones o VCS, por sus siglas en inglés, es un software utilitario que rastrea y administra los cambios en un sistema de archivos, además ofrece utilidades de colaboración para compartir e integrar estos cambios a otros usuarios del VCS. Para esta tesis se usó el sistema VCS Git. De acuerdo al libro “Pro Git” (97), Git administra las versiones no como diferencias entre archivos, sino como capturas de todo el proyecto en un punto en el tiempo, para ahorrar espacio, cuando los archivos no cambian se guardan enlaces a archivos pasados. En la Figura 43 se muestra el flujo de trabajo de un proyecto de Git. Donde se modifican archivos en el “árbol de trabajo”, se selecciona aquellos archivos que serán parte del siguiente “*commit*” las cuales se enviarán al “área de preparación”, y finalmente se hace un “*commit*” para que se genere la captura permanentemente en el directorio Git local. El directorio local se subió a *Bitbucket*. De acuerdo a Atlassian (81), *Bitbucket* es una plataforma en la nube de administración de VCS, incluido Git. *Bitbucket* ofrece un lugar para planificar proyectos, codificar, probar y desplegar.



**Figura 43. Árbol de trabajo, área de preparación y directorio Git**  
**Fuente: Chacon et al. (82)**

## J) Kanban

El libro “Kanban esencial condensado” (83), dice que:

*Kanban es un método para definir, gestionar y mejorar servicios que entregan trabajo del conocimiento, tales como servicios profesionales, trabajos o actividades en las que interviene la creatividad y el diseño tanto de productos de software como físicos. Se caracteriza por el principio de “empieza por donde estés”, por medio del cual se consigue catalizar el cambio rápido y focalizado dentro de las organizaciones, que reduce la resistencia a un cambio favorable en línea con los objetivos de la organización.*

Dos roles han surgido de la práctica común, las cuales son como puestos temporales e intercambiables, dependiendo de la función que se lleva a cabo: **Gestor de Producto**, responsable de entender las necesidades y expectativas de los clientes y de facilitar, seleccionar y ordenar los elementos de trabajo. **Gestor de Entrega**, responsable del flujo de trabajo, facilitar reuniones y planificar entregas.

En la Figura 44 se muestran las seis prácticas Kanban. Las prácticas generales de Kanban definen las actividades fundamentales para el manejo de sistemas Kanban: **Visualizar** las tareas en tableros Kanban con compromisos y entregables. **Limitar el trabajo en progreso (WIP)**, nuevas tareas no serán iniciadas mientras haya tareas inconclusas. **Gestionar el**



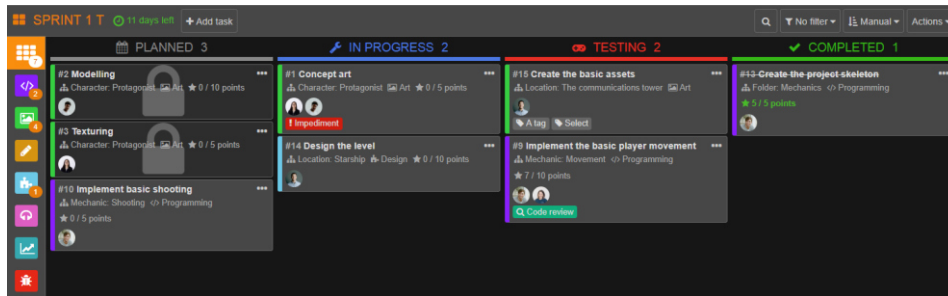
**flujo**, usando arquetipos de coste de retrasos y la ley de *Little* para examinar los indicadores de flujo (Trabajo promedio en progreso dividido por el Tiempo promedio de entrega). **Hacer explícitas las políticas**, limitación del WIP y definición de hecho. **Circuitos de alimentación**, cadencias o reuniones con el cliente y equipo de trabajo. **Mejorar colaborativamente**, utilizando el paradigma *Lean Flow* (ver el trabajo como flujo de valor), preservando y amplificando cambios útiles mientras se amortigua o revierten cambios inefectivos.



**Figura 44. Prácticas de Kanban**  
Fuente: Anderson et al. (83)

## K) Herramienta de administración de proyectos

Para esta tesis se usó *HacknPlan*. De acuerdo a Estévez (84), *HacknPlan* es una aplicación web encargada de administrar proyectos enfocados en el desarrollo de videojuegos. Permite la integración del documento de diseño proporcionando una forma semántica de organización, planificación y seguimiento del progreso de desarrollo del videojuego. Está fuertemente inspirado por metodologías ágiles, usando tableros Kanban como principal medio de seguimiento de tareas o historias de usuario. En la Figura 45 se muestra un ejemplo de un tablero Kanban en *HacknPlan*.



**Figura 45. Ejemplo de tablero Kanban en Hacknplan**  
Fuente: Estévez (84)

### 2.2.1.8. Motor de videojuego (*Game engine*)

#### A) Definición

De acuerdo a Arnal (85), un motor de videojuegos es una aplicación informática que permite utilizar el mismo código y crear diferentes videojuegos.

#### B) Módulos

También de acuerdo a Arnal (85), un motor de videojuego contiene los siguientes módulos:

##### Gráfico

Es parte de la tecnología, nos va a permitir renderizar mallas estáticas, modelos animados, efectos de postprocesado, partículas, etc. Para ello se utiliza *shaders*. Un *shader* es un programa, un fragmento de código, que se va a ejecutar directamente en la tarjeta de vídeo.

##### Inteligencia artificial

Permite a los programadores de inteligencia artificial implementar conceptos de conocimiento a los enemigos para que puedan comportarse dentro del videojuego según lo que interese.

##### Lógica de juego

Varía un poco respecto a la inteligencia artificial en el sentido de que es lo que tiene que hacer el juego. Es decir, cómo se tiene que comportar el propio juego. Ya no los enemigos, sino el propio juego. ¿Qué es lo que tiene que

pasar si el jugador hace tal acción o tal otra?

#### **Red**

Es el componente que permite que se pueda jugar multijugador, esto le da una profundidad mucho mayor al juego a diferencia si no lo tuviera.

#### **Física**

Nos permite que el jugador se crea que está dentro de un entorno real. Es decir, que no atraviese paredes, que no desaparezca del escenario, etc.

#### **Sonido**

Un componente muy básico y muy importante dentro del videojuego. No es lo mismo jugar un videojuego con sonido que sin sonido. Este módulo nos va a permitir reproducir efectos de sonido o canciones tanto en 2D como en 3D.

#### **Control**

Tenemos que controlar el juego ya sea mediante ratón, teclado, *pad*, *touch screens* o los últimos controladores como *Kinect* o *Wiimote*, o controladores que se controlan mediante gestos, o para tecnología de realidad virtual, son muy importantes y hay que implementarlos.

#### **Cámara**

Un módulo muy delicado y muy importante porque es lo primero que vemos, el sistema de cámara, y es lo primero que nos atrae del juego. Si es en primera o tercera persona, es una cámara, entonces es muy importante que esté bien implementada.

#### **Scripting**

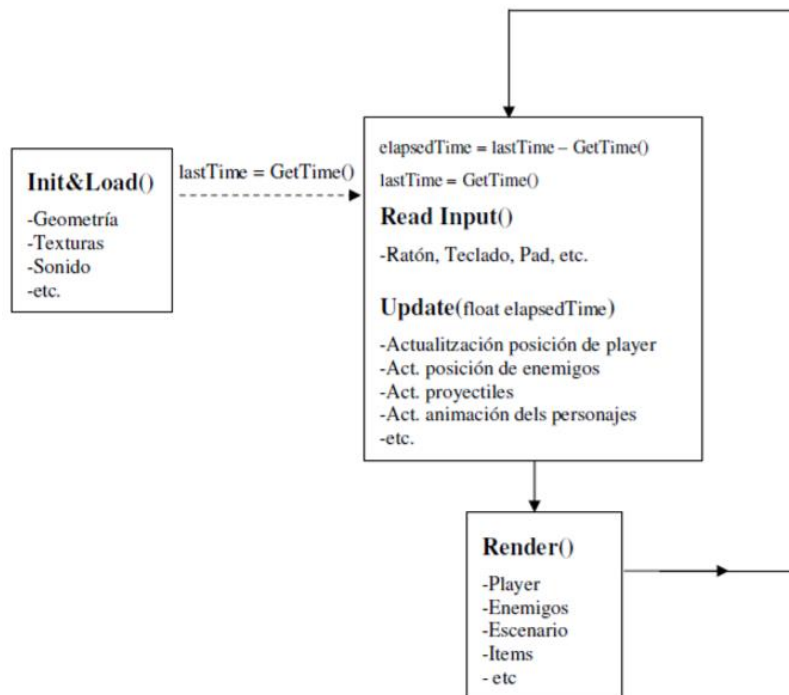
Si bien en la definición de motor de videojuego se mencionó que el código que se utiliza para hacer un videojuego en un motor sería siempre el mismo, la parte de *scripting* sería la parte externa del propio motor de juego. Es decir, lo que implementaría realmente nuestro juego, respecto a otros juegos. Esto

se suele hacer mediante lenguaje LUA que es un lenguaje de *scripting* usado en videojuegos.

#### □ **Tools**

Son herramientas que nos permiten, a la hora de desarrollar, acelerar el proceso. Normalmente no llegan al mercado, el usuario final no las ve, pero también las tenemos que implementar para acelerar nuestro desarrollo.

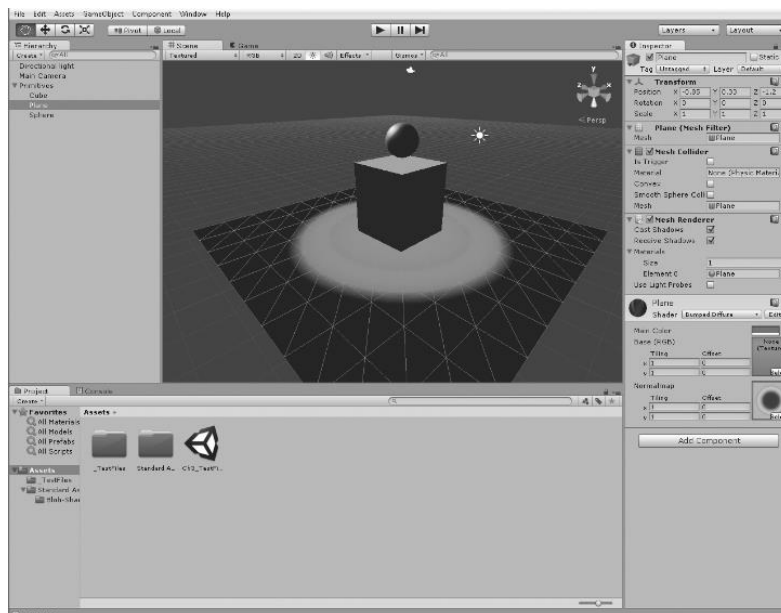
En la Figura 46 se muestra el diagrama de una aplicación gráfica en tiempo real. El primer módulo es la parte de inicialización y carga donde básicamente, se inicializará y se cargará tanto el *DirectX*, o el motor, o la tecnología a utilizar de renderizado. Y se carga la geometría, textura, sonidos, elementos que necesitemos para poder renderizar el juego. El siguiente módulo sería el cálculo del *elapsed time*, el tiempo transcurrido desde el último cuadro, muy importante para poder actualizar la lectura del *input*, y el *update*, que sería el componente global, donde actualizaremos todos los elementos de nuestro juego (*player*, enemigos, animaciones, etc.) mediante el *elapsed time*. Por último, el módulo de render será el responsable de pintar todos los elementos de nuestro juego.



**Figura 46. Diagrama de una aplicación gráfica en tiempo real**  
**Fuente: Arnal (85)**

### C) Unity

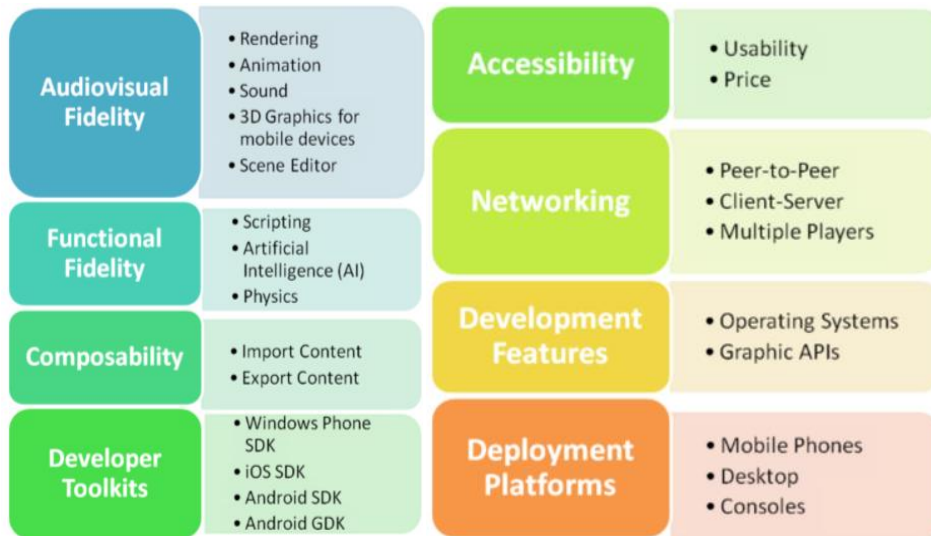
De acuerdo al libro “*Game Development with Unity*” (86), *Unity* es un potente editor y motor de juego integrado, que permite crear objetos de manera rápida y eficiente, importar activos (*assets*) externos y vincularlos entre sí con código. El editor se basa en los principios de que se puede hacer todo con un simple movimiento de arrastrar y soltar, incluso conectar *scripts*, asignar variables o crear activos (*assets*) complejos con múltiples partes. *Unity* también cuenta con un entorno de programación integrado, habilidades de conexión en red y la capacidad de crear y desplegar para múltiples plataformas. Todo esto está envuelto en un espacio de trabajo simple, intuitivo y personalizable. En la Figura 47 se muestra la interfaz principal de *Unity*.



**Figura 47. Interfaz Principal de Unity**  
Fuente: Menard et al. (86)

### D) Evaluación del motor de juego

Para determinar el motor de juego (*Game Engine*) a usar en el desarrollo del proyecto, la investigación se basa en el marco de comparación de motores de juego definida por Christopoulou et al. (87), tal como se muestra en la Figura 48:



**Figura 48. Marco de comparación de motores de juego**  
**Fuente: Christopoulou et al. (87)**

Esta investigación, concluye que *Unity* y *Unreal* son los motores de juego más desarrollados, con casi todas las características en el marco, resumidas en la Tabla 28:

**Tabla 28: Puntaje del análisis comparativo por el número de características**

<b>Categoría</b>	<b>Unity</b>	<b>Unreal</b>
<b>Audiovisual Fidelity</b>	29	32
<b>Functional Fidelity</b>	17	17
<b>Composability</b>	3	3
<b>Development Toolkits</b>	1	4
<b>Accesibility</b>	20	17
<b>Networking</b>	2	2
<b>Development Features</b>	3	2
<b>Deployment Platforms</b>	11	8
<b>Total</b>	<b>86</b>	<b>85</b>

**Fuente: elaboración propia**

Cabe destacar que esta investigación no toma en cuenta el soporte para realidad virtual, el cual ambos tienen soporte completo, según su documentación en línea.

*En resumen, Unity es el motor de juegos recomendado para principiantes, ya que: su interfaz de usuario que es más intuitiva y simple; cuenta con varios tutoriales y ejemplos; y hay muchos recursos (assets) disponibles. Además, no requiere un hardware con alto rendimiento para trabajar con él. Sin embargo, requiere conocimientos de programación con el lenguaje C#. (87)*

*Unreal es mejor para usuarios experimentados: soporta Programación Visual y tiene un entorno gráfico más complicado; su curva de aprendizaje es más empinado; y requiere un hardware con más rendimiento. Pero el realismo y calidad de los gráficos que se pueden conseguir son remarcables. (87)*

En esta ocasión se usará *Unity* ya que además de lo presentado anteriormente tiene soporte completo para la plataforma de realidad virtual, *Oculus Rift* y hay disponibles *plugins* o herramientas para un inicio y desarrollo rápido con la tecnología emergente de realidad virtual, generalmente cualquier nueva tecnología que tenga relación con gráficos 3D tiene soporte para *Unity*.

## **2.2.2. Habilidades espaciales**

### **2.2.2.1. Definición**

Como Ai-Lim Lee et al. (26) citan que las habilidades espaciales son el grupo de funciones cognitivas y aptitudes que son cruciales en resolver problemas que incluyen la manipulación y procesamiento visoespacial de información, porque es el proceso mental usado para percibir, almacenar, recordar, crear, editar y comunicar imágenes espaciales.

Gardner (88) considera a la habilidad espacial como uno de los siete mayores componentes de las inteligencias múltiples. Define a la inteligencia espacial como la habilidad de pensar en dibujos e imágenes para percibir, transformar y recrear diferentes aspectos del mundo visoespacial.

### **2.2.2.2. Comportamientos espaciales**

Durlach et al. (89) identifica algunos comportamientos espaciales como:

- El comportamiento exhibido al explorar un espacio
- Buscar algunos ítems en un espacio
- Planificar o seguir una ruta en un espacio
- Seleccionar y reconocer un patrón en un espacio
- Construir o interpretar mapas de un espacio,
- Imaginar cómo un espacio u objetos dentro deberían aparecer desde diferentes puntos de vista.

### **2.2.2.3. Pensamiento Espacial (*Spatial Thinking*)**

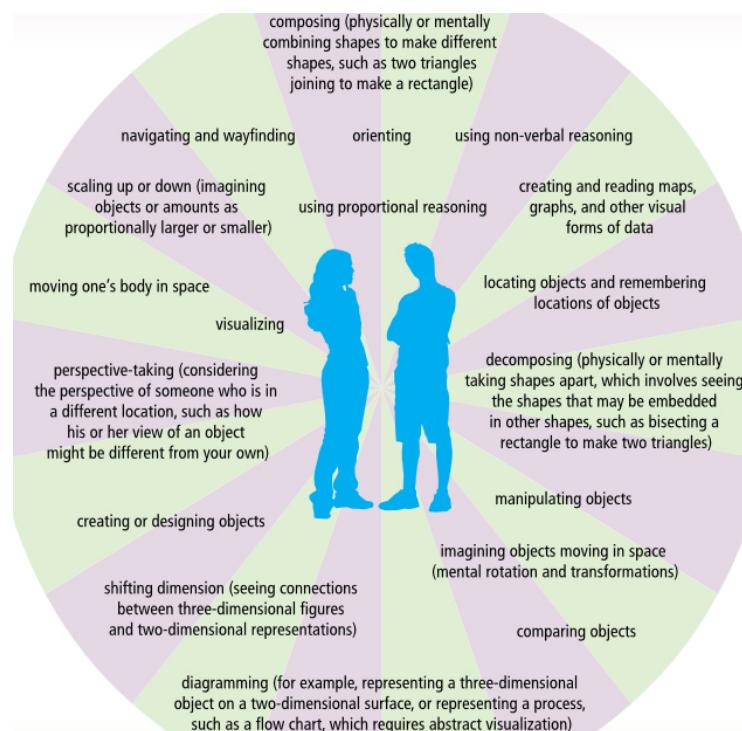
*El pensamiento espacial es poderoso. Resuelve problemas al administrar, transformar y analizar datos, especialmente conjuntos de datos grandes y complejos, y al comunicar los resultados de esos procesos a uno mismo y a otros (3).*

Según Newcombe (27) el pensamiento espacial implica necesariamente información espacial continua y discreta, y a su vez hace una distinción entre representaciones espaciales que son intrínsecas a los objetos (sus formas y representaciones basadas en partes) y aquellas que son extrínsecas (relaciones en medio de objetos y entre objetos, y marcos de referencia). La información espacial se refiere a formas, ubicaciones, caminos, relaciones en medio y entre entidades, y marcos de referencia. Esta información está representada en la cognición humana y puede transformarse mentalmente para ayudar en la manipulación, construcción y navegación del mundo físico, así como para lograr el éxito en los esfuerzos académicos e intelectuales.

*Nuestro mundo es un mundo que existe en el espacio, y un mundo sin espacio es literalmente inconcebible. Dada esta verdad básica, está claro que vivir en el mundo requiere algún tipo de funcionamiento espacial. Ser creativo en este mundo, y diseñar nuevas herramientas y nuevos hábitats, probablemente requiera niveles aún más altos de funcionamiento espacial. Newcombe (27).*



En la Figura 49 se muestra lo que puede envolver el pensamiento espacial:



**Figura 49. Ejemplos que incluye el pensamiento espacial**  
**Fuente: Ontario (76)**

#### 2.2.2.4. Tipos o componentes:

Como fue citado por Ai-Lim Lee et al. (26), Micheal et al. encuentra dos factores espaciales principales: la orientación espacial y la visualización espacial, descritas a continuación:

- Ekstrom et al. define a la orientación espacial como una medida de la habilidad de permanecer desconcertado por los cambios en la orientación de los estímulos visuales, y por lo tanto implica solo una rotación mental de la configuración.
- McGee define a la visualización espacial como una medida de la habilidad para reestructurar o manipular mentalmente los componentes del estímulo visual e implica reconocer, retener y recordar configuraciones cuando la figura o las partes se mueven.

John Carroll (90) considera que la habilidad espacial está compuesta de dos subhabilidades: rotación mental y visualización, definidas como:

- La rotación mental es la velocidad mental para convertir formas simples y reconocerlas en otra posición.
- La visualización es la habilidad de manipular mentalmente formas complejas. Roca (35) considera tres componentes de habilidad espacial por la capacidad de medición que poseen: relación espacial, visualización espacial y orientación espacial definidos como:
  - La relación espacial es la habilidad de realizar rotaciones y comparaciones de cubos de 2 o 3 dimensiones.
  - La visualización espacial es la habilidad de manejar información visual compleja para obtener una solución correcta. Implica utilizar nuestra imaginación para “generar, retener, recuperar y transformar imágenes visuales bien estructuradas”. De acuerdo a Ontario (3), el descubrimiento de la estructura del ADN, la teoría de la relatividad y la invención del motor se describieron como creaciones nacidas de la visualización espacial.
  - La orientación espacial es la habilidad mental y física de orientarse en el espacio.

Finalmente, Newcombe (27) partiendo del pensamiento espacial, selecciona cuatro categorías amplias de habilidades espaciales. Estas categorías nos brindan un esquema de organización para pensar qué habilidades espaciales podrían ser importantes y qué habilidades deberían ser evaluadas y trabajadas. Las cuatro categorías son descritas a continuación:

#### **A) Intrínseco-Estático**

Codificar las características espaciales de los objetos, incluido su tamaño y la disposición de sus partes, es decir, su configuración (por ejemplo: para identificar objetos en categorías)

#### **B) Intrínseco-Dinámico**

Transformar las codificaciones espaciales de objetos, incluyendo rotación, corte transversal, plegado, deformaciones plásticas (por ejemplo: para imaginar algún estado futuro de las cosas).

### C) Extrínseco-Estático

Codificar la ubicación espacial de objetos en relación con otros objetos o con un marco de referencia (por ejemplo: para representar configuraciones de objetos que constituyen el entorno y para combinar información continua y categórica).

### D) Extrínseco-Dinámico

Transformar las interrelaciones de los objetos cuando uno o más de ellos se mueven, incluido el espectador (por ejemplo, para mantener una representación estable del mundo durante la navegación y para habilitar la toma de perspectiva).

En la Tabla 29 se muestran ejemplos de actividades de pensamiento científico por tipo de pensamiento espacial dividido en las 4 categorías:

**Tabla 29. Ejemplos de actividades de pensamiento científico por tipo de pensamiento espacial**

Thinking Category	Typical Operations	Scientific Field	Scientific Activities Involving Spatial Thinking
Intrinsic-static	Identifying spatial features of objects such as color, texture, size and arrangement of parts.	Geology	Identifying rocks and rock formations by color, texture, grain size, and visual patterns
		Chemistry	Determining the arrangement of atoms in the structure of a new substance
		Dentistry	Identifying types of teeth by shape
		Astronomy	Identifying a known asteroid by silhouette
		Biology	Identifying foraminifera by configuration and ornamentation of their shells (tests)
Intrinsic-dynamic	Transforming the spatial relationships of objects such as rotating, cross-sectioning, folding, and plastically deforming.	Geology	Sketching a cross-section of the rocks to show their folding pattern
		Chemistry	Checking the symmetry of atoms in a crystal structure by imagining them moving across mirror planes or rotating about an axis.
		Biology	Differentiating left-coiled from right-coiled tests.
		Dentistry	Folding an x-ray of the mouth to compare tooth positions on each side of the midline
Extrinsic-static	Determining the spatial locations of objects relative to others or to a frame of reference such as the horizontal.	Geology	Measuring strike and dip of rock formations to determine the overall shape and attitude of hidden parts of the formation.
		Dentistry	Identifying missing, partially erupted, and misaligned teeth compared to a model
		Biology	Plotting locations of different specimens on a map
		Chemistry	Comparing the crystal structures of a compound with and without a substituted element
Extrinsic-dynamic	Transforming the inter-relationships of objects as movement occurs among the objects, frame of reference, or the viewer.	Medicine	Determining the best place for an incision and the path to be used for surgery as tissue layers are opened and pieces removed
		Dentistry	Determining the sequence of events, angles and amounts of movement at different times needed to bring teeth into alignment
		Biology	Creating a sequence of maps showing locations of foraminifera as seas warm during global climate change
		Astronomy	Locating a near-earth asteroid's path through time and its distances from Earth as both move along different paths
		Geology	Rotating a map to match one's current location, as one walks across a field area, using the positions of landmarks on the ground.

**Fuente: Audrey (91)**

### **2.2.2.5. La importancia de las habilidades de pensamiento espacial**

*La investigación sobre el pensamiento espacial demuestra la importancia crítica de las habilidades de pensamiento espacial en geometría, medición y resolución de problemas, tanto en la experiencia matemática de los estudiantes como en la escuela secundaria y más allá, especialmente en las áreas STEM (3).*

Según Ontario (3), además del hecho de que todos necesitamos navegar en un mundo físico tridimensional, las carreras en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) requieren fuertes habilidades espaciales. Esta afirmación es respaldada por investigaciones que han demostrado que las habilidades espaciales son un factor predictivo de éxito en estas áreas (1) (2).

Adicionalmente, el pensamiento espacial también está fuertemente empleado en muchas de las artes (STEM). Arquitectura, diseño gráfico, ciencias de la computación, biología, física, química, geología, geografía e incluso medicina; todas requieren habilidades espaciales sólidas (3).

*A la mayoría de nosotros se nos ha enseñado a pensar y hablar sobre el mundo usando palabras, listas y estadísticas. Estas son herramientas útiles, pero no se acercan a contar la historia completa. Pensar espacialmente abre el ojo y la mente a nuevas conexiones, nuevas preguntas y nuevas respuestas (3).*

Finalmente, también de acuerdo a Ontario (3), el pensamiento espacial desempeña un papel fundamental en todo el plan de estudios K-12. Ya sea el aprendizaje de la ciencia, las matemáticas, el arte, la educación física o la alfabetización, las habilidades de pensamiento espacial son importantes.

### **2.2.2.6. Pensamiento espacial, áreas STEM y arte**

*“Cuando las artes o las construcciones se incorporan a las áreas STEM,*

las habilidades de pensamiento espacial se convierten en parte de las actividades” (91). En la Tabla 30, se proporcionan algunos ejemplos de cómo las artes emplean habilidades de pensamiento espacial:

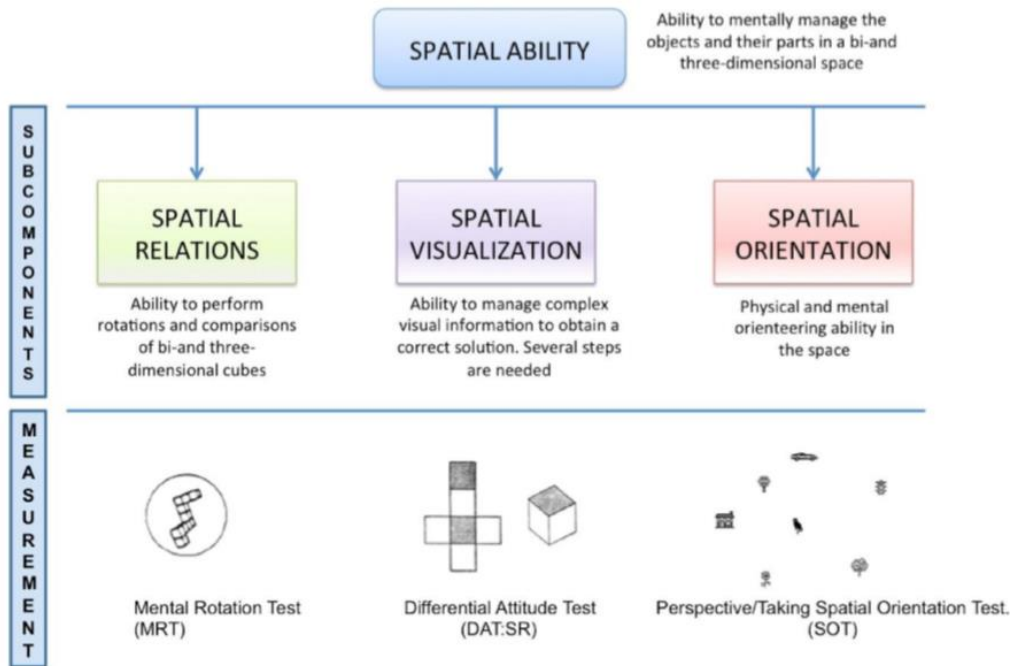
**Tabla 30. Ejemplos de actividades de arte por tipo de pensamiento espacial**

<b>Categoría</b>	<b>Actividades</b>
<b>Intrínseco-estático</b>	Dibujo, la pintura y el modelado. Identificación de características espaciales de objetos como el color, la textura, el tamaño y la disposición de las partes.
<b>Intrínseco-dinámico</b>	Creación de productos de papel como pop-ups y origami, diseños plegados y cortados como copos de nieve o artesanías de barro. Transformación de las relaciones espaciales de objetos mediante el plegado, rotación, corte transversal y deformación plástica.
<b>Extrínseco-estático</b>	La pintura mural, la escultura y la fabricación de dioramas requieren que los estudiantes determinen las ubicaciones espaciales de los objetos en relación con otros o con un marco de referencia.
<b>Extrínseco-dinámico</b>	Ejercicios de danza y dramatización que cambian las posiciones de los artistas en un escenario. Estas formas de arte implican transformación de las interrelaciones de los objetos a medida que ocurre movimiento entre ellos, el marco de referencia o el espectador.

**Fuente: Audrey (79)**

### **2.2.2.7. Mediciones**

En la Figura 50 se muestran tres instrumentos para medir tres componentes de habilidades espaciales utilizados en la investigación de Roca et al. (35). Los eligieron porque siguen el criterio utilizado en investigaciones previas europeas y porque esos instrumentos son utilizados para medir esos mismos componentes en otros campos del conocimiento a nivel internacional, y debido a esa homogeneidad se podrían comparar los resultados.

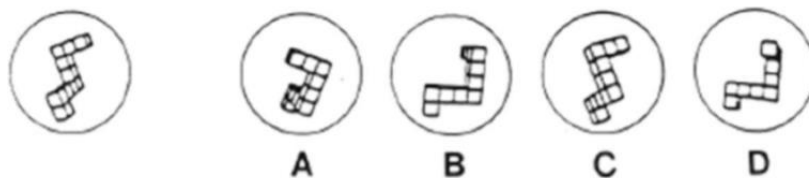


**Figura 50. Pruebas para medir habilidades espaciales**  
**Fuente: Roca et al. (35)**

Los instrumentos de medición son descritos a continuación por Roca et al. (35):

**A) MRT (*Mental Rotation Test*):**

Contiene 20 preguntas. En cada pregunta hay un modelo de un bloque en perspectiva de tres dimensiones. La prueba presenta cuatro figuras de bloques en la misma perspectiva con diferente rotación. Se tiene que identificar dos de esas figuras que concuerdan con el primero, pero tienen diferente rotación. En la Figura 51 se muestra un ejemplo de una pregunta MRT:

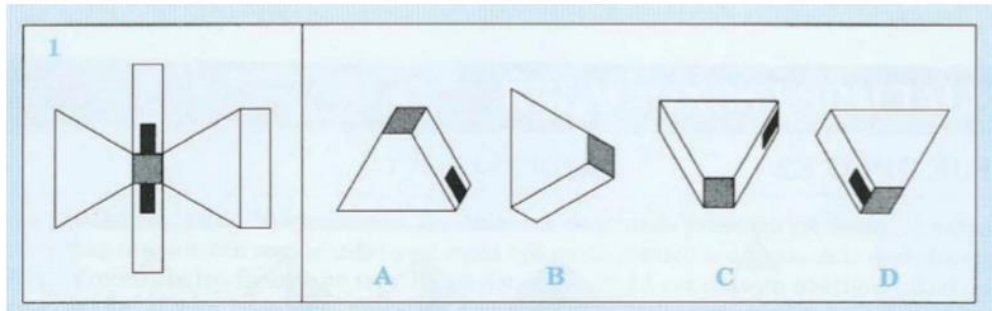


**Figura 51. Ejemplo de una pregunta de la prueba MRT**  
**Fuente: Vandenberg, citado por Roca et al. (35)**

**B) *Differential Aptitude Test (DAT-5: SR)*:**

Contiene 50 preguntas. Cada uno presenta un modelo o patrón de un objeto mostrando todas sus caras. También hay cuatro figuras de tres dimensiones,

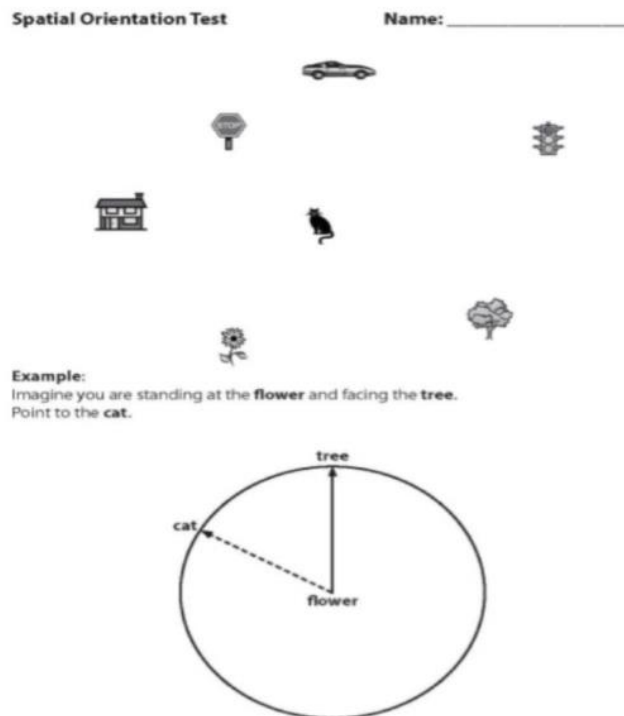
de donde solo una corresponde al patrón presentado. En la Figura 52 se muestra un ejemplo de la prueba DAT-5: SR:



**Figura 52. Ejemplo de una pregunta de la prueba DAT-5: SR**  
**Fuente: Roca et al. (35)**

**C) Perspective Taking/Spatial Orientation Test (PT/SOT):**

Consiste en 12 preguntas. Cada una tiene dos figuras, la de la parte superior corresponde a siete objetos. En la parte inferior hay un círculo donde una dirección es indicada para usuario quien debe imaginarse que está en la posición indicada. Debe completar la ubicación de los demás objetos. El puntaje es medido en desviación estándar, donde el menor puntaje es un mejor resultado. En la Figura 53 se muestra un ejemplo de una pregunta de la prueba PS/SOT.



**Figura 53: Ejemplo de una pregunta de la prueba PS/SOT**  
**Fuente: Roca et al. (35)**

Adicionalmente existen pruebas internacionales como la *Cognitive Abilities Test (CAT)* y la *Naglieri Nonverbal Ability Test (NATT)*.

#### **D) Cognitive Abilities Test**

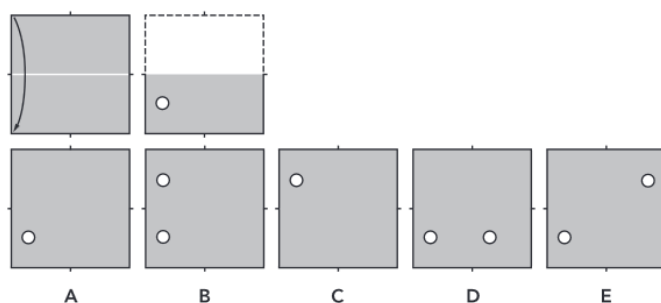
Según el folleto “CAT 4 *Cognitive Abilities Test Assessment Overview*” (92), la CAT4 está conformada por un grupo de pruebas desarrolladas y estandarizadas para apoyar a las escuelas en entender las habilidades de sus estudiantes y su potencial académico. Resultados de la CAT4 pueden ayudar en intervenir, monitorear el progreso y establecer objetivos para el logro futuro. Las pruebas están diseñadas para jóvenes hasta 17 años. Desde el 2012, en su versión 4, incluye la “Batería de Habilidad Espacial – Pensando con formas y espacios”. En la Figura 54 se muestra un ejemplo de una pregunta de análisis de una figura.

#### **Figure Analysis**

##### **Directions**

Each of the questions in this test is about folding paper and punching holes in it. You must decide how the paper would look when unfolded. Look at the example below.

##### **Example**



**Figura 54. Ejemplo de una pregunta de la prueba CAT4**  
**Fuente: GL Assessment (92)**

#### **E) Naglieri Nonverbal Ability Test**

De acuerdo a *TestPrep-Online* (93), el NNAT fue desarrollado por Pearson Inc., es una prueba estandarizada diseñada para evaluar la capacidad de razonamiento de estudiantes de 5 a 17 años. El NNAT se utiliza ampliamente en los EE. UU. Como parte del proceso de admisión para programas de dotados y talentosos. El NNAT se considera culturalmente neutral, ya que



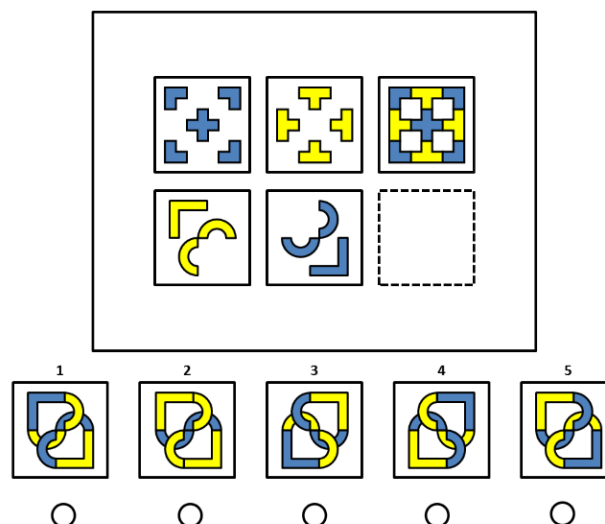
contiene un uso mínimo del lenguaje e instrucciones, y no requiere lectura, escritura ni conversación. En cambio, el NNAT incorpora formas y diseños abstractos, que permiten una puntuación imparcial independientemente del idioma primario, la educación y el entorno socioeconómico del niño. En la Tabla 31 se muestran los tipos de preguntas que incluye el NNAT3 (versión 3).

**Tabla 31. Tipos de preguntas de la prueba NNAT3**

Tipo de pregunta	Descripción
Completar patrones	A los estudiantes se les muestra un diseño y se les pide que identifiquen qué parte falta.
Razonamiento por razonamiento	Se espera que los estudiantes reconozcan las relaciones entre varias formas geométricas.
Razonamiento en serie	Requieren que los estudiantes reconozcan una secuencia de formas.
Visualización espacial	Se les pide a los estudiantes que combinen dos o más objetos y determinen cómo se verá la figura resultante.

**Fuente: TestPrep-Online (93)**

En la Figura 55 se muestra un ejemplo de pregunta de tipo de visualización espacial:



**Figura 55. Ejemplo de pregunta de tipo de visualización espacial de la prueba NNAT**  
**Fuente: TestPrep-Online (93)**

### 2.2.3. Realidad Virtual

#### 2.2.3.1. Definición

Brooks (94), define a la realidad virtual como: “la experiencia en la que el usuario se encuentra inmerso efectivamente en un mundo virtual receptivo.

Esto implica particularmente que el usuario tiene un control dinámico de su punto de vista, que es algo que está en el corazón de cualquier sistema de visualización VR”.

### **2.2.3.2. Inmersión**

De acuerdo a Xueni Pan (95), inmersión es la forma de describir la base en la que un sistema fue construido. No se trata de describir la respuesta de las personas, sino de describir técnicamente lo que puede ofrecer un sistema. Para poder comparar la inmersión de dos sistemas, se necesita que los dos se puedan simular entre sí, por ejemplo, no se podría comparar la inmersión que ofrecen, leer un libro y ver un video.

### **2.2.3.3. Inmersión en realidad virtual**

De acuerdo a Xueni Pan (95), hay tres cosas que hacen que la RV (Realidad Virtual) se categorice más inmersiva que otros tipos de medios, descritos a continuación:

#### **Estereovisión 3D**

Dos pantallas, una delante de cada ojo, cuya imagen es ligeramente diferente de la otra, así como percibimos el mundo real con ambos ojos, esto nos brinda una visión estéreo 3D, similar a la experiencia de cine 3D.

#### **Control dinámico del punto de vista del usuario**

La vista es actualizada acorde al punto de vista exacto de un usuario específico, diferente del cine 3D, gracias al *head tracking* del dispositivo.

#### **Experiencia envolvente**

La percepción visual está rodeada completamente por el dispositivo. Cuanto más cubierto esté el campo de visión en la pantalla, más inmerso se sentirá. Este tipo de experiencia es abrumadora y persistente. No disminuye con el tiempo.

En la Tabla 32 se muestran varios niveles de inmersión en sistemas de realidad virtual.

**Tabla 32. Niveles de inmersión en sistemas de RV**

<b>Nivel de inmersión</b>	<b>Descripción</b>
Sonido especializado	Cuando ocurre algo en algún lugar se escucha en ese lugar. Cuando el sonido es reflejado en el entorno en un cuarto en particular.
Diferentes niveles de visión	Cómo las luces fluyen en el entorno.
Retroalimentación <i>haptic</i>	Sentido táctil cuando se toca algo, según la superficie debe ser diferente. Respuesta de fuerza, cuando algo choca con el usuario se debe sentir la fuerza.

**Fuente: Xueni Pan et al. (95)**

#### **2.2.3.4. Head Mounted Display (HMD)**

De acuerdo a Chuptys et al. (96), los “*head mounted displays*” incluyen cualquier clase de tecnología que monta la pantalla a la cabeza del usuario, utilizadas en realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta.

#### **2.2.3.5. CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)**

El CAVE se desarrolla en el Laboratorio de Visualización Electrónica (EVL) de la Universidad de Illinois (97).

CAVE es un sistema de realidad virtual compuesto por cuatro paredes, proyectores estéreo, que envían imágenes por detrás de tres de estas paredes, y un par de anteojos, que son referencia para actualizar las imágenes del proyector. Requiere de un gran y dedicado espacio. Diferentes imágenes para cada ojo son enviadas a 100 fotogramas por segundo. Gracias a las lunas de cristal líquido de los lentes que bloquean alternadamente las imágenes, se muestra la imagen correcta y se simula la ilusión de visión estéreo 3D. Varias personas pueden usar los anteojos, pero los gráficos solo se actualizan desde el punto de vista de uno de ellos. Y al estar rodeado por paredes brinda una experiencia envolvente. Tiene una pantalla enorme con gran resolución, requiere de un equipo muy potente para trabajar con él (95). En la Figura 56 se muestra el sistema CAVE.



**Figura 56. Sistema de realidad virtual CAVE**  
**Fuente: Xueni Pan et al. (95)**

### **2.2.3.6. Componentes técnicos de realidad virtual**

Xueni Pan et al. (95) describe tres componentes para evaluar aplicaciones de realidad virtual, descritas a continuación:

#### **A) VR display**

Como el HMD (*Head-Mounted Display*) o casco de realidad virtual, el cual provee visión estéreo 3D envolvente y permite al usuario el control dinámico de su punto de vista con el seguimiento de rotación y posición.

#### **B) VR Interaction**

Potenciado por los controles, el cual brinda interacción 3D con nuestras manos. Nos permite seleccionar y manipular objetos virtuales, realizar *gestures* e interactuar socialmente.

#### **C) VR Content**

Se refiere a las imágenes que se muestran en los visores con las que algunas veces se puede interactuar. Incluye gráficos 3D, animaciones, videos o imágenes 360, etc.

En la Tabla 33 se muestran algunos ejemplos de ideas de experiencias de realidad virtual evaluadas usando los componentes técnicos (95). Donde el “*Ping Pong*” es factible y “*VR Shopping*” no lo es, debido a la tecnología actual.

**Tabla 33. Aplicaciones de realidad virtual**

<b>Ping pong</b>	<b>VR Display</b>	HMD con seguimiento de posición y rotación
	<b>VR Interaction</b>	Seguimiento de rotación y posición Retroalimentación <i>haptic</i> simple
	<b>VR Content</b>	Gráficos 3D y animación con simulación de física simple
<b>VR Shopping</b>	<b>VR Display</b>	HMD con seguimiento de posición y rotación
	<b>VR Interaction</b>	Retroalimentación <i>haptic</i> que permita sentir los diferentes tipos de materiales
	<b>VR Content</b>	Escaneo 3D de la ropa con simulación física de material blando

**Fuente: elaboración propia**

### 2.2.3.7. Grados de libertad (DOF)

De acuerdo a Packet39 (98), DOF (*Degrees Of Freedom*) o Grados de Libertad es el número de “direcciones” diferentes que un objeto puede moverse en el espacio 3D.

- Los dispositivos con 3DOF pueden rastrear la orientación o rotación, es decir, sabe dónde está mirando (los 3 ejes son *roll*, *yaw* y *pitch*).
- Los dispositivos con 6DOF rastrearán la orientación y la posición, es decir, sabe dónde está mirando y también dónde está en el espacio.

-

### 2.2.3.8. Head Tracking

De acuerdo a Xueni et al. (95), para actualizar la vista acorde al punto de vista del usuario se necesita seguir la posición y rotación (6DOF). El sistema de seguimiento interno utiliza el acelerómetro o giroscopio o ambos para seguir la rotación de la cabeza, y para seguir la posición normalmente se utiliza un dispositivo óptico externo, que en el CAVE son cámaras, y en los HMD son sensores infrarrojos en frente del usuario.

Xueni et al. (95) declara que el sistema de seguimiento de posición es importante para una natural navegación en el mundo virtual y para un buen sentido de la escala.

### **2.2.3.9. Inside-out tracking**

Según la doctora Xueni et al. (95), *inside-out tracking* es la tecnología de seguimiento de posición de los HMD que no necesita dispositivos externos para que funcione.

La compañía *Facebook Technologies* (99), desarrolló una de las primeras tecnologías que brinda *inside-out tracking*, llamada *Oculus Insight*, implementándola en sus HMD: *Oculus Quest* (Figura 57) y *Oculus Rift S*. Este innovador sistema utiliza cuatro sensores de gran ángulo y algoritmos de visión por computadora para rastrear la posición exacta en tiempo real sin ningún sensor externo, brindando una mayor sensación de inmersión, presencia y movilidad, además de la capacidad de ir más allá de la escala de la habitación. También incluye el sistema Guardián para ayudar a estar más seguro mientras se está en la realidad virtual.



**Figura 57. Oculus Quest**  
**Fuente: Facebook Technologies (99)**

### **2.2.3.10. Controles**

Según la doctora Xueni et al. (95), los controles, referidos como “*wand*”, necesitan de los mismos sensores de rotación y posición para mover y rotar cualquier objeto, o realizar *gestures*, incluso para navegación en el mundo virtual sin necesidad de movimientos del cuerpo.

Xueni et al. (95) recomienda buscar otras formas de navegar por el entorno 3D en vez de utilizar una navegación virtual. Por ejemplo, evitar usar los *joysticks* de los controles, que pueden causar mareos fácilmente.

### **2.2.3.11. Retroalimentación *haptic***

Xueni et al. (95) afirma que la retroalimentación usando vibración en los controles, por ejemplo, al momento de que un objeto choque con otro objeto, como en la vida real, provocan un gran sentido de inmersión.

### **2.2.3.12. Mareo por movimiento**

De acuerdo a Austin et al. (90), la enfermedad o mareo por movimiento generalmente es causada por señales sensoriales conflictivas que van al cerebro, como un desajuste entre la apariencia visual de la velocidad y la sensación de movimiento del oído interno. Es sabido que videojuegos en primera persona, especialmente 3D pueden causar esta enfermedad, y también el *Oculus*, un punto bajo es que personas que no sufren con esto en la vida real, usando el *Oculus* pueden marearse por movimiento.

Austin et al. (90) dan una serie de recomendaciones listadas a continuación:

- Leer toda la información acerca de salud y seguridad en la guía de buenas prácticas de *Oculus Rift*.
- No tratar de sobre esforzarse cuando se llega a sentir algunos síntomas y detenerse en esos momentos, y descansar.
- Detectar los síntomas que algunas veces pueden empezar por dolor de cabeza, sudor, etc.
- Ajustarse perfectamente el casco en la cabeza.
- Usar el *Oculus* sentado
- Tomar descansos regulares.
- Trabajar en un ambiente tranquilo.

### **2.2.3.13. Comparativa entre plataformas de RV**

En la Tabla 34 se muestra un cuadro comparativo entre categorías de dispositivos de realidad virtual.

**Tabla 34. Comparativa entre plataformas de Realidad Virtual**

Category	Cost	Tracking	Name	Resolution (pre-eye)	Refresh rate	Weight	Controller
Mobile VR	<\$500	rot	Samsung Gear VR	1280 x 1440*	60 Hz*	318g + phone	some Rot tracked
Console VR	~\$1000	pos + rot (external camera)	PlayStation VR	960 x 1080	120 Hz	610g	rot pos tracked vibration
High-end HMDs	>\$2000	pos + rot (external camera/ light house)	Oculus Rift CV1	1080 x 1200	90 Hz	470g	rot pos tracked vibration
			HTC VIVE	1080 x 1200	90 Hz	555g	rot pos tracked vibration

*Fuente: Xueni Pan et al. (95)*

### 2.2.3.14. Videos 360

En la Tabla 35 se muestran las diferencias entre un Video 360 y una aplicación de realidad virtual basado en modelos.

**Tabla 35. Diferencias entre Video 360 y RV basado en modelos**

Video 360	RV basado en modelos
Todo es capturado del mundo real con cámaras digitales o análogas almacenado en formato de imágenes o píxeles.	Primero se crea y anima los modelos 3D y usando cámaras virtuales se capturan.
El contenido es altamente realista basada en la definición y calidad de la grabación.	El contenido está compuesto por imágenes generadas por computadora, escenarios y modelos 3D que se pueden reusar. Se puede generar mundos fantásticos con criaturas fantásticas. Se puede programar los modelos 3D para que sean interactivos en tiempo real.
El procedimiento es rápido.	El procedimiento es mucho más lento.
No se puede cambiar lo que se ha grabado tan fácilmente.	Una vez creado el escenario 3D se puede renderizar desde diferentes ángulos o animarlos de forma diferente.

*Fuente: Xueni Pan et al. (95)*

### 2.2.3.15. Aplicaciones de realidad virtual

En la Tabla 36 se muestran algunas aplicaciones de realidad virtual aplicadas a diversas áreas

**Tabla 36. Aplicaciones de realidad virtual**

Campo	Descripción
Deportes, Ópera, Teatro	Ver la función desde el mejor asiento sin salir de casa usando videos 360 no interactivo cambiando el punto de vista o ver información estadística.
Videojuegos de deporte	Disponibles para dispositivos con 6DOF pero no para entrenamiento ya que las habilidades no son traspasables.
Noticias y documentales	A través de videos 360 y aplicaciones basadas en modelos 3D para enviar al usuario a experimentar de



	primera mano las noticias y documentales.
Visualización de datos científicos	Análisis y representación en tres dimensiones de datos simulados o reales, para educación, entrenamiento y ciencia.
Entrenamiento médico	Cuarto quirúrgico a través de un video 360. Entrenamiento quirúrgico con realidad virtual basado en modelos, animación en tiempo real, precisión en los controles y retroalimentación <i>haptic</i> . Casos clínicos con pacientes complicados.
Rehabilitación física y psicoterapia	Ilusión de movimiento de las piernas para pacientes con dificultad de movilidad. Entrenamiento constante y con curva de dificultad dependiendo de las habilidades del usuario. Psicoterapia de fobias.
VR Social	Interacción social con lenguaje corporal

**Fuente: Xueni Pan et al. (95)**

### 2.2.3.16. Las tres ilusiones

Slater (100) describe tres ilusiones en realidad virtual, descritas a continuación:

#### A) Ilusión de lugar (PI)

Es la ilusión de estar en un lugar incluso sabiendo que no se está realmente ahí. Esto se da cuando el lugar es emocionante por alguna razón.

#### B) Ilusión de plausibilidad (Psi)

Es la ilusión de que algo está pasando, aunque se sabe que no está pasando realmente.

Al tratar de interactuar con los objetos del mundo virtual y no responden se genera un “fallo de plausibilidad”: “Nada de lo que se haga tiene efecto, es como ver una película”, esto pasa también con los personajes cuando sus animaciones son poco realistas o repetitivas.

A continuación, se listan algunas condiciones para la ilusión de plausibilidad:

**Eventos que ocurren en relación a la personalidad del usuario**

Eventos que el usuario causa directamente e indirectamente son ejecutados.

**El mundo responde al usuario**

Por ejemplo: al saludar a un personaje y este responde, o al tocar una puerta y esta se abre.

**Credibilidad**

Simular algo que podría pasar en el mundo real o en otra realidad.

**C) Ilusión de personificación o Cuerpo Virtual**

Es la ilusión de que el cuerpo virtual se convierte en tu cuerpo, aunque se sabe que no puede serlo. Esto se logra por la propiocepción y la exterocepción visual, cuando nuestro cuerpo en el espacio cambia en combinación con la percepción visual y táctil. Esto se basa en el paradigma denominado "ilusión de la mano de goma" investigado por la neurociencia cognitiva.

En las palabras del profesor Slater (100)

*La realidad virtual puede transformar no solo tu sentido de lugar y de realidad, sino también quién eres. Debido a que podemos cambiar fácilmente la apariencia y la forma de nuestro cuerpo virtual, podemos elegir que queremos ser en la realidad virtual.*

De acuerdo a Xueni et al. (95) esas experiencias han demostrado tener efectos psicológicos muy interesantes y duraderos en las personas.

**D) Roturas de presencia**

La ilusión de lugar y la ilusión de plausibilidad se pueden medir en términos del número de roturas de presencia.

Cuando la ilusión de lugar se rompe se puede recuperar, pero cuando la ilusión de plausibilidad lo hace, típicamente, ya no se recupera. Esto es debido a que la ilusión de lugar es perceptual que depende de contingencias sensoriomotoras, mientras la ilusión de plausibilidad es cognitiva.

## **2.2.4. Plataformas**

### **2.2.4.1. Computadora personal**

Toong et al. (101) definen a la computadora personal como una pequeña computadora basado en un microprocesador, es una microcomputadora diseñada para el uso de una persona a la vez. La computadora personal pone a disposición un gran número de capacidades para que desarrolle el usuario, desde navegar por Internet hasta realizar actividades de ocio. Según el tipo de movilidad hay computadoras estacionarias y portátiles.

### **2.2.4.2. Oculus Rift**

#### **A) Definición y componentes**

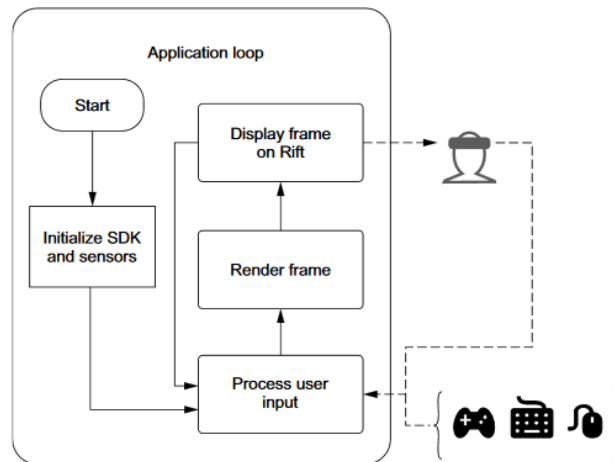
De acuerdo al libro "*Oculus Rift In Action*" (102), *Oculus Rift* es un *Head-Mounted Display* (HMD) de Realidad Virtual desarrollado por *Facebook Technologies*. El kit está compuesto por un *headset* (casco), un par de lentes de cámara dentro del casco, dos sensores con cámaras infrarrojas para seguimiento de posición y un par de controles para las manos. En la Figura 58 se muestran estos componentes:



**Figura 58. Componentes del "Oculus Rift with Touch VR system"  
Fuente: PXVR (103)**

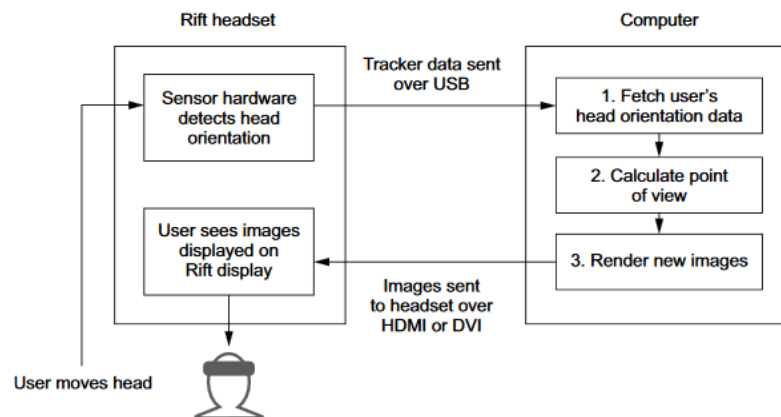
## B) Funcionamiento del *Oculus Rift*

En la Figura 59 se muestra el bucle típico de una aplicación de *Oculus Rift*:



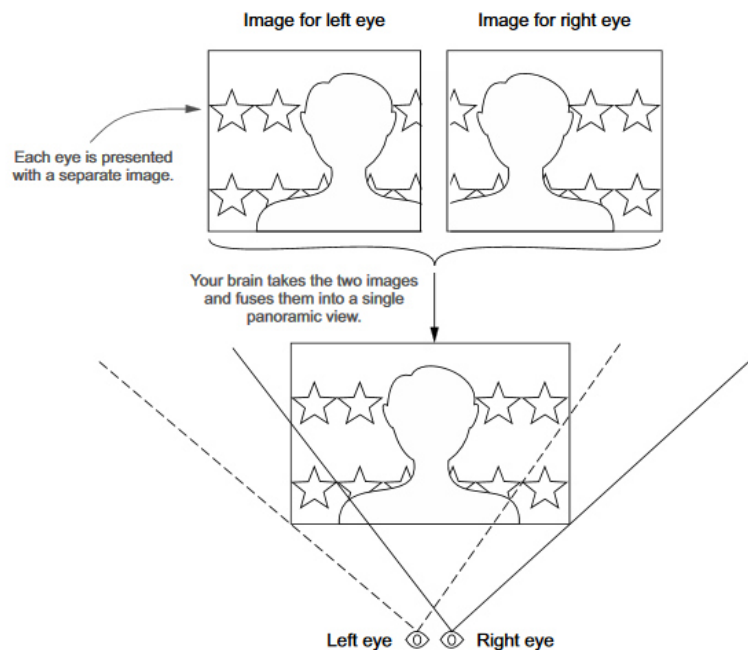
**Figura 59. Proceso de renderizado en cada cuadro**  
**Fuente: Austin et al. (102)**

En la Figura 60 se muestra el proceso de renderizado en cada cuadro, en donde la computadora calcula nuevas imágenes para enviar devuelta al casco dependiendo de la nueva orientación y posición del usuario detectado por los sensores.



**Figura 60. Proceso de renderizado en cada cuadro**  
**Fuente: Austin et al. (102)**

En la Figura 61 se muestran las imágenes ligeramente diferentes enviadas para cada ojo para luego ser convertidas a una sola por el cerebro.



**Figura 61. Imágenes izquierda y derecha combinadas en una**  
**Fuente: Austin et al. (102)**

### **C) Oculus Touch**

De acuerdo a Laukkonen (104), el *Oculus Touch* es un sistema de control de movimiento que fue diseñado desde cero con la realidad virtual en mente. Consiste en un par de controladores, uno para cada mano, que esencialmente operan como un único *gamepad* que se ha dividido en dos. Permite un seguimiento completo de las manos del usuario en realidad virtual.

A continuación, se describen algunas de sus características de acuerdo a Laukkonen (104):

- **Controles intuitivos:** permite apuntar, agarrar, escoger e interactuar con el mundo virtual en forma intuitiva.
- **Controles *joystick* gemelos:** contiene un esquema de control de *joystick* análogo, similar al de consolas de juego.
- **Confortable y liviano:** el diseño se acomoda muy bien en la mano, el peso es lo suficiente ligero para sesiones regulares de uso.
- **Retroalimentación *haptic*:** sensación de inmersión aumentada al tocar e interactuar con el mundo virtual.

En la Figura 62 se muestran los *Oculus Touch*.



**Figura 62: Oculus Touch**  
**Fuente: Laukkonen (104)**

#### **D) Guía de mejores prácticas de diseño**

La guía de mejores prácticas de diseño de *Oculus* (105) es una guía en crecimiento y cambio mantenida por la comunidad de desarrolladores de *Oculus* para el diseño de videojuegos y aplicaciones confortables. Esta guía es un punto de partida donde se recomienda experimentar y hacer pruebas. En primer lugar, en la Tabla 37 se listan algunas recomendaciones de seguridad y salud.

**Tabla 37. Recomendaciones de seguridad y salud**

Niños menores de 13 años no deben usar el <i>Oculus Rift</i> . El casco no tiene las dimensiones adecuadas para niños, el cual puede ocasionar molestias o efectos en la salud. Además, los niños más pequeños se encuentran en un periodo crítico en su desarrollo visual.
Se debe ser siempre consciente de lo que está a su alrededor antes de comenzar y durante el uso del Casco de RV con el <i>Touch</i> , para evitar daños.
Se recomienda permanecer sentado salvo que el juego o la experiencia del contenido requiera que se levante.
La zona por encima de la cabeza debe estar despejada de potenciales peligros como elementos de iluminación o ventiladores de techo.
El Casco de RV debe limpiarse entre uso y uso con toallitas antibacteria sin alcohol que no dañen la piel y con un trapo de microfibra seco.

**Fuente: Facebook Technologies (105)**

Y en la Tabla 38 se describen algunas de las mejores prácticas divididas por categorías:

**Tabla 38. Mejores prácticas de diseño de Oculus**

<b>Categoría</b>	<b>Práctica</b>
Experiencia de usuario general	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El usuario debe poder elegir el tiempo de uso, la aplicación debe permitir detenerse en cualquier momento guardando la progresión</li> <li>- Se deben tener tiempos de carga pequeños o usar un <i>cube</i>map 3D como pantalla de carga.</li> <li>- Incorporar posiciones de descanso para minimizar la fatiga de los usuarios entre sesiones extensas de uso.</li> </ul>
Visión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No se debe tapar la vista con la interfaz HUD. Puede causar dificultad y descontento al pensar en profundidad.</li> <li>- No renderizar elementos detrás de nada en la escena. Ignorar la profundidad de algunos objetos puede causar confusión.</li> <li>- Usar eficientemente “Suelo como origen” y “Ojos del usuario como origen de la cámara”, dependiendo de la experiencia. “Suelo como origen” considera la altura del usuario, mientras que el otro sitúa la altura del usuario hacia una altura predefinida, manteniendo la misma altura para todos los usuarios.</li> </ul>
Movimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Velocidad lenta y muy rápida han reportado menos disconformidad en RV.</li> <li>- Permitir al usuario moverse por sí mismo puede reducir la disconformidad en RV.</li> </ul>
Técnicas de movimiento en RV	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar una experiencia que no necesita movimiento</li> <li>- Teletransportación con objetivos claros y coherentes</li> <li>- Movimiento artificial con puntos predefinidos a velocidad constante</li> </ul>

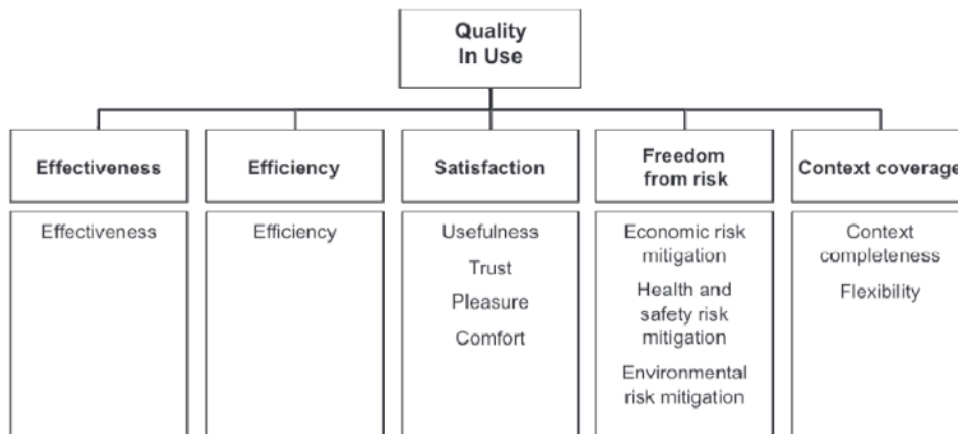
**Fuente: Facebook Technologies (105)**

## **2.3. Criterios de Calidad de Software**

### **2.3.1. Modelo de calidad en uso**

*La calidad en el uso de un sistema caracteriza el impacto que el producto (sistema o producto de software) tiene en las partes interesadas. Está determinada por la calidad del software, el hardware y el entorno operativo, y las características de los usuarios, las tareas y el entorno social. Todos estos factores contribuyen a la calidad en el uso del sistema. ISO/IEC 25010 (106).*

La ISO/IEC 25010 (106) define un modelo de calidad de uso compuesto por cinco características (algunas de las cuales se subdividen en subcaracterísticas) que se relacionan con el resultado de la interacción cuando se utiliza un producto en un contexto particular de uso. En la Figura 63 se muestra el modelo de calidad en uso con sus cinco características: efectividad, eficiencia, satisfacción, libertad de riesgo y cobertura del contexto.

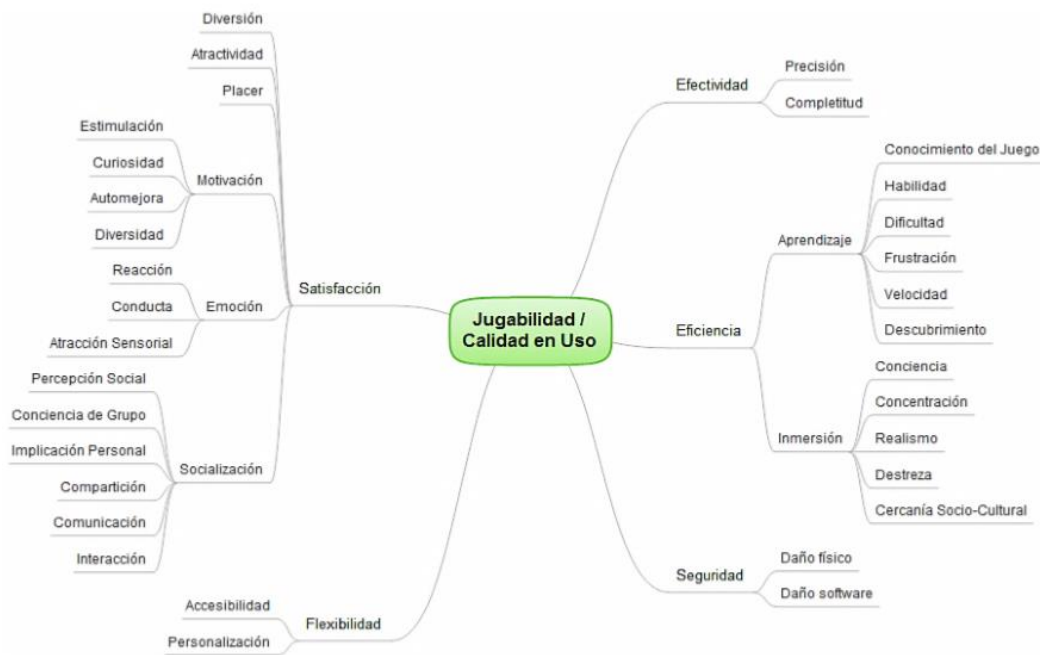


**Figura 63. Modelo de Calidad en Uso**  
**Fuente: ISO/IEC 25010 (106)**

### 2.3.2. Modelo de calidad de la experiencia de uso basado en la jugabilidad

González (107) realiza una propuesta de extensión del modelo de calidad en uso ISO/IEC 25010 (106) en base a la jugabilidad, para poder analizar el grado de la experiencia interactiva, o grado de calidad desde el punto de vista de la interacción entre el jugador y juego, en busca de un mejor conocimiento e información que ayude a mejorar los procesos de evaluación y aseguramiento de la calidad del producto final tan demandados en la industria actual. Dicho de otro modo, la jugabilidad representa “el grado de calidad en uso en el cual jugadores específicos alcanzan metas específicas del juego con efectividad, eficiencia, flexibilidad, seguridad y especialmente satisfacción en un contexto jugable de uso”. En la Figura 64 se muestran factores y atributos de calidad basados en la jugabilidad:





**Figura 64. Factores y atributos de calidad basados en la jugabilidad**  
**Fuente: Gonzáles (107)**

### 2.3.3. Efectividad

De acuerdo a la ISO/IEC 25010 (106), la efectividad es la precisión y completitud con que los usuarios logran objetivos específicos (citado de la ISO 9241-11). En la Figura 65 se muestran algunas métricas de efectividad basadas en la ISO/IEC 25022.

Effectiveness
Tasks completed
Objectives achieved
Errors in a task
Tasks with errors
Task error intensity

**Figura 65. Métricas de efectividad**  
**Fuente: Bevan (108)**

En el contexto de jugabilidad, Gonzáles (107) lo define como: “grado en el que usuarios específicos (jugadores) pueden lograr las metas propuestas con precisión y completitud en un contexto de uso concreto, el que aporta el videojuego”. En la Tabla 39 se muestran algunas métricas de efectividad basadas en la jugabilidad de un videojuego.

**Tabla 39. Métricas de efectividad basadas en la jugabilidad**

Nombre de la Métrica	Propósito	Fórmula	Interpretación	Método de Evaluación
Efectividad en la Meta	¿Qué porcentaje de metas y retos se han alcanzado correctamente?	$X = \frac{11 - \sum A_i}{A_i}$ Valor proporcional de cada acción incorrecta	X ∈ [0, 1], cercano a 1, lo mejor	Test de Usuarios
Completitud de la Meta	¿Qué porcentaje de metas y retos se han completado?	$X = A/B$ A = n. de metas completadas B = n. total de metas intentadas	X ∈ [0, 1], cercano a 1, lo mejor	Test de Usuarios
Frecuencia de Intentos por Meta	¿Cuál ha sido la frecuencia de intentos?	$X = A/T$ A = n. de intentos realizados por jugador T = tiempo o número de metas	Jugador experto cercano a 0. Al comienzo > 0	Test de Usuarios

Fuente: Gonzáles (107)

### 2.3.4. Eficiencia

De acuerdo a la ISO/IEC 25010 (106), el concepto de eficiencia viene de los recursos gastados en relación con la precisión y la completitud con que los usuarios logran los objetivos, estos recursos pueden incluir: el tiempo para completar la tarea (recursos humanos), materiales o el costo del uso (citado de la ISO 9241-11). En la Figura 66 se muestran algunas métricas de eficiencia basadas en la ISO/IEC 25022.

Efficiency
Task time
Time efficiency
Cost-effectiveness
Productive time ratio
Unnecessary actions
Fatigue

**Figura 66. Métricas de eficiencia**  
Fuente: Bevan (108)

En el contexto de jugabilidad, Gonzáles (107) lo define como: “grado con el que usuarios específicos (jugadores) pueden lograr las metas propuestas invirtiendo una cantidad apropiada de recursos en relación a la efectividad lograda en un contexto de uso concreto, el que aporta el videojuego. Este factor está determinado por la facilidad de aprendizaje y la inmersión”. En la Tabla 40 se muestran algunas métricas de eficiencia basadas en la jugabilidad de un videojuego.

**Tabla 40. Métricas de efectividad basadas en la jugabilidad**

Nombre de la Métrica	Propósito	Fórmula	Interpretación	Método de Evaluación
Tiempo de Meta	¿Cuánto tiempo requiere el jugador para lograr una meta?	$X = Ta$	Jugadores novatos necesitan más tiempo	Test de Usuarios
Eficiencia	Eficiencia de Meta	$X = M1/T$	$X \in [0, 1]$ , cercano a valores intermedios	Test de Usuarios
	Eficiencia Relativa al Nivel del Usuario	$X = A/B$ A = eficiencia del jugador normal B = eficiencia del jugador experto	$X \in [0, 1]$ , cercano 1, lo mejor	Test de Usuarios

**Fuente: Gonzáles (107)**

### 2.3.5. Satisfacción

De acuerdo a la ISO/IEC 25010 (106), la satisfacción es el grado en que las necesidades de los usuarios se satisfacen cuando un producto o sistema se utiliza en un contexto específico de uso, donde se incluye: utilidad, confianza, placer y comodidad. En la Figura 67 se muestran algunas métricas de satisfacción basadas en la ISO/IEC 25022.

Satisfaction
Overall satisfaction
Satisfaction with features
Discretionary usage
Feature utilisation
Proportion of users complaining
Proportion of user complaints about a particular feature
User trust
User pleasure
Physical comfort

**Figura 67. Métricas de satisfacción**

**Fuente: Bevan (108)**

En el contexto de jugabilidad, Gonzáles (107) lo define como: “grado con el que los usuarios (jugadores) están satisfechos en un contexto de uso concreto, el que le aporta un videojuego. En este factor consideramos distintos atributos como: agrado, atracción, placentero, confortable, confiable, motivador, emocionable y sociable”. En la Tabla 41 se muestran algunas métricas de satisfacción basadas en la jugabilidad de un videojuego.

**Tabla 41. Métricas de efectividad basadas en la jugabilidad**

Nombre de la Métrica	Propósito	Fórmula	Interpretación	Método de Evaluación	
Escala de Satisfacción	¿Cómo de satisfecho está el jugador?	$X = A/B$ A = cuestionario con escala psicométrica B = media popular	$X > 0$ el mayor, lo mejor	Test de Usuarios + Cuestionarios	
Cuestionario de Satisfacción	¿Cómo de satisfecho está el jugador con las características propias del videojuego?	$X = \sum A_i / B$ A $i$ = respuesta a la pregunta B = número de respuestas	Comparar con valores previos, o con la media popular	Test de Usuarios + Cuestionarios	
Satisfacción	Preferencia de Uso	¿Qué porcentaje de usuarios prefieren el videojuego frente a otro?	$X = A/B$ A = n. de veces que características propias del juego es usada B = n. de veces que jugadores intentan jugar a un juego	$X \in [0, 1]$ , cercano 1, lo mejor	Test de Usuarios + Cuestionarios
Satisfacción	Socialización	¿Qué porcentaje de los retos son resueltos jugando en grupo?	$X = A/B$ A = n. de veces que el juego se usa en un contexto social B = n. de veces que el juego es usado	$X \in [0, 1]$ , cercano 1, juego social, cercano a 0, juego individual	Test de Usuarios + Cuestionarios

Fuente: Gonzáles (107)

### 2.3.6. Seguridad o libertad de riesgos

De acuerdo a la ISO/IEC 25010 (106), la libertad de riesgos es el grado en que un producto o sistema mitiga el riesgo potencial del estado económico, la vida humana, la salud o el medio ambiente. En la Figura 68 se muestran algunas métricas de riesgo basadas en la ISO/IEC 25022.

Economic risk	Health and safety risk	Environmental risk
Return on investment (ROI)	User health reporting frequency	Environmental impact
Time to achieve return on investment	User health and safety impact	
Business performance	Safety of people affected by use of the system	
Benefits of IT Investment		
Service to customers		
Website visitors converted to customers		
Revenue from each customer		
Errors with economic consequences		

**Figura 68. Métricas de riesgo**

Fuente: Bevan (108)

En el contexto de jugabilidad, Gonzáles (107) lo define como: “nivel aceptable de riesgo para la salud del jugador, o los datos de este, en un contexto de uso concreto, el que le aporta el videojuego”. En la Tabla 42 se muestran algunas métricas de seguridad o libertad de riesgos basadas en la jugabilidad de un videojuego.

**Tabla 42. Métricas de libertad de riesgos basadas en la jugabilidad**

Nombre de la Métrica	Propósito	Fórmula	Interpretación	Método de Evaluación
Seguridad y Salud del Jugador	¿Cómo incide en la salud del jugador el uso del producto?	$X = 1 - A / B$ A = n. de jugadores que informan de problemas relacionados con la seguridad B = número total de jugadores	$X \in [0, 1]$ , cercano 1, lo mejor	Test de Usuarios
Seguridad				
Daño software	¿Cómo incide la corrupción del software en el juego?	$X = 1 - A / B$ A = número de veces que el videojuego falla y es detectado por el jugador. B = n. total de situaciones de uso	$X \in [0, 1]$ , cercano 1, lo mejor	Test de Usuarios

**Fuente: Gonzáles (107)**

### 2.3.7. Flexibilidad o cobertura de contexto

De acuerdo a la ISO/IEC 25010 (106), la cobertura de contexto es el grado en que un producto o sistema se puede usar con efectividad, eficiencia, libertad de riesgo y satisfacción tanto en contextos específicos de uso como en contextos más allá de los identificados inicialmente de manera explícita. En la Figura 69 se muestran algunas métricas de efectividad basadas en la ISO/IEC 25022.

Context completeness	Flexibility
Context completeness	Flexible context of use Product flexibility Proficiency independence

**Figura 69. Métricas de cobertura de contexto**

**Fuente: Bevan (108)**

En el contexto de jugabilidad, Gonzáles (107) lo define como: “el grado con el que el videojuego se puede usar en distintos contextos posibles o por los distintos perfiles de jugadores y de juego existentes”. En la Tabla 43 se muestran algunas métricas de flexibilidad o cobertura de contexto basadas en la jugabilidad de un videojuego.

**Tabla 43. Métricas de efectividad basadas en la jugabilidad**

	Nombre de la Métrica	Propósito	Fórmula	Interpretación	Método de Evaluación
Flexibilidad	Accesibilidad	¿Qué porcentaje de metas se logran utilizando distintas formas de interacción diferentes a las usadas por defecto?	$X = A/B$ A = metas con diferentes métodos de interacción B = n. total de metas	$X \in [0, 1]$ , cercano a 1 lo mejor	Test de Usuarios
	Personalización	¿Qué proporción de la personalización disponible utiliza el jugador?	$X = A/B$ A = elementos personalizables B = elementos en el juego	$X \in [0, 1]$ , si cercano a 1 métodos de interacción originales quizás deban ser cambiados	Test de Usuarios

Fuente: **González (107)**

## 2.4. Definición de Términos Básicos

### 2.4.1. Mecánica de juego

Winn (65), lo define como: “Reglas formales que definen el funcionamiento del mundo del juego, lo que el jugador puede hacer, los desafíos que enfrentará y las metas que tiene que cumplir”.

### 2.4.2. Dinámica de juego

LeBlanc (66) y Winn (65), tienen definiciones muy parecidas sobre dinámica de juego, el cual es: “Comportamiento resultante en tiempo de ejecución, cuando las reglas del juego, o las mecánicas, se instancian a lo largo del tiempo con la influencia de la interacción del jugador”.

### 2.4.3. Flujo

Liang (61) define el flujo como: “el estado de alguien enfocándose completamente en una actividad y olvidando todo lo que está fuera, por lo que se refiere a la experiencia óptima. El flujo se logra balanceando las habilidades actuales del jugador con la dificultad de los desafíos del juego, generalmente las habilidades y la dificultad van aumentando en el transcurso de los niveles de juego”.

### 2.4.4. Compromiso (*engagement*)

Zaib Abbasi (109) lo define como: “valor de la experiencia del usuario que

depende de numerosas dimensiones, que comprende el atractivo estético, la novedad, la facilidad de uso del sistema, la capacidad del usuario para atender e involucrarse en la experiencia y la evaluación general del usuario de la relevancia de la experiencia”.

#### **2.4.5. Inmersión**

Xueni Pan et al. (95), lo definen como: “la forma de describir la base en la que un sistema fue construido. No se trata de describir la respuesta de las personas, sino de describir técnicamente lo que puede ofrecer un sistema”.

#### **2.4.6. Ergonomía**

Para Helander (110), ergonomía (o factores humanos) es: “la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar con el fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento del sistema en general”.

#### **2.4.7. Proceso de diseño iterativo**

Para Winn (65) es: “el proceso iterativo que incluye diseño, prototipo, pruebas, e iterando otra vez al diseño, basado en la experiencia obtenida de las pruebas”. Esto refleja el proceso iterativo inherente del diseño de juegos.

#### **2.4.8. Balance**

Shell (64) lo define como: “ajustar los elementos o mecánicas del juego hasta que ofrezcan la experiencia deseada”.

#### **2.4.9. Uso intuitivo**

Nuaman et al. (111) lo definen como: “una característica de los sistemas de humano-máquina. Se refiere a un tipo especial de proceso de interacción entre usuarios y sistemas técnicos que usan la intuición de los usuarios. Un sistema técnico es, en el contexto de una determinada tarea, intuitivamente utilizable, mientras que el usuario puede interactuar de manera efectiva, sin utilizar

conscientemente el conocimiento previo”.

#### **2.4.10. Contingencia sensoriomotora**

Xueni Pan et al. (95), lo define como: “el conjunto de reglas implícitas donde utilizamos nuestro cuerpo para percibir el mundo a través de todos nuestros sentidos diferentes”.

#### **2.4.11. Frame Rate**

Chuang (112) lo define como: “la frecuencia con la que un dispositivo de imágenes muestra imágenes consecutivas. Esta secuencia aparece ante nuestros ojos como objetos en movimiento en lugar de una sucesión de fotografías fijas. Se mide en FPS (*Frames per second*)”. Depende de la pantalla, generalmente es a 60 fps. En dispositivos de realidad virtual varía entre 80 – 90 fps.

#### **2.4.12. Ambisonics**

Arteaga (113) lo define como: “un método para codificar un campo de sonido teniendo en cuenta sus propiedades direccionales. En el audio multicanal tradicional (por ejemplo, estéreo, sonido envolvente 5.1 y 7.1), cada canal tiene la señal correspondiente a un altavoz determinado. En cambio, en *Ambisonics*, cada canal tiene información sobre ciertas propiedades físicas del campo acústico, como la presión o la velocidad acústica”.

#### **2.4.13. 3D Audio Spatialization**

*Facebook Technologies* (114) lo define como: “la capacidad de reproducir un sonido como si estuviera posicionado en un punto específico en el espacio tridimensional. La espacialización es un aspecto clave de la presencia porque proporciona pistas poderosas que sugieren que el usuario se encuentra en un entorno 3D real, lo que contribuye en gran medida a una sensación de inmersión. Hay dos componentes clave: dirección y distancia”.



#### **2.4.14. Single Pass Stereo rendering**

*Unity Technologies* (115) lo define como: “una característica para PC y aplicaciones de realidad virtual. Representa las imágenes del ojo izquierdo y derecho al mismo tiempo en una textura de renderización empaquetada que es el doble del ancho de una textura de ojo simple. *Unity* renderiza la escena dos veces usando 2 llamadas de dibujo para cada *GameObject* que tiene un componente *Renderer*, sin embargo, solo itera a través del gráfico de escena una vez al renderizar para los ojos izquierdo y derecho”.

#### **2.4.15. Single Pass Instanced rendering**

*Unity Technologies* (115) lo define como: “una característica para PC y aplicaciones de realidad virtual. Donde la GPU realiza una sola pasada de procesamiento, reemplazando cada llamada de dibujo con una llamada de dibujo instanciada. Esto reduce en gran medida el uso de la CPU, y ligeramente el uso de la GPU, debido a la coherencia de caché entre las dos llamadas de dibujo, reduciendo significativamente el consumo de energía de la aplicación”.

#### **2.4.16. HUD (*Heads-Up Display*)**

De acuerdo a lo citado por Babu (116), el HUD, es: “un grupo de elementos que se superponen al mundo del juego que representa el estado del jugador. A menudo está diseñado para coincidir con el contexto del mundo del juego para que sea menos intrusivo”.

#### **2.4.17. Interfaz diegética**

De acuerdo a lo citado por Babu (116), una interfaz diegética es: “un grupo de elementos que se consideran parte del espacio del juego y son experimentados por los personajes”.

#### **2.4.18. *GameObject***

El libro “*Game Development with Unity*” lo define como: “un contenedor sencillo para piezas llamadas componentes. Todos los *GameObjects* tienen

al menos un componente (el componente *Transform*) y, a menudo, contienen muchos más”.

#### **2.4.19. Scriptable Objects**

*Unity Technologies* (117), lo define como: “un contenedor de datos que puede usar para guardar grandes cantidades de datos, independientemente de las instancias de clase. Es usado para guardar y almacenar datos durante una sesión de Editor o para guardar datos como un activo (*asset*) en el proyecto para ser usado en tiempo de ejecución”.

#### **2.4.20. Patrón de diseño “Object Pool”**

En el libro “Introducción a los patrones de diseño” (118), se comenta que *Object Pool* es: “un patrón muy utilizado cuando se requiere trabajar con una gran cantidad de objetos, los cuales son computacionalmente caros de crear, este patrón tiene una gran ventaja en escenarios donde nuestro programa requiere dichos objetos por un tiempo muy corto y que luego de su uso son desechados”.

#### **2.4.21. Unity Analytics**

*Unity Technologies* (119), lo define como: “una plataforma de datos simple pero potente que proporciona análisis para su juego *Unity*. Datos como quiénes son los jugadores y cuál es su comportamiento dentro del juego”.

#### **2.4.22. PlayFab**

Microsoft (120), lo define como: “una plataforma completa de *backend* para juegos en vivo”.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Metodología aplicada para el desarrollo de la solución**

Para comprobar la validez del desarrollo del videojuego se aplicaron directrices utilizadas actualmente en la industria de juegos como se detalla en la serie de cursos de la especialización de Desarrollo de Juegos autorizado por *Unity Technologies* en *PluralSight* (121) (73) (122) (123) y la especialización de Diseño y Desarrollo de Juegos en Coursera por la Universidad Estatal de Michigan (74). Reforzado con conceptos de la tesis doctoral de González (70) y los libros: “*A Game Design Vocabulary*” (69) y “*The Art of Game Design*” (64) para minimizar riesgos e incertidumbre en el desarrollo.

Considerando el Ciclo de Desarrollo de un Videojuego (63) (74) (70) que engloba el Proceso de Diseño Iterativo (67) y las prácticas de la metodología ágil Kanban (83). En la Tabla 44 se muestran los pasos realizados para el desarrollo del proyecto de tesis.

**Tabla 44. Valoración de las etapas de desarrollo del videojuego**

<b>Etapa</b>	<b>Actividad / Objetivo</b>	<b>Valoración</b>
Análisis y Diseño	Concepción de la idea y declaración del alcance plasmados en el Documento de Diseño de Juego.	Aprobación del gestor de producto
	Obtención de requerimientos funcionales	Aprobación del gestor de producto
	Diseño del minijuego plasmado en el Documento de Diseño de Nivel	Aprobación del gestor de producto
	Definición de historias de usuario y criterios de evaluación	Aprobación del gestor de producto
	Guiones gráficos para validar requerimientos	Aprobación del gestor de producto
	Diseño de las arquitecturas de solución	Aprobación del gestor de producto
	Mapa de navegación entre escenas de juego	Aprobación del gestor de producto
	Diseño de la base de datos	Aprobación del gestor de producto
	Diagrama de componentes y clases	Aprobación del gestor de producto
	Planificación de tableros Kanban y compromisos de entrega	Aprobación del gestor de producto
	Definición de políticas Kanban	Aprobación del gestor de producto
Construcción	Prototipo Iteración 1	Pruebas de caja negra
	Prototipo Iteración 2	Pruebas de caja negra
	Prototipo Iteración 3	Pruebas de caja negra
	Prototipo Iteración 4	Pruebas de caja negra
	Prototipo Iteración 5	Pruebas de caja negra
	Prototipo Iteración 6	Pruebas de caja negra
	Prototipo Iteración 7	Pruebas de caja negra
	Prototipo Iteración 8	Pruebas de caja negra

**Fuente: elaboración propia**

Para documentar el diseño de juego se usó el *Game Design Document* (GDD), recomendado en la industria de videojuegos, y el *Level Design Document* (LDD) para el nivel del minijuego de visualización espacial. El GDD y el LDD están como anexos complementarios (Anexos 1 y 2).

En cuanto a la metodología de gestión del proyecto se usó Kanban, ya que al ser una metodología ágil se adecua muy bien al Proceso de Diseño Iterativo y actualmente es usado por 30 – 40 % en el mundo de desarrollo de software según Kanbanize (124). Los tableros Kanban se administraron usando *HackNPlan*, una aplicación web para administrar proyectos, con las tareas necesarias para lograr la meta de entrega.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN**

#### **4.1. Designación de Roles**

Kanban es y sigue siendo el método “empieza donde estés”, donde inicialmente nadie recibe nuevos roles, responsabilidades o cargos. Esto significa que no hay roles obligatorios en Kanban y el método no crea ninguna nueva posición en la organización. Sin embargo, dos roles han emergido de la práctica común y ahora se definen en el método en sí mismo, el gestor de producto y gestor de flujo de trabajo (83).

En la Tabla 45 se muestra los roles definidos para el desarrollo del proyecto, resaltando que el autor de la presente tesis se hará responsable de cada uno de ellos, resultando en un desarrollo independiente, con el apoyo de un gestor de producto, que se encargue de validar los requerimientos, acorde a los objetivos planteados.

***Tabla 45. Asignación de roles***

<b>Rol</b>	<b>Persona encargada</b>	<b>Código</b>
Diseñador de Juego	Fernández Rivera Diego	FRD
Gestor de producto	Márquez Solís Pedro Yuri	MSY
Gestor de flujo de trabajo / Productor	Fernández Rivera Diego	FRD
Artista	Fernández Rivera Diego	FRD
Programador	Fernández Rivera Diego	FRD

Responsable de sonido	Fernández Rivera Diego	FRD
Responsable de cinemáticas	Fernández Rivera Diego	FRD
Diseñador de niveles	Fernández Rivera Diego	FRD

*Fuente: elaboración propia*

## **4.2. Alcance general**

### **4.2.1. Alcance del producto**

Se estableció que el alcance de *Future Machine* sea un videojuego que:

- Entrene el área de visualización espacial, parte de las habilidades espaciales.
- Posea un nivel de tutorial para explicar cómo jugar (como un entregable, parte del desarrollo del videojuego).
- Posea entre 10 a 14 niveles de dificultad.
- En cada intento de juego tenga como duración máxima de 5 minutos.
- Cuento con un objetivo a superar, el cual es un número de casos correctamente resueltos.
- Cuento con un sistema de balanceo de nivel, que subirá o bajará el nivel de dificultad en un mismo intento de acuerdo al rendimiento del jugador.
- Permita al jugador elegir el nivel de dificultad previo al intento.
- Calcule datos de rendimiento en cada intento de acuerdo a métricas de calidad basados en jugabilidad como efectividad y eficiencia en forma de puntos (score).
- Otorgue premios (en forma de cristales) para poder desbloquear otros niveles, ganados conforme al rendimiento en cada intento.
- Genere datos de progreso en la forma de: niveles de dificultad desbloqueados por cada minijuego, áreas descubiertas y minijuegos desbloqueados.
- Guarde datos de rendimiento, premios y progreso del jugador.
- Mantenga una tabla de mejores resultados.
- Sea compatible con las plataformas, de realidad virtual, *Oculus Rift* y computadoras personales.
- Considere recomendaciones de la guía de mejores prácticas de *Oculus Rift* en el diseño del videojuego.

#### 4.2.2. Alcance del proyecto

Durante la ejecución del proyecto, se realizaron las siguientes actividades:

- Pila de requerimientos funcionales del producto.
- Historias de usuario y criterios de aceptación basados en los requerimientos.
- Creación de guiones gráficos (*storyboards*) de las historias de usuario
- Planificación de tableros Kanban con compromisos de entrega y políticas.
- Iteraciones de los tableros Kanban limitando el trabajo en progreso.
- Iteraciones de seguimiento y gestión de flujo.

#### 4.3. Identificación de requerimientos

A continuación, se muestran los requisitos de jugabilidad, que listan todos los propuestos para el videojuego valoradas (0 – 10) por el equipo de trabajo enfocada al público objetivo, siendo 10 el valor más alto que implica la importancia de su inclusión final en el videojuego (70).

En la Tabla 46 se muestran los requisitos de jugabilidad acorde a la faceta intrínseca.

**Tabla 46. Requisitos de jugabilidad – Faceta Intrínseca**

<b>Faceta</b>	<b>Atributo</b>	<b>Requisitos a cumplir en el videojuego</b>	<b>Valoración (0 - 10)</b>
<i>Jugabilidad intrínseca</i>	Satisfacción	Valoración del sistema de minijuegos.	7
	Aprendizaje	Problemas/Casos con dificultad incremental dinámica para entrenar habilidades espaciales.	9
	Efectividad	Número de casos resueltos correctamente sobre total de casos. Tiempo en resolver un caso correcto.	9
	Inmersión	Se ha de viajar por los planetas desafiando Future Machines (minijuegos).	5
	Motivación	Seguimiento de avance de intentos en los minijuegos. Obtención de cristales para desbloquear otros minijuegos.	7
	Emoción	Historia sobre el creador de las Future Machine y su repentina desaparición	4
	Social	Tabla de mejores resultados global	8

**Fuente: elaboración propia**

En la Tabla 47 se muestran los requisitos de jugabilidad acorde a la faceta

mecánica.

**Tabla 47. Requisitos de jugabilidad – Faceta Mecánica**

Faceta	Atributo	Requisitos a cumplir en el videojuego	Valoración (0 - 10)
Jugabilidad Mecánica	Satisfacción	Ejecución del videojuego a 90 FPS (VR) y 60 FPS (No VR)	7
	Aprendizaje	Sistema de dificultad dinámica dentro de cada minijuego	9
	Efectividad	Sistema de interacciones para tocar, agarrar y lanzar objetos.	7
	Inmersión	Soporte para el HMD Oculus Rift, Touch Controls (VR). Sistema de poses para las manos (VR). Audio 3D envolvente.	8
	Motivación	Tiempos de carga mínimos para evitar esperas	7
	Emoción	Efectos visuales (partículas y shaders)	6
	Social	Mecanismo de guardado de mejores puntajes en línea	7

**Fuente: elaboración propia**

En la Tabla 48 se muestran los requisitos de jugabilidad acorde a la faceta interactiva.

**Tabla 48. Requisitos de jugabilidad – Faceta Interactiva**

Faceta	Atributo	Requisitos a cumplir en el videojuego	Valoración (0 - 10)
Jugabilidad Interactiva	Satisfacción	Soporte de interacción con Oculus Touch Controls (VR), Mouse y Teclado (No VR)	9
	Aprendizaje	Interfaces de usuario diegéticos y espaciales	7
	Efectividad	Precisión de los botones de los controles para simular animaciones de las manos 3D (VR)	7
	Inmersión	Retroalimentación Haptic a través de los Touch Controls (VR)	6
	Motivación	Retroalimentación visual y sonora	7
	Emoción	Retroalimentación Haptic a través de los Touch Controls (VR)	6
	Social	Ingreso de datos del jugador	7

**Fuente: elaboración propia**

En la Tabla 49 se muestran los requisitos de jugabilidad acorde a la faceta artística.

**Tabla 49. Requisitos de jugabilidad – Faceta Artística**

Faceta	Atributo	Requisitos a cumplir en el videojuego	Valoración (0 - 10)
Jugabilidad Artística	Satisfacción	Diseño cartoon y fantástico	6
	Aprendizaje	Cada máquina (minijuego) tiene un personaje 3D asociado	8
	Efectividad	Es fácil reconocer los objetos	6



		interactivos de los no interactivos	
	Inmersión	Mundos virtuales que visitar	8
	Motivación	Personaje 3D de guía por el mundo virtual	6
	Emoción	Reacciones del personaje 3D a las acciones del jugador	6
	Social	Tabla de mejores resultados	8

**Fuente: elaboración propia**

En la Tabla 50 se muestran los requisitos de jugabilidad acorde a la faceta interpersonal.

**Tabla 50. Requisitos de jugabilidad – Faceta Interpersonal**

Faceta	Atributo	Requisitos a cumplir en el videojuego	Valoración (0 - 10)
Jugabilidad Interpersonal	Satisfacción	El usuario logra desbloquear todos los minijuegos	6
	Aprendizaje	El usuario logra reconocer cómo obtener más puntos	6
	Efectividad	Sistema de puntaje calculado en base al rendimiento en los minijuegos	9
	Inmersión	Sistema de guardado de usuarios a seguir desde la tabla de mejores resultados	3
	Motivación	El usuario quiere superar a sus compañeros en la tabla de mejores resultados	7
	Emoción	El usuario se alegra cuando logra escalar en la tabla de mejores resultados	7
	Social	Fomentar la constancia de superación y perseverancia	9

**Fuente: elaboración propia**

En la Tabla 51 se muestran los requisitos propuestos en base a las directrices de buenas prácticas de realidad virtual (125).

**Tabla 51. Requisitos en base a las directrices de buenas prácticas de realidad virtual**

Categoría	Título	Requisitos que cumplir en el videojuego	Valoración (0 - 10)
General UX	Duración de sesión	Cada intento no debe durar más de 5 minutos de duración	7
	Posición de descanso	El usuario puede realizar el intento sentado	5
	Tiempo de carga	El tiempo de carga entre escenas no debe durar más de 3 segundos de duración	5
Visión	Visualización de Información en VR	Interfaces gráficas de usuario diégéticas 3D como parte del mundo virtual	9
Locomoción	Sin movimiento por diseño	El minijuego de la máquina visuoespacial no requiere moverse para completar el desafío	8
	Teletransportación	Para moverse en el mundo virtual de un lugar a otro se necesitan puntos	7

		de transportación	
Entrada de usuario	Animaciones de las manos	Solo se debe animar las manos al reconocer entradas de los controles de realidad virtual	6
	Retroalimentación haptics	Al interactuar con objetos interactivos enviar salida de vibración a los controles de realidad virtual	6
Audio	Espacialización	El audio debe ser 3D, proviniendo de la misma dirección del origen. Algunos audios como ambientación o música de fondo, si no tienen un origen definido no es necesario que sean espacializados.	7

**Fuente: elaboración propia**

En la Tabla 52 se muestran los requisitos finales en forma de historias de usuario para la implementación en el videojuego, basadas en los requisitos de jugabilidad y el documento de diseño de juego (Anexo 1):

**Tabla 52. Historias de usuario**

<b>Identificador (ID) del Requerimiento</b>	<b>Enunciado de la historia</b>
RF-2018-0001	Como jugador quiero rotar la cámara para explorar el mundo virtual
RF-2018-0002	Como jugador quiero mover la cámara para explorar el mundo virtual
RF-2018-0003	Como jugador quiero un efecto de apagado de pantalla (screen fade) para prevenir mareos al teletransportarme de un lugar a otro
RF-2018-0004	Como jugador quiero un avatar en forma de manos 3D para fortalecer la inmersión y la ilusión de presencia
RF-2018-0005	Como jugador quiero interactuar (tocar/activar, levantar/llevar, soltar/lanzar) objetos del mundo virtual para fortalecer la ilusión de plausibilidad.
RF-2018-0006	Como jugador quiero un objetivo claro a superar en el minijuego para tenerlo en cuenta al intentar el desafío
RF-2018-0007	Como jugador quiero diferentes niveles de dificultad en el minijuego para no aburrirme ni sentirme abrumado
RF-2018-0008	Como jugador quiero sesiones cortas de juego en el minijuego para aprovechar mejor mis tiempos libres de ocio y no sentirme cansado por usar el Oculus Rift.
RF-2018-0009	Como jugador quiero conocer mi rendimiento de cada sesión de un minijuego para saber que tan bien o mal lo hice
RF-2018-0010	Como jugador quiero el minijuego de visualización espacial para entrenar mis habilidades espaciales
HU-2019-0011	Como jugador quiero el personaje del minijuego de visualización

	espacial para que sea mi guía en el minijuego
RF-2018-0012	Como jugador quiero interactuar con los personajes al encontrarlos dentro del planeta para entender lo que sucede en el mundo virtual
RF-2018-0013	Como jugador quiero un tutorial de cómo jugar antes de iniciar un reto en el minijuego para entender qué es lo que debo hacer.
RF-2018-0014	Como jugador quiero conocer mi progreso en el software en general para sentir mi avance en el mismo
RF-2018-0015	Como jugador quiero que mis datos de rendimiento y progresión sean guardados al completar eventos importantes del juego para continuar donde me quedé la última vez
RF-2018-0016	Como jugador quiero comparar mi rendimiento con la de mis compañeros de juego para reforzar mi compromiso
RF-2018-0017	Como jugador quiero seleccionar minijuegos para tener autonomía y elegir el que quiero intentar
RF-2018-0018	Como jugador quiero trasladarme de un lugar a otro cuando estoy dentro de un planeta para tener libertad de explorar el mundo virtual
RF-2018-0019	Como jugador quiero el planeta Kubikai para explorar su territorio y fortalecer la ilusión de lugar
RF-2018-0020	Como jugador quiero guardar varios slots de datos para permitir que en un mismo equipo electrónico puedan jugar varias personas

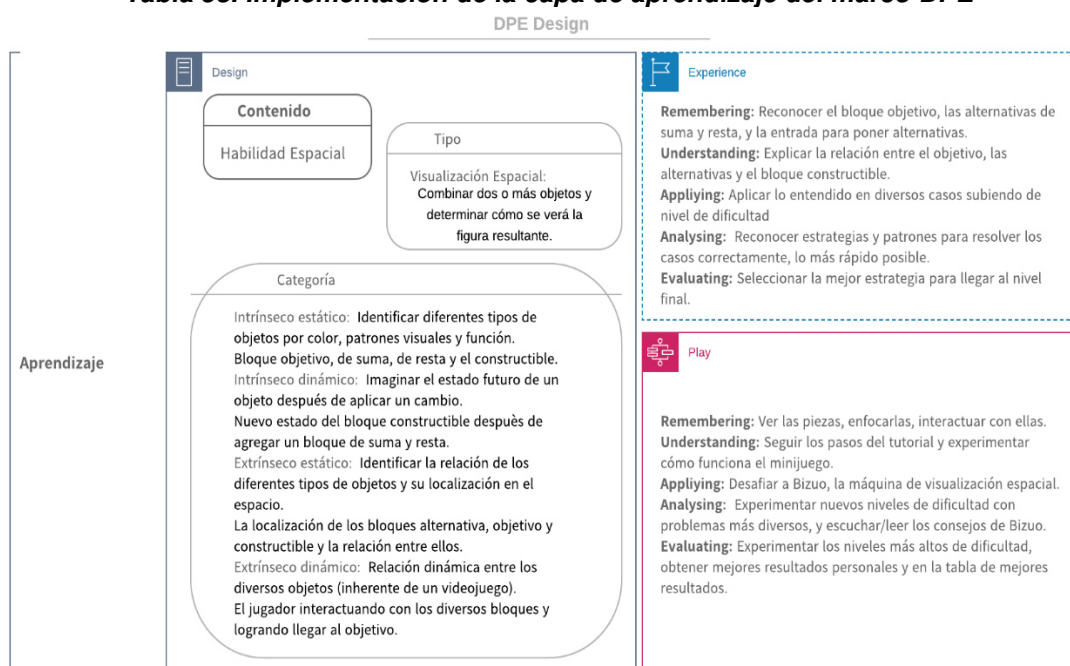
**Fuente: elaboración propia**

#### **4.4. Diseño del minijuego de visualización espacial acorde al marco**

##### **DPE**

*FutureMachine* tiene como objetivo entrenar habilidades espaciales, clasificándose como “*serious game*” (65), y tiene como faceta de propósito a la enseñanza (62). Para el minijuego de entrenamiento de visualización espacial se usó el marco *Design Play Experience*, que es una extensión del marco *Mechanics Dynamic Aesthetics* (66), enfocado en el análisis y diseño de juegos para enseñanza y aprendizaje (65). En la Figura 53 se muestra la implementación de la capa de aprendizaje del marco DPE, utilizando la taxonomía revisada de Bloom (52) para definir los objetivos de la experiencia, y como contenido la habilidad espacial de tipo “Visualización Espacial” (93) teniendo en cuenta las cuatro categorías de habilidades espaciales de Newcombe (27).

**Tabla 53. Implementación de la capa de aprendizaje del marco DPE**



**Fuente: elaboración propia**

#### 4.5. Historias de usuario y criterios de aceptación

Las historias de usuario son referencias escritas de los requerimientos a implementar, en este proyecto se contabilizaron 20, debido a la aplicación de la metodología Kanban estas historias de usuario se agruparon por iteraciones en Tableros Kanban considerando que se encuentran relacionadas por su secuencia en el proceso, cada tablero Kanban tiene como objetivo un compromiso de entrega y la duración se estableció entre 5 a 10 días dependiendo de la dificultad, considerando holgura del 10 %.

El análisis de criterios de aceptación se puede visualizar en el Anexo 3.

#### 4.6. Diseño de Guiones Gráficos (*Storyboards*)

Se elaboraron *storyboards*, mostrando la secuencia de acciones que ve o realiza el jugador en cada historia de usuario del videojuego propuesto para facilitar su entendimiento y validación. Los guiones gráficos se pueden visualizar en el Anexo 4.

#### 4.7. Validación de los requerimientos

**Tabla 54. Validación de Requerimientos Parte 1**

Identificador (ID) del Requerimiento	Enunciado del requerimiento	Métrica de calidad basada en la jugabilidad	Observación del Gestor de producto
RF-2018-0001	Como jugador quiero rotar la cámara para explorar el mundo virtual	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0002	Como jugador quiero mover la cámara para explorar el mundo virtual	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0003	Como jugador quiero un efecto de apagado de pantalla (screen fade) para prevenir mareos al teletransportarme de un lugar a otro	Seguridad y libertad de riesgos	Aceptado
RF-2018-0004	Como jugador quiero un avatar en forma de manos 3D para fortalecer la inmersión y la ilusión de presencia	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0005	Como jugador quiero interactuar (tocar/activar, levantar/llevar, soltar/lanzar) objetos del mundo virtual para fortalecer la ilusión de plausibilidad.	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0006	Como jugador quiero un objetivo claro a superar en el minijuego para tenerlo en cuenta al intentar el desafío	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0007	Como jugador quiero diferentes niveles de dificultad en el minijuego para no aburrirme ni sentirme abrumado	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0008	Como jugador quiero sesiones cortas de juego en el minijuego para aprovechar mejor mis tiempos libres de ocio y no sentirme cansado por usar el Oculus Rift.	Seguridad y libertad de riesgos	Aceptado
RF-2018-0009	Como jugador quiero conocer mi rendimiento de cada sesión de un minijuego para saber que tan bien o mal lo hice	Efectividad y eficiencia	Aceptado
RF-2018-0010	Como jugador quiero el minijuego de visualización espacial para entrenar mis habilidades espaciales	Satisfacción	Aceptado
RF-2019-0011	Como jugador quiero el personaje del minijuego de visualización espacial para que sea mi guía en el minijuego	Satisfacción	Aceptado

**Fuente: elaboración propia**

**Tabla 55. Validación de Requerimientos Parte 2**

RF-2018-0012	Como jugador quiero interactuar con los personajes al encontrarlos dentro del planeta para entender lo que sucede en el mundo virtual	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0013	Como jugador quiero un tutorial de cómo jugar antes de iniciar un reto en el minijuego para entender qué es lo que debo hacer.	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0014	Como jugador quiero conocer mi progreso en el software en general para sentir mi avance en el mismo	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0015	Como jugador quiero que mis datos de rendimiento y progresión sean guardados al completar eventos importantes del juego para continuar donde me quedé la última vez	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0016	Como jugador quiero comparar mi rendimiento con la de mis compañeros de juego para reforzar mi compromiso	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0017	Como jugador quiero seleccionar minijuegos para tener autonomía y elegir el que quiero intentar	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0018	Como jugador quiero trasladarme de un lugar a otro cuando estoy dentro de un planeta para tener libertad de explorar el mundo virtual	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0019	Como jugador quiero el planeta Kubikai para explorar su territorio y fortalecer la ilusión de lugar	Satisfacción	Aceptado
RF-2018-0020	Como jugador quiero guardar varios slots de datos para permitir que en un mismo equipo electrónico puedan jugar varias personas	Satisfacción	Aceptado

**Fuente: elaboración propia**

#### 4.8. Diagrama de navegación

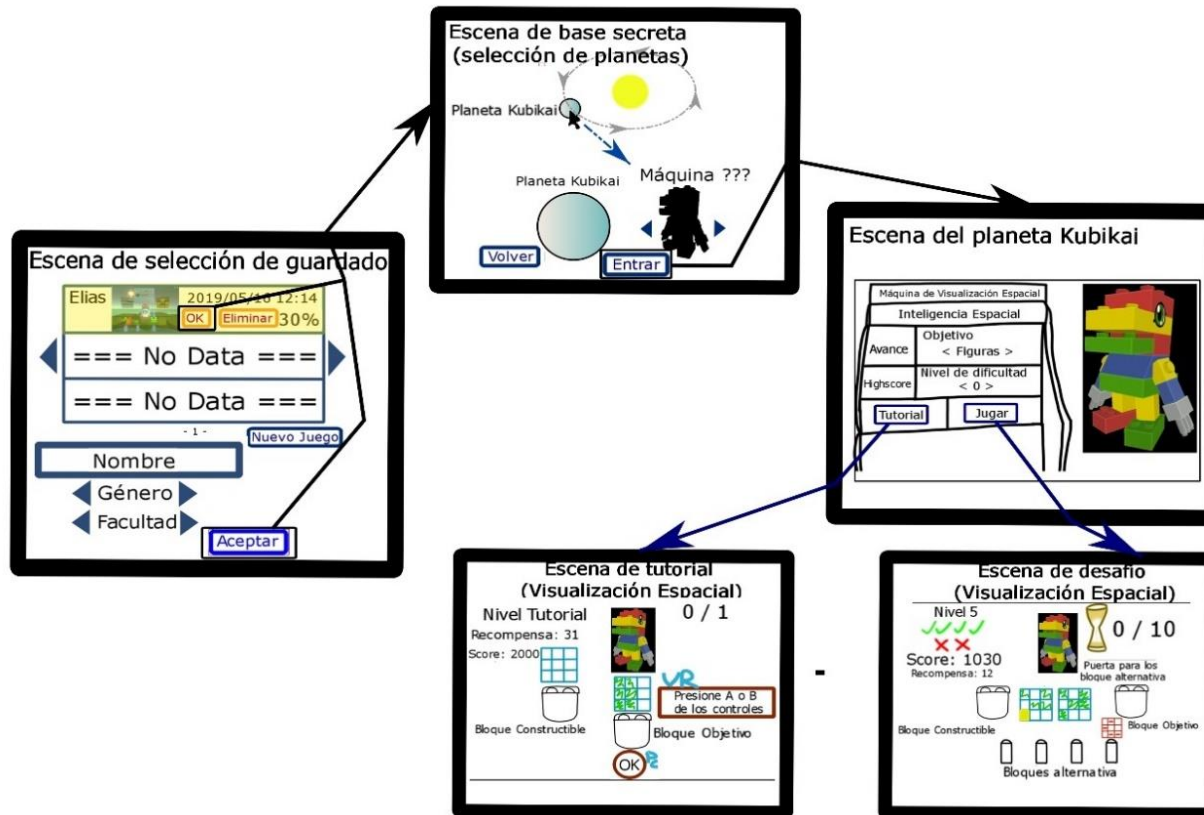
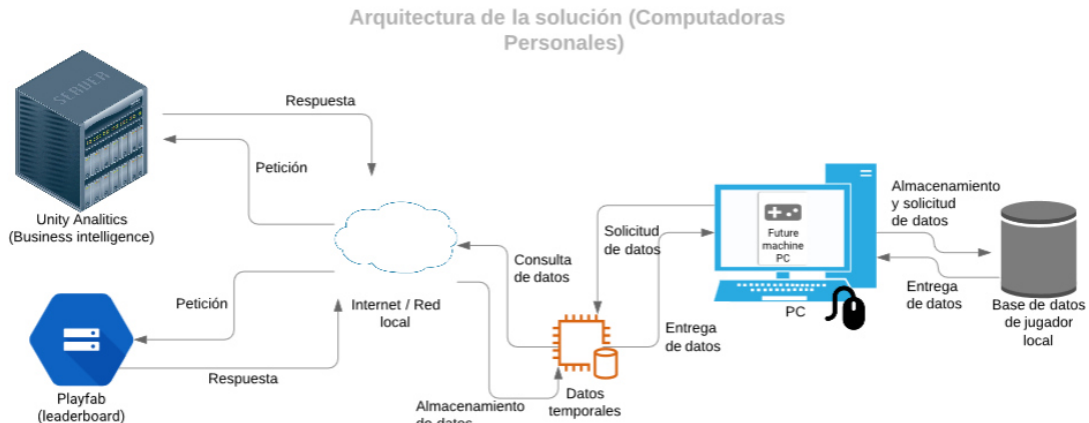


Figura 70. Diagrama de navegación  
Fuente: elaboración propia

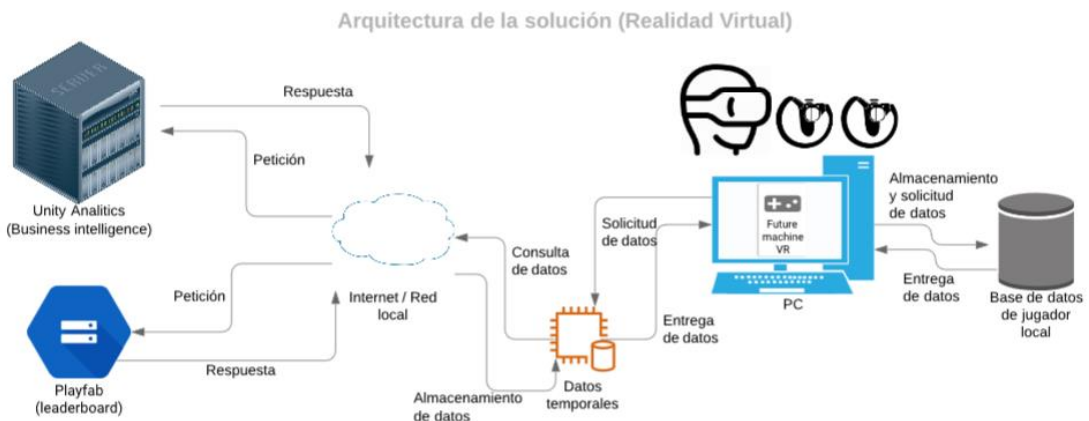
#### 4.9. Arquitectura de la solución

En la Figura 71 se muestra la arquitectura de la solución para computadoras personales, que es un videojuego para computadoras con el sistema operativo Windows, donde fue probado. También podría funcionar con los sistemas operativos Mac y Linux. Se hace uso de un monitor para salida de video, y un teclado y mouse, como dispositivos de entrada.



**Figura 71. Arquitectura de solución del proyecto (Computadoras personales)**  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 72 se muestra la arquitectura de la solución para la plataforma de realidad virtual, *Oculus Rift*, que hace uso del casco (HDM) para salida de video y los controles *Oculus Touch*, como dispositivo de entrada.



**Figura 72. Arquitectura de la solución del proyecto (Realidad virtual)**  
Fuente: elaboración propia

Las dos arquitecturas, para computadoras personales y *Oculus Rift* difieren solamente en los dispositivos de entrada y salida.



El videojuego hará uso de una base de datos local serializada en formato binario, el cual consiste en varios archivos almacenados dentro de la carpeta persistente en el dispositivo donde se ejecuta el videojuego. Cada nuevo juego tendrá su propio archivo de datos, igualmente habrá un archivo local para el almacenamiento de datos de mejores resultados, solicitados del servidor remoto de *Playfab*, que es un BAAS (*back-end as a service*). Finalmente, algunos datos de métricas de los minijuegos se enviarán a *Unity Analytics*, un servicio de *business intelligence*. El videojuego requiere el acceso a Internet para comunicarse con los servidores de *playfab* y *Unity analytics*.

#### 4.10. Instrumentos de medición de la jugabilidad

A continuación, se listan los instrumentos definidos y diseñados para medir la calidad del entrenamiento basado en la jugabilidad (107) las cuales están basadas en la ISO 25010 (106). Estas métricas están en el contexto del minijuego de visualización espacial de *Future Machine*, donde la meta representa el bloque objetivo a completar usando los bloques de suma y resta, y una pregunta corresponde a un caso donde se presenta un nuevo objetivo a completar. Para otros minijuegos podrían variar dependiendo de su naturaleza y su diseño. En las Tablas 56 y 57 se muestran las métricas de efectividad y eficiencia utilizadas.

**Tabla 56. Métricas de efectividad del entrenamiento**

Nombre de la métrica	Propósito	Fórmula	Interpretación	Método de evaluación
Complejidad de la meta	¿Qué porcentaje de preguntas se han respondido correctamente?	$X = A / B$ <b>A:</b> n. de preguntas respondidas correctamente <b>B:</b> n. total de preguntas	$X \in [0, 1]$ Cercano a 1, mejor <b>Unidad:</b> porcentaje	Pruebas del videojuego a los usuarios, calculado en cada sesión

**Fuente: elaboración propia**

**Tabla 57. Métricas de eficiencia del entrenamiento**

Nombre de la métrica	Propósito	Fórmula	Interpretación	Método de evaluación
Tiempo de meta	¿Cuánto tiempo requiere el jugador para completar el objetivo?	$X = Ta$ <b>Ta:</b> Tiempo promedio de resolución de preguntas	Menor tiempo es mejor <b>Unidad:</b> Segundo	Pruebas del videojuego a los usuarios, calculado

		correctas		en cada sesión
Eficiencia basada en tiempo	¿Cómo de eficiente es el usuario?	$X = A / T$ <b>A:</b> n. de preguntas respondidas correctamente <b>T:</b> tiempo	Valores más altos es mejor  <b>Unidad:</b> preguntas correctas / segundo	Pruebas del videojuego a los usuarios, calculado en cada sesión

**Fuente: elaboración propia**

Para evaluar la satisfacción y la seguridad o libertad de riesgos se usó una encuesta de jugabilidad (Anexo 5), formulada a partir del ejemplo de la batería de heurísticas para evaluar la experiencia de juego basada en la jugabilidad propuesta por Gonzáles (70), donde incluye preguntas del perfil de usuario. Las preguntas de este instrumento fueron comparadas con la investigación de Tcha-Tokey et al. (126), la cual propone un cuestionario para medir la experiencia de usuario en entornos virtuales inmersivos, y las tres ilusiones de la realidad virtual (100), para su posterior validación por el gestor de producto. En la Tabla 58 se muestra la comparación y validación de las preguntas de la encuesta de jugabilidad.

**Tabla 58. Validación de la encuesta de jugabilidad**

Ilusión	Preguntas de la encuesta de jugabilidad (Anexo 5)	Encuesta para medir la experiencia de usuario en entornos virtuales inmersivos	Observación del Gestor de producto
Lugar (experiencia sensorial, inmersión)	¿El uso de colores y sonidos fue adecuado a las acciones del juego y al mundo virtual?   ¿El sistema de cámara le ayudó a captar correctamente la acción del juego?   ¿Los elementos visuales y sonoros fueron de su agrado?   ¿El sistema de control (botones), paneles y diálogos le parecieron atractivos?   ¿El videojuego tuvo diversidad (el mundo, los diálogos, los desafíos)?	<b>Compromiso:</b> Los aspectos visuales del entorno virtual me envolvieron. <b>Presencia:</b> Pude estudiar activamente el entorno virtual usando la vista.   Identifiqué correctamente los sonidos producidos por el entorno virtual.   Localicé correctamente los sonidos producidos por el entorno virtual. <b>Emoción:</b> Disfruté estar en este entorno virtual.	Aprobado
Plausibilidad (interactividad, inmersión)	¿El juego le permitió interactuar con los diferentes elementos del mundo virtual?   ¿El juego le ofreció ayuda textual y	<b>Presencia:</b> El entorno virtual respondía a las acciones que inicié.   Mis interacciones con el entorno virtual parecían naturales.	Aprobado

	dinámica a los retos presentados?   ¿El sistema le mostró retroalimentación (estado, puntuación, acciones correctas e incorrectas) por cada acción que realizó cuando fue debido?	<b>Inmersión:</b> Me sentí estimulado por el entorno virtual.	
Cuerpo virtual	¿Los movimientos que realizó con el teclado o los touch de oculus (Manos virtuales) se plasmaron inmediatamente en el videojuego y fueron precisos?	<b>Presencia:</b> Los dispositivos (gamepad o teclado) que controlaban mi movimiento en el entorno virtual parecían naturales. <b>Flujo:</b> Sentí que podía controlar perfectamente mis acciones.	Aprobado

**Fuente: elaboración propia**

Sin embargo, existen enunciados más explícitos sobre inmersión como: “*Me involucro tanto en el entorno virtual que es como si estuviera dentro del juego en lugar de manipular un gamepad y mirar una pantalla.*”. “*Disfruté estar en este entorno virtual.*”; que no se incluyeron en la encuesta evaluada.

#### 4.11. Diseño de la base de datos

Se emplearon dos tipos de fuentes de datos.

La primera, se trata de archivos generados por código, serializados en formato binario, localizados en la carpeta persistente en el dispositivo donde se ejecuta el videojuego. En la Figura 73 se detallan los diagramas físicos de la base de datos serializada del jugador.

La tabla “*ProfileData*” almacena los datos de perfil generales del usuario como, ID, nombre, género y facultad.

En la tabla “*PlayData*” se guarda la lista de intentos que el usuario realizó, estos intentos se clasifican por minijuego “*MachinePlay*”, que contienen una lista de resultados “*MachineResult*” el cual contiene datos de varios tipos de resultados (tiempo, dificultad, puntaje, recompensa y objetivo). Entre los datos de objetivo se encuentran los datos para calcular la efectividad y la eficiencia

del entrenamiento.

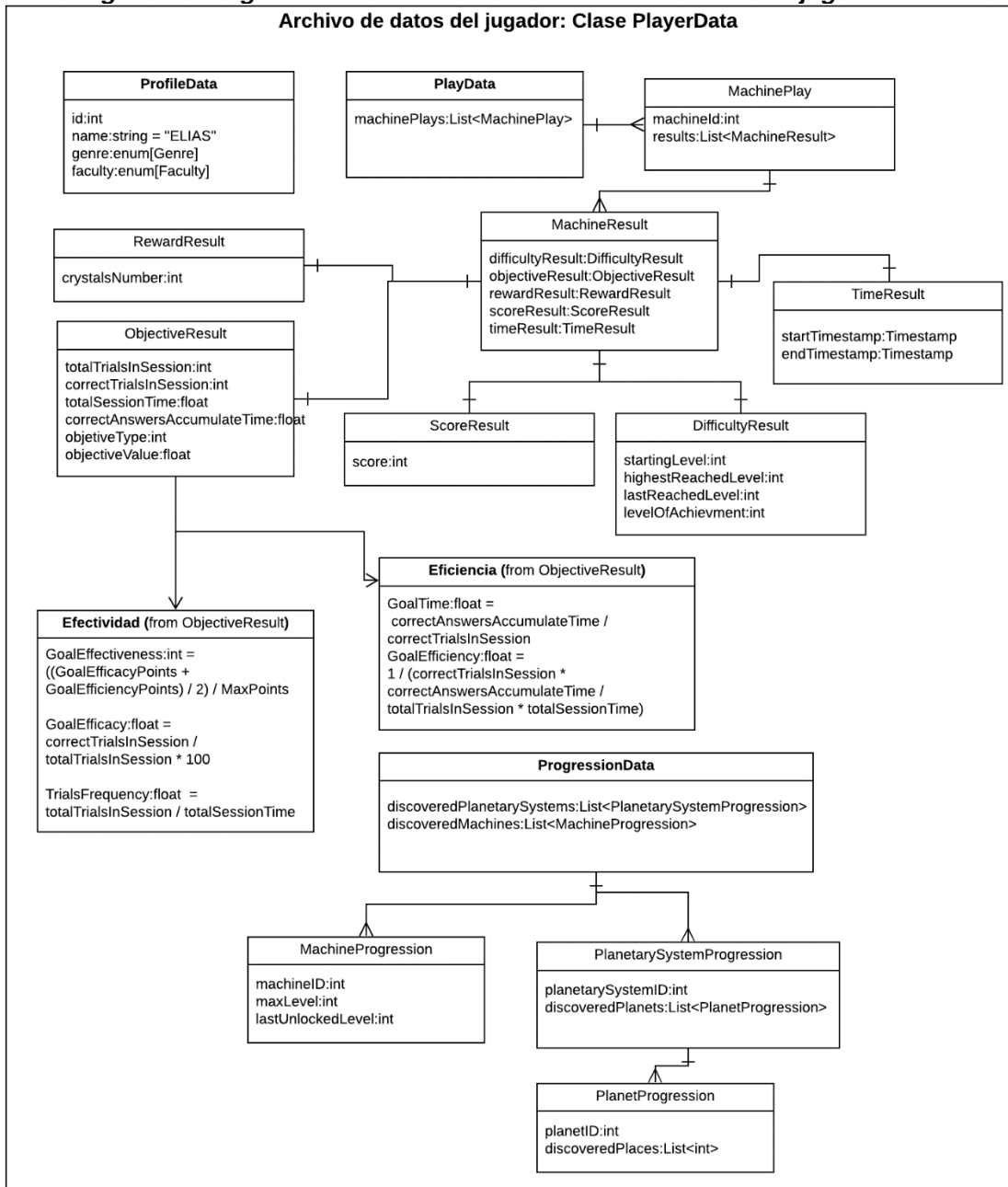
En la tabla “*ProgressionData*” se almacenan dos listas para dos tipos de progreso: el primero es el progreso de máquinas, donde se almacenan la lista de máquinas desbloqueadas, el máximo nivel de la máquina y el máximo nivel desbloqueado. El segundo es el progreso del sistema planetario, donde se almacenan la lista de planetas y los lugares descubiertos dentro de los planetas.

En la Figura 74 se detallan los diagramas físicos de la base de datos serializada del juego.

En la tabla “*ProfileData*” se almacena un identificador con la versión del videojuego, VR o No-VR.

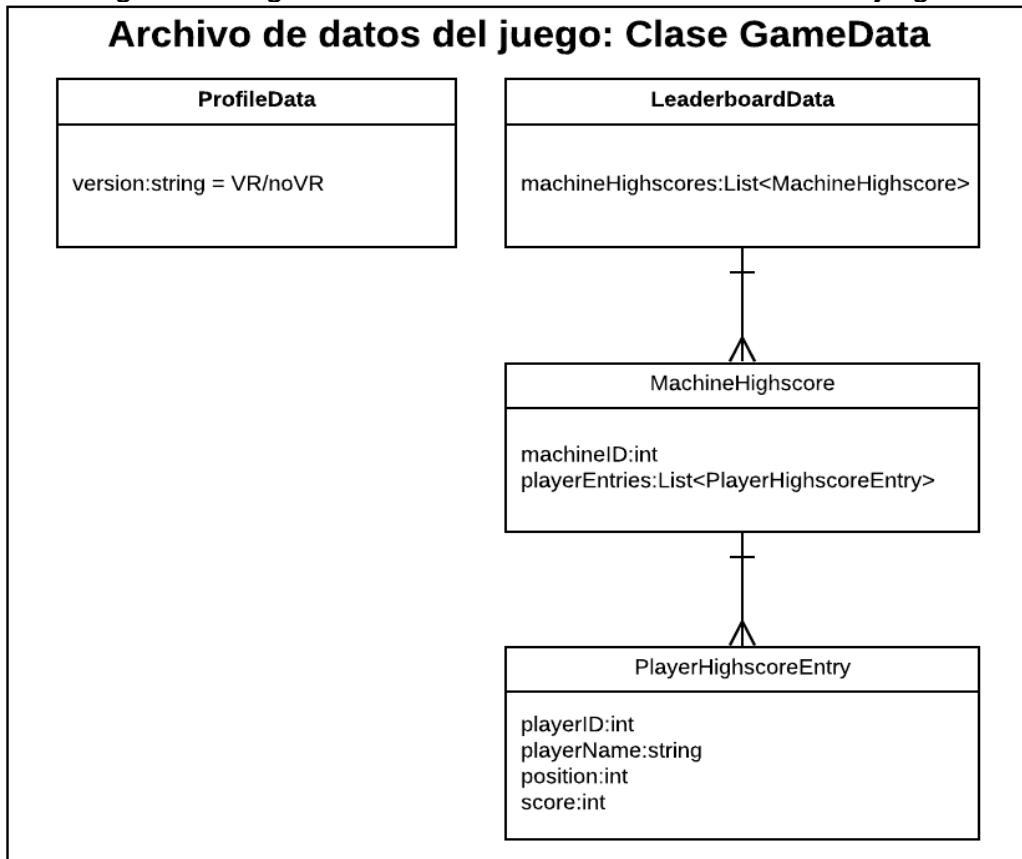
En la tabla “*LeaderboardData*” se almacena la lista de mejores resultados divididos por máquina considerando el ID del usuario, el puntaje y su posición dentro de la tabla de mejores resultados.

**Figura 73. Diagrama físico de la base de datos serializada del jugador**



**Fuente: elaboración propia**

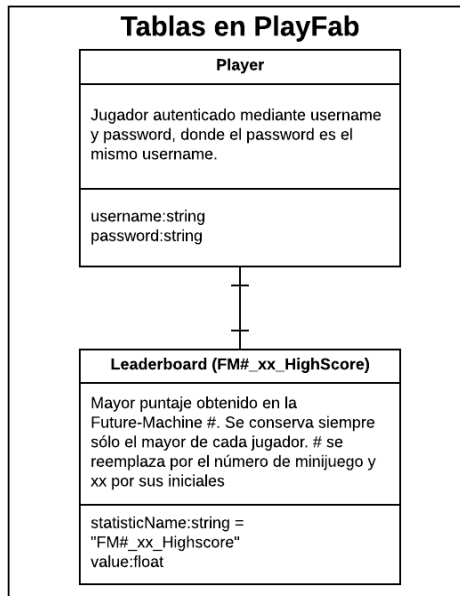
Figura 74. Diagrama físico de la base de datos serializada del juego



Fuente: elaboración propia

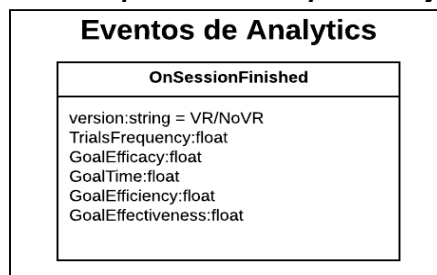
La segunda fuente de datos se trata de datos almacenados en dos servidores remotos. Para almacenar los mejores resultados (*PlayFab*), y *Unity Analytics*, para almacenar datos concernientes al rendimiento y comportamiento del jugador en cada sesión del minijuego. En la Figura 75 se detallan las tablas en *PlayFab*, donde la tabla “*Player*” representa la instancia de un usuario en *PlayFab*, y la tabla “*Leaderboard*” cada instancia de una tabla de mejores resultados, una por cada máquina.

En la Figura 76 se muestra el evento personalizado “*OnSessionFinished*” invocado al finalizar una sesión, con datos del resultado de la sesión de entrenamiento al servidor de *Unity Analytics*.



**Figura 75. Tablas en el servidor remoto de playfab**  
Fuente: elaboración propia

**Figura 76. Evento personalizado para Unity Analytics**



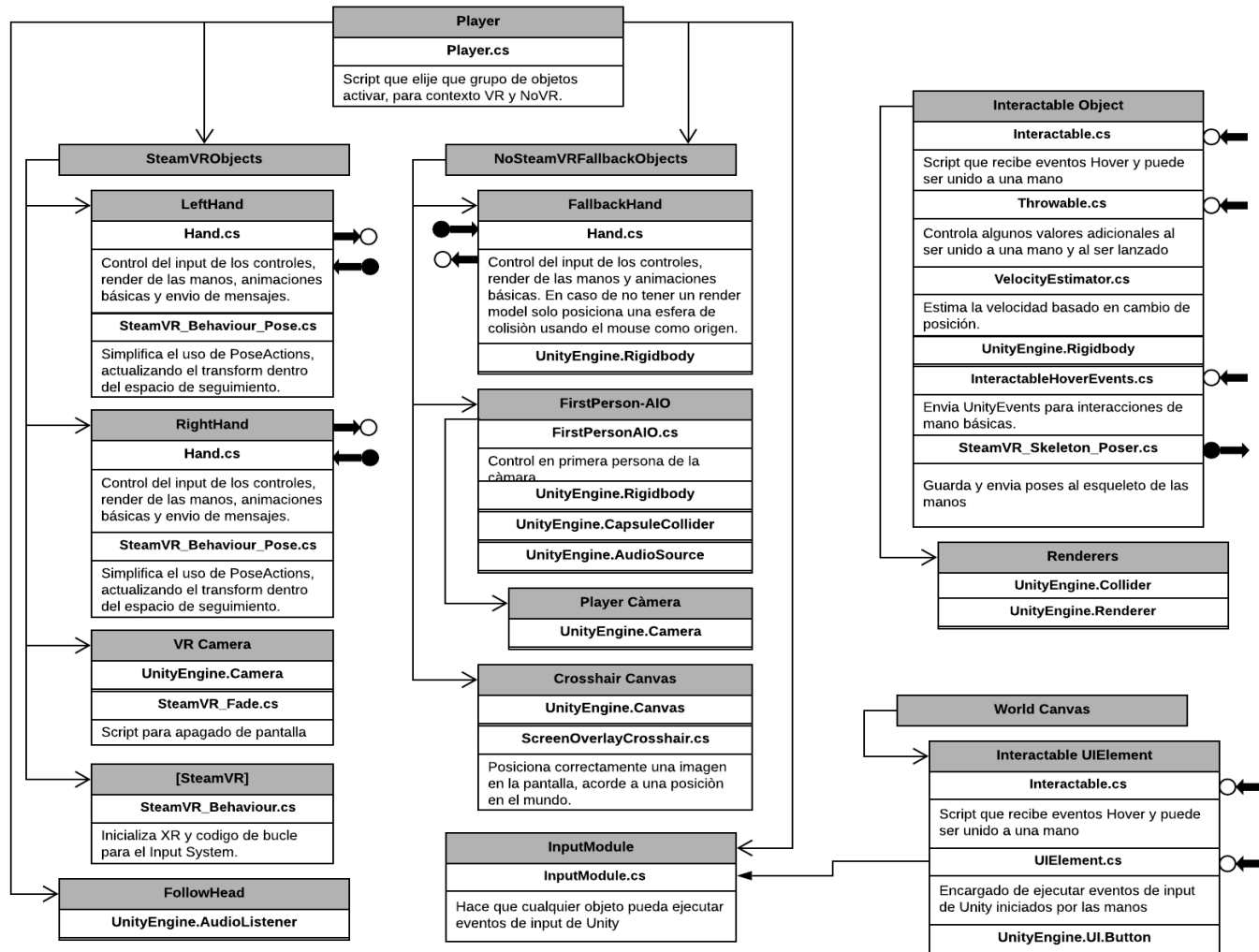
Fuente: elaboración propia

#### 4.12. Diagrama de clases y componentes

En la Figura 77 se muestra el diagrama de componentes y clases del arquetipo *Player* (Jugador) y de cualquier objeto interactivo. El *Player* está compuesto por dos grupos de objetos. El grupo “*SteamVRObjets*” contiene los objetos que representan las manos y la cámara para la versión que usa realidad virtual. El grupo “*NoSteamVRFallbackObjects*” contiene objetos que representa la mano de último recurso, el movimiento en primera persona de la cámara y un puntero al centro de la pantalla para la versión sin realidad virtual. Adicionalmente cuenta con el objeto “*InputModule*” para permitir la comunicación de objetos 3D con eventos de interfaz gráfica de *Unity*. Los objetos interactivos contienen componentes que permiten que este se pueda tocar, levantar, lanzar y pueda generar poses a las manos.

**Notas:**

- Representa la relación de padre/hijo en la jerarquía de Unity
- Representa a una clase que saca información de, o que usa otra clase
- El círculo en blanco representa datos yendo desde el script Hand y el círculo negro datos yendo al script Hand.



**Figura 77. Diagrama de Componentes y Clases Parte 1**  
 Fuente: elaboración propia



En la Figura 78 se muestra el diagrama de componentes y clases del sistema de teletransportación. El sistema de teletransportación está compuesto del teletransportador, encargado de la lógica de teletransportación, el cual recibe la entrada de los controles del usuario, muestra el arco y verifica las zonas disponibles para moverse.

**Notas:**

- Representa la relación de padre/hijo en la jerarquía de Unity
- → El círculo en blanco representa datos yendo desde el script Hand y el círculo negro datos yendo al script Hand.

**Clases base:**

TMB TeleportMarkerBase.cs

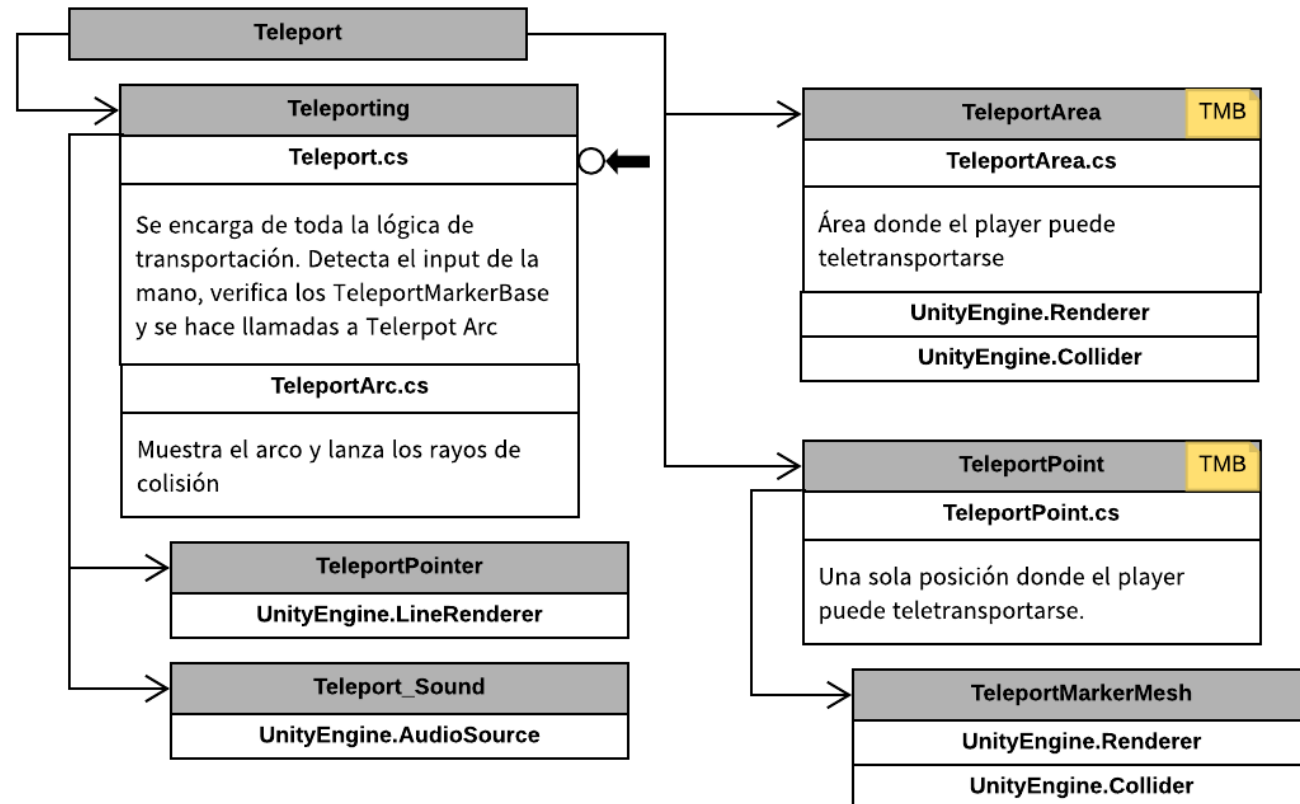
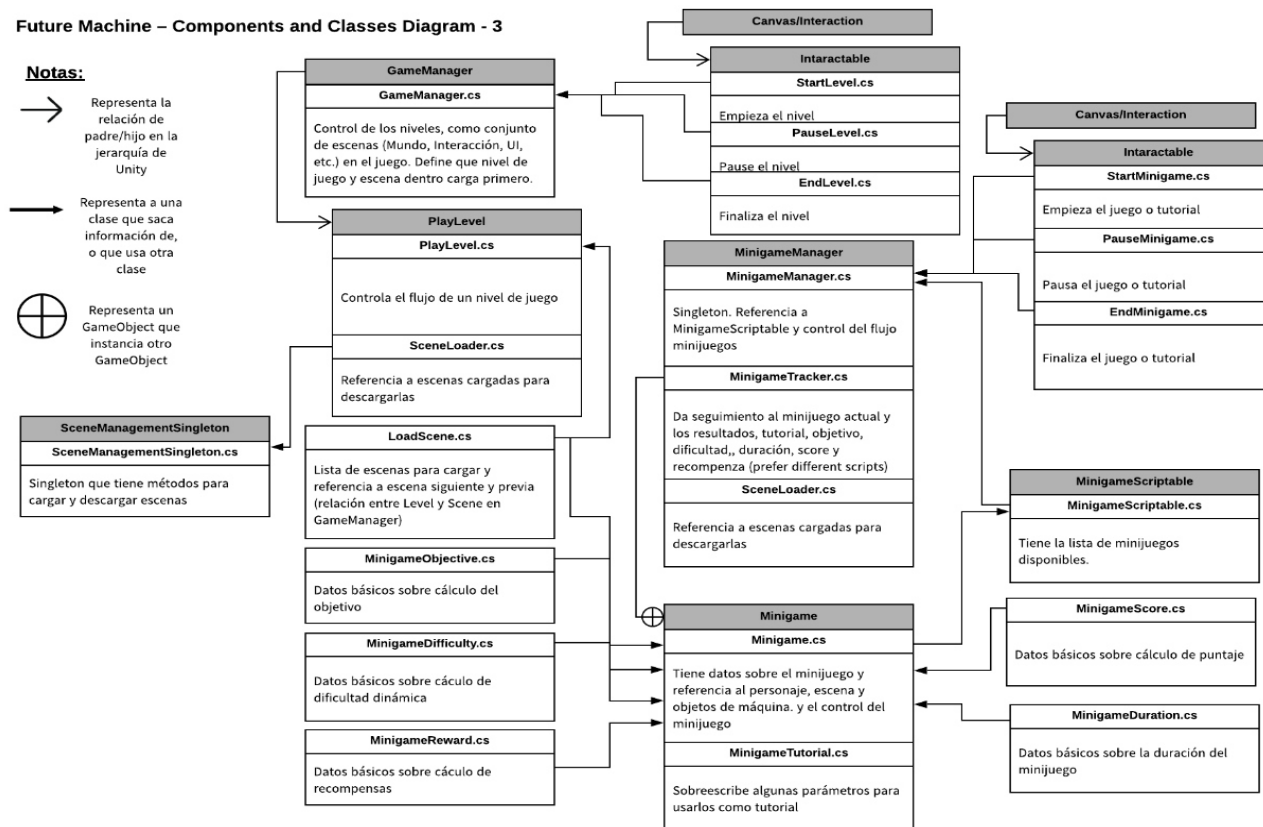


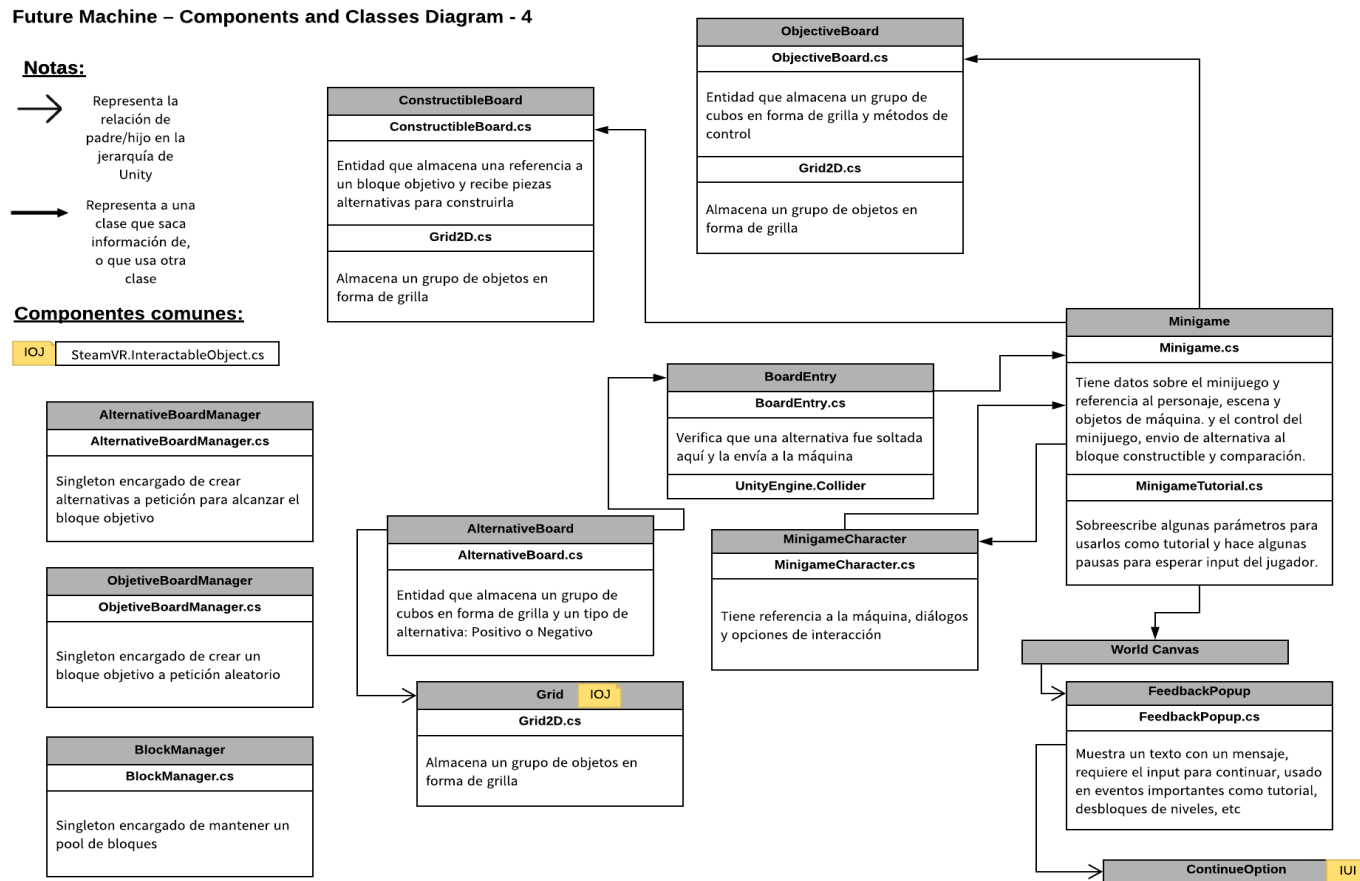
Figura 78. Diagrama de Componentes y Clases Parte 2  
Fuente: elaboración propia

En la figura 79 se muestra el diagrama de componentes y clases del *Game Manager* y el control de minijuegos. El *Game Manager* es el *script* principal del control del flujo de las escenas, siguiendo el principio de “*Single Responsibility*” segrega responsabilidades a otras clases, para la respectiva lógica de carga y descarga de niveles y escenas. El manejador de minijuegos es el encargado del control de flujo de un minijuego, de igual forma depende de otras clases para controlar la dificultad, el objetivo, el puntaje, la recompensa y la duración de un intento.



**Figura 79: Diagrama de Componentes y Clases Parte 3**  
Fuente: elaboración propia

En la figura 80 se muestra el diagrama de componentes y clases del minijuego de visualización espacial incluyendo la relación entre personaje y minijuego. El minijuego trabaja con tres tipos de entidad: Tablero Objetivo, Construible y Alternativa. Cada uno cuenta con un “Manager” el cual implementa el patrón “Factory” u “Object-Pool”, dependiendo del número que se necesita. Asimismo, cada minijuego tiene un componente de tutorial listo cuando se necesite, y un personaje el cual inicia el minijuego de la máquina.



**Figura 80. Diagrama de Componentes y Clases Parte 4**  
Fuente: elaboración propia



En la Figura 82 se muestra el diagrama de componentes y clases del sistema de persistencia y guardado de datos. Se cuenta con varios *scripts* que implementan el patrón “*Singleton*” que asegura una sola instancia del objeto en toda la vida de la aplicación. Estos *scripts* contienen la lógica de comunicación con servicios de guardado de datos de forma local y remota.

**Future Machine – Components and Classes Diagram - 6**

**Notas:**

→ Representa la relación de padre/hijo en la jerarquía de Unity

→ Representa a una clase que saca información de, o que usa otra clase

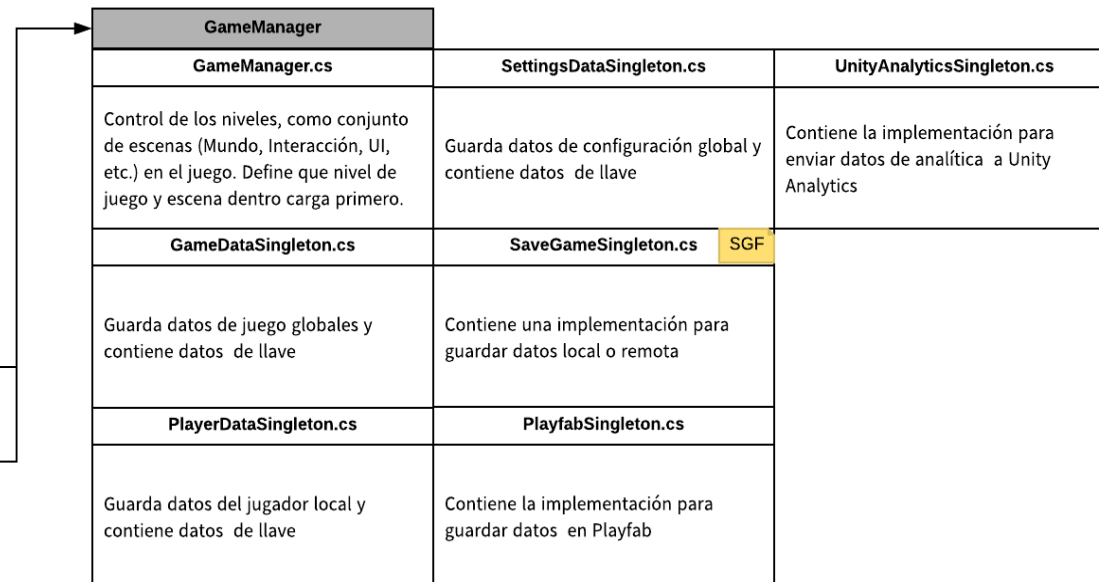
**Componentes comunes:**

SGF SaveGameFree.cs

Canvas/Interaction

Intaractable

Event



**Figura 82. Diagrama de Componentes y Clases Parte 6**  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 83 se muestra el diagrama de componentes y clases del sistema de mundos y planetas. Se considera aquí el sistema de mundos compuesto por áreas y lugares, carga de escenas de mundos y la interfaz gráfica del usuario del mapa del mundo.

Future Machine – Components and Classes Diagram - 7

**Notas:**

→ Representa la relación de padre/hijo en la jerarquía de Unity

→ Representa a una clase que saca información de, o que usa otra clase

⊕ Representa un GameObject que instancia otro GameObject

**Componentes comunes:**

TPT SteamVR.TeleportPoint.cs

TAR SteamVR.TeleportArea.cs

IOJ SteamVR.InteractableObject.cs

**SceneManagementSingleton**  
SceneManagementSingleton.cs  
Singleton que tiene métodos para cargar y descargar escenas

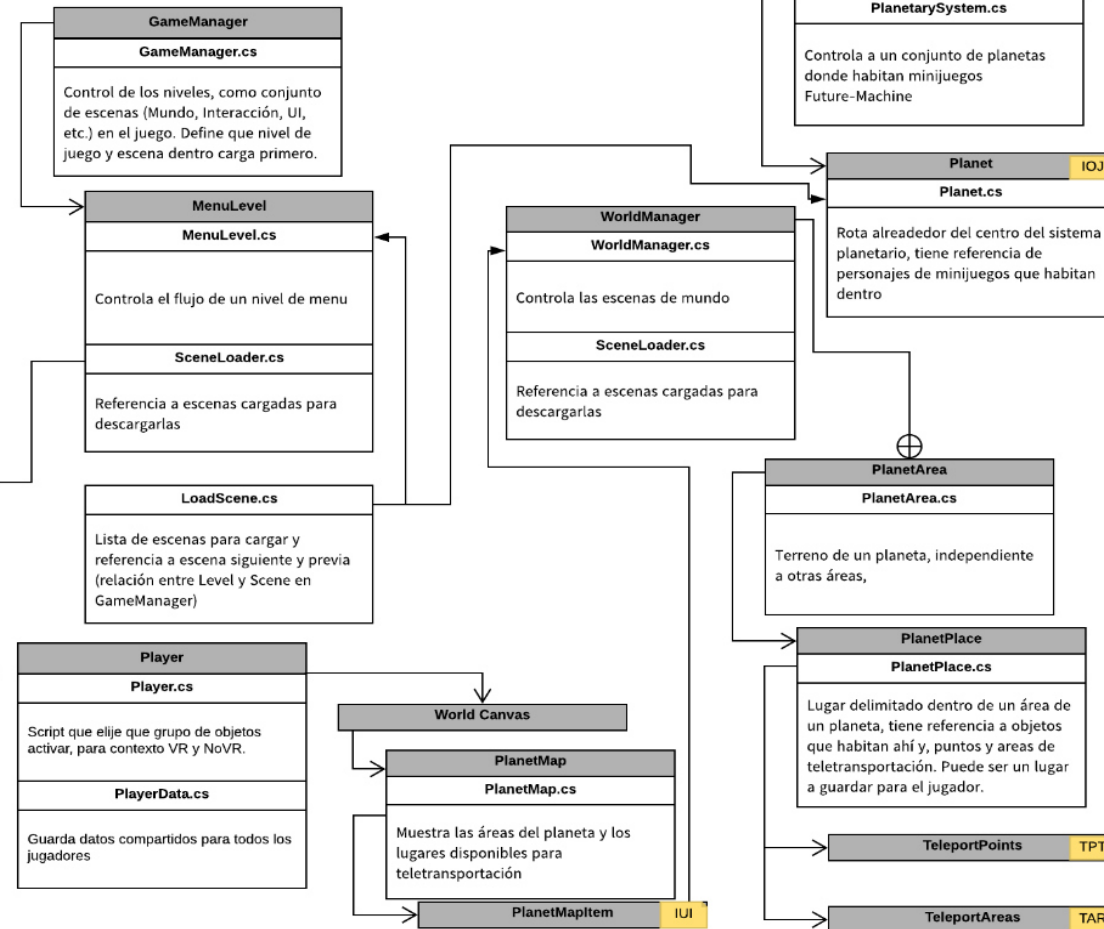


Figura 83. Diagrama de Componentes y Clases Parte 7  
Fuente: elaboración propia

#### 4.13. Planificación de tableros Kanban y compromisos de entrega

##### 4.13.1. Historias de usuario del entregable “Cámara y avatar del jugador”

En la Tabla 59 se visualizan las historias de usuario del primer tablero Kanban, cuyo compromiso de entrega abarca el avatar del jugador y, movimiento y rotación de la cámara, para la versión con y sin realidad virtual. Además, se definieron algunos parámetros de estimación como: estado, tiempo de implementación, la prioridad de la historia (Tabla 67) y el acrónimo o código del responsable de realizar la historia.

**Tabla 59. Planificación de historias de usuario del entregable “Cámara y avatar del jugador”**

ID de la Historia	Estado	Dimensión / Esfuerzo	Prioridad	Responsable
RF-2018-0001	Planificado	2 días	5	FRD
RF-2018-0002	Planificado	1 día	5	FRD
RF-2018-0003	Planificado	1 día	3	FRD
RF-2018-0004	Planificado	1 día	4	FRD
RF-2018-0005	Planificado	2 días	5	FRD

*Fuente: elaboración propia*

##### 4.13.2. Historias de usuario del entregable “Flujo común de los minijuegos”

En la Tabla 60, se visualizan las historias de usuario del segundo tablero Kanban, cuyo compromiso de entrega abarca el flujo general de un minijuego y la implementación de este flujo en el minijuego de visualización espacial. Igualmente, se definieron algunos parámetros de estimación como: estado, tiempo de implementación, la prioridad de la historia y el acrónimo o código del responsable de realizar la historia.

**Tabla 60. Planificación de historias de usuario del entregable “Flujo común de los minijuegos”**

ID de la Historia	Estado	Dimensión / Esfuerzo	Prioridad	Responsable
RF-2018-0006	Planificado	3 días	5	FRD
RF-2018-0007	Planificado	2 días	5	FRD
RF-2018-0008	Planificado	2 días	4	FRD
RF-2018-0009	Planificado	3 días	5	FRD

*Fuente: elaboración propia*

#### **4.13.3. Historias de usuario del entregable “Minijuego de visualización espacial y personaje”**

En la Tabla 61 se visualizan las historias de usuario del tercer tablero Kanban, cuyo compromiso de entrega abarca el desarrollo del minijuego de visualización espacial y la creación del personaje 3D. Igualmente, se definieron algunos parámetros de estimación como: estado, tiempo de implementación, la prioridad de la historia y el acrónimo o código del responsable de realizar la historia.

**Tabla 61. Planificación de historias de usuario del entregable “Minijuego de visualización espacial y personaje”**

ID de la Historia	Estado	Dimensión / Esfuerzo	Prioridad	Responsable
RF-2018-0010	Planificado	5 días	5	FRD
RF-2018-0011	Planificado	2 días	4	FRD

*Fuente: elaboración propia*

#### **4.13.4. Historias de usuario del entregable “Interacción común con personajes”**

En la Tabla 62 se visualiza la historia de usuario del cuarto tablero Kanban, cuyo compromiso de entrega abarca la interacción general con personajes y la respectiva implementación del personaje del minijuego de visualización espacial. Igualmente, se definieron algunos parámetros de estimación como: estado, tiempo de implementación, la prioridad de la historia y el acrónimo o código del responsable de realizar la historia.



**Tabla 62. Planificación de historias de usuario del entregable “Interacción común con personajes”**

ID de la Historia	Estado	Dimensión / Esfuerzo	Prioridad	Responsable
RF-2018-0012	Planificado	3 días	5	FRD

*Fuente: elaboración propia*

#### **4.13.5. Historias de usuario del entregable “Tutorial del minijuego”**

En la Tabla 63, se visualiza la historia de usuario del quinto tablero Kanban, cuyo compromiso de entrega abarca el flujo del tutorial y su respectiva implementación con el minijuego de visualización espacial. Igualmente, se definieron algunos parámetros de estimación como: estado, tiempo de implementación, la prioridad de la historia y el acrónimo o código del responsable de realizar la historia.

**Tabla 63. Planificación de historias de usuario del entregable “Tutorial del minijuego”**

ID de la Historia	Estado	Dimensión / Esfuerzo	Prioridad	Responsable
RF-2018-0013	Planificado	3 días	5	FRD

*Fuente: elaboración propia*

#### **4.13.6. Historias de usuario del entregable “Progresión, guardado de datos y tabla de mejores resultados”**

En la Tabla 64, se visualizan las historias de usuario del sexto tablero Kanban, cuyo compromiso de entrega abarca la progresión en el videojuego, el guardado de datos y la tabla de mejores resultados. Igualmente, se definieron algunos parámetros de estimación como: estado, tiempo de implementación, la prioridad de la historia y el acrónimo o código del responsable de realizar la historia.

**Tabla 64. Planificación de historias de usuario del entregable “Progresión, guardado de datos y tabla de mejores resultados”**

ID de la Historia	Estado	Dimensión / Esfuerzo	Prioridad	Responsable
RF-2018-0014	Planificado	3 días	5	FRD
RF-2018-0015	Planificado	2 días	4	FRD
RF-2018-0016	Planificado	2 días	4	FRD

*Fuente: elaboración propia*

#### 4.13.7. Historias de usuario del entregable “Selección de minijuegos y mundo virtual”

En la Tabla 65 se visualizan las historias de usuario del sétimo tablero Kanban, cuyo compromiso de entrega abarca las escenas de selección y de mundo. Igualmente, se definieron algunos parámetros de estimación como: estado, tiempo de implementación, la prioridad de la historia y el acrónimo o código del responsable de realizar la historia.

**Tabla 65. Planificación de historias de usuario del entregable “Selección de minijuegos y mundo virtual”**

ID de la Historia	Estado	Dimensión / Esfuerzo	Prioridad	Responsable
RF-2018-0017	Planificado	2 días	4	FRD
RF-2018-0018	Planificado	1 día	3	FRD
RF-2018-0019	Planificado	3 días	4	FRD

*Fuente: elaboración propia*

#### 4.13.8. Historias de usuario del entregable “Archivos locales de guardado del jugador”

En la Tabla 66 se visualiza la historia de usuario del octavo tablero Kanban, cuyo compromiso de entrega abarca el CRUD de archivos de datos binarios dentro de la carpeta persistente en el dispositivo donde se ejecuta el videojuego. Igualmente, se definieron algunos parámetros de estimación como: estado, tiempo de implementación, la prioridad de la historia y el acrónimo o código del responsable de realizar la historia.

**Tabla 66. Planificación de historias de usuario del entregable “Archivos locales de guardado del jugador”**

ID de la Historia	Estado	Dimensión / Esfuerzo	Prioridad	Responsable
RF-2018-0020	Planificado	3 días	4	FRD

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 67. Leyenda de prioridad**

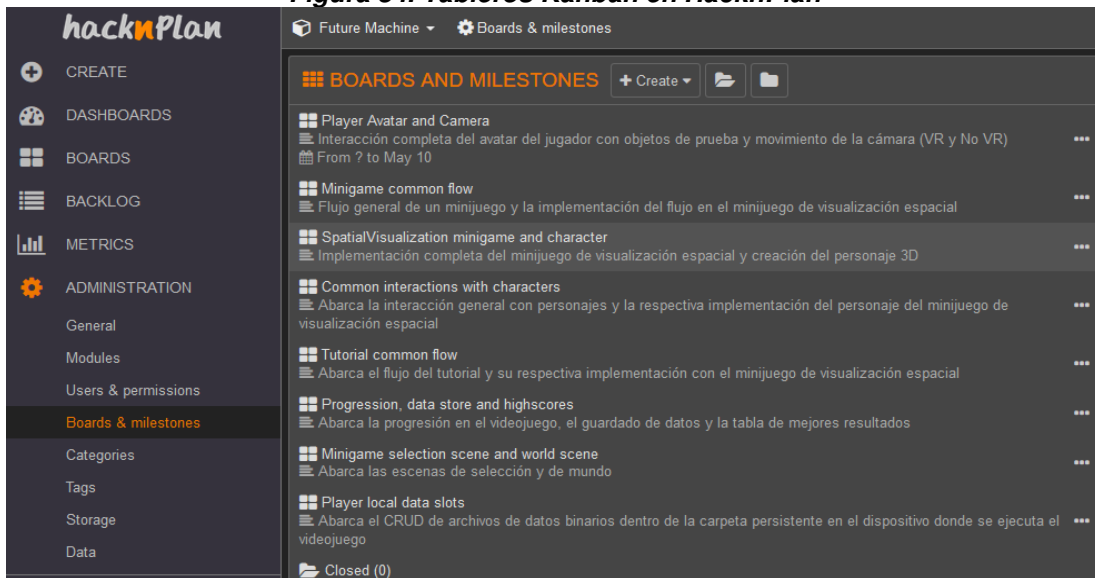
Valor	Descripción
1	Insignificante
2	Baja
3	Media
4	Alta
5	Urgente

*Fuente: elaboración propia*

#### 4.14. Creación de tableros Kanban en HacknPlan

Para un mejor seguimiento de las tareas se usará *HacknPlan* que es una herramienta en línea de administración de proyectos especializado en videojuegos. En la Figura 84 se muestran todos los tableros creados en *HacknPlan*.

**Figura 84. Tableros Kanban en HacknPlan**



*Fuente: elaboración propia*

## **CAPÍTULO V CONSTRUCCIÓN**

### **5.1. Construcción**

#### **5.1.1. Paquetes de *Unity* y recursos de terceros**

En la elaboración del videojuego se utilizaron varios paquetes de *Unity*, instalados mediante su *Package Manager*, en la Tabla 68 se describen cada uno de ellos.

**Tabla 68. Paquetes de Unity utilizados**

<b>Nombre del paquete y versión</b>	<b>Propósito / Descripción</b>
Lightweight Render Pipeline (LWRP) v5.7.2	Es un Scriptable Render Pipeline prefabricado. La tecnología ofrece gráficos que son escalables para plataformas móviles, y también puede ser usado para plataformas de consola dedicadas y PC. Se puede lograr un renderizado rápido a buena calidad sin la necesidad de la tecnología de shader computarizado. LWRP usa simplificada, iluminación y Materiales basados en física. LWRP, usa el renderizado single-pass forward.
Open VR (Desktop) v1.0.5	Este paquete contiene los componentes necesarios requeridos para usar el SDK de OpenVR en plataformas de escritorio. Al usar este paquete, se puede desplegar y correr aplicaciones en dispositivos que soportan SteamVR.
Post Processing v2.1.6	Este paquete viene con una colección de efectos y filtros de imagen que se puede aplicar a las cámaras para mejorar los efectos visuales del juego/aplicación
Cinemachine v2.3.4	Este paquete viene con herramientas de cámara inteligente para controlar la cámara del juego/aplicación
Input System v0.2.10 (preview)	Este paquete contiene el nuevo sistema de entrada de Unity, es más extensible y personalizable que el sistema predefinido.
ProBuilder v4.0.5	Este paquete se puede usar para construir, editar y texturizar geometría personaliza en Unity. Usado para diseño de nivel en el editor de escena, prototipado, creación de colisionadores, todo con testeo fácil.
ProGrids v3.0.3	Este paquete cuenta con herramientas avanzadas de grilla dinámica y ajuste de la posición de objetos en la escena. Asegura una colocación consistente de objetos en el nivel.
Shader Graph v5.7.2	Este paquete agrega soporte para una herramienta de edición de shaders visual en Unity. Permite crear shaders en una forma visual aumentando las posibilidades de obtener el resultado esperado más rápido. Es compatible con LWRP.
TextMesh Pro v 2.0.1	Este paquete cuenta con la solución final de texto para Unity. Usa técnicas avanzadas de renderizado de texto con una colección de shaders personalizados. Brinda mejoras de calidad visual, flexibilidad, muchos parámetros ajustables, soporta multi fuente, sprites, estilos propios, y es igualmente óptimo que los componentes de texto de Unity.
Timeline v1.0	Este paquete contiene un editor de línea de tiempo utilizado para crear secuencias de cinemática, jugabilidad, audio, efectos, donde incluyen más de un objeto/entidad.

**Fuente: elaboración propia**

De la misma forma se utilizaron recursos de terceros, descargados de la tienda de recursos de *Unity*. En la Tabla 69 se detallan cada uno de ellos.

**Tabla 69. Recursos de terceros**

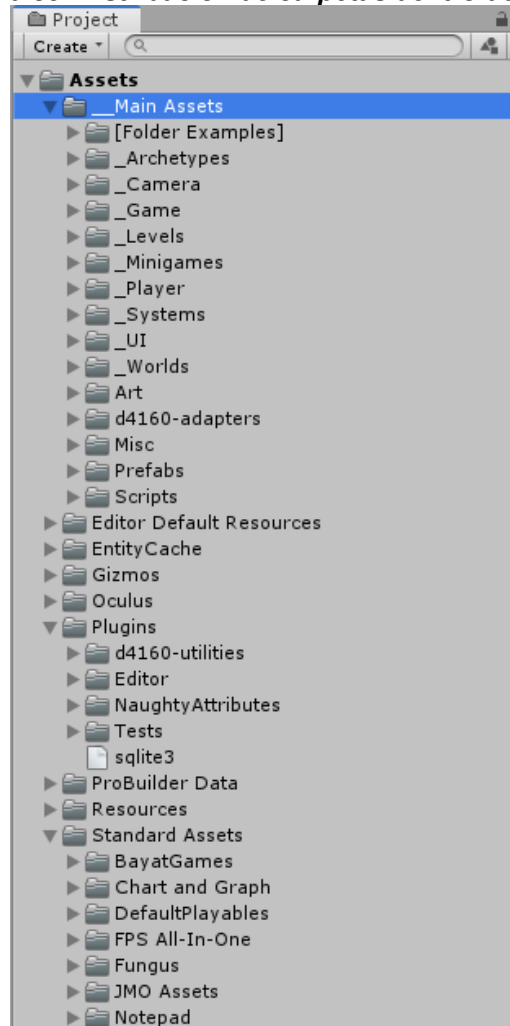
<b>Nombre del asset y versión</b>	<b>Propósito / Descripción</b>
SteamVR v2.2.0	El plugin SteamVR para Unity administra tres cosas principales para los desarrolladores: Instanciar modelos 3D para los controladores VR, manejar la entrada (input) de esos controladores y estimar cómo se vería la mano mientras se usa los controladores. Además, tiene un ejemplo del Sistema de interacción para ayudar a que cualquier aplicación de VR despegue, proporcionando ejemplos concretos de interacción con el mundo virtual y su API. Para su funcionamiento correcto necesita el software SteamVR instalada en el dispositivo.
Save Game Free v2.3.8	Este asset contiene un sistema de guardado simple y fácil de usar que te permite guardar los datos de tu juego en formato JSON, XML y binario, y cifrarlos utilizando algoritmos seguros para evitar trucos y pirateadas.
Chart and Graph v1.62	Este asset presenta un graficador estadístico de última generación.en 2D y 3D. Genial, responsivo e interactivo. Todos los gráficos son completamente personalizables y se pueden configurar rápidamente ya sea desde el código o desde el editor de unity.
Default Playables v1.4	Este asset incluye tanto el Asistente para crear Timeline Playables como una serie de ejemplos reproducibles para usarlos con la línea de tiempo.
FPS All-In-One v19.5.12feu	Es un controlador en primera persona Open Source de la cámara para Unity. Ofrece muchas opciones de personalización a la vez que sigue siendo amigable para los principiantes y fácil de configurar.
Fungus v3.11.4	Es un plugin que permite la creación, administración y ejecución de diálogos y secuencia de acciones en forma de diagrama de flujo.
Oculus v1.37	Este paquete incluye scripts útiles para trabajar con Audio 3D en VR en general.
Surge v1.0.39	Surge contiene un sistema de animación dinámica basado en Coroutines.
Graphy - Ultimate Stats Monitor v1.5.1	Este plugin brinda información de estadísticas de rendimiento de la aplicación en Unity como: el número de FPS, memoria, datos del dispositivo, etc. Los datos pueden ser mostrados en cualquier dispositivo.
Timeline Events v1.0	Este paquete cuenta con un playable personalizado para emitir eventos desde el Timeline de Unity
Notepad v1.2	Este plugin permite escribir notas en el editor de Unity, para un mejor entorno de trabajo
KUBIKOS - 3D Cube World v1.0	Este paquete cuenta con modelos cúbicos para creación de mundos virtuales

**Fuente: elaboración propia**

### 5.1.2. Distribución de las carpetas del proyecto

En la Figura 85 se muestra la disposición de carpetas dentro de la carpeta “Assets”, donde se almacenan todos los recursos (3D, 2D, Audio, Escenas, *Prefabs*, *Scriptable-Objects* y *Scripts* de código) en *Unity*.

**Figura 85. Distribución de carpetas dentro de Unity**



**Fuente: elaboración propia**

### 5.1.3. Estructura del repositorio del proyecto

Para el control de versiones se utilizó Git, y se alojó en *Bitbucket*. El repositorio tiene por nombre “[Thesis] *FutureMachine*”, se realizaron 50 *commits* y se creó una rama adicional al “master” para no perder versiones antiguas.

En la Figura 86 se visualiza el repositorio del proyecto en la interfaz web de *Bitbucket*, en donde se muestran los archivos principales del proyecto de

Unity.

**Figura 86: Repositorio *Bitbucket* con el proyecto**

Daigo Fernandez

[Thesis] FutureMachine Clone ...

Here's where you'll find this repository's source files. To give your users an idea of what they'll find here, [add a description to your repository](#).

Release/v1.0

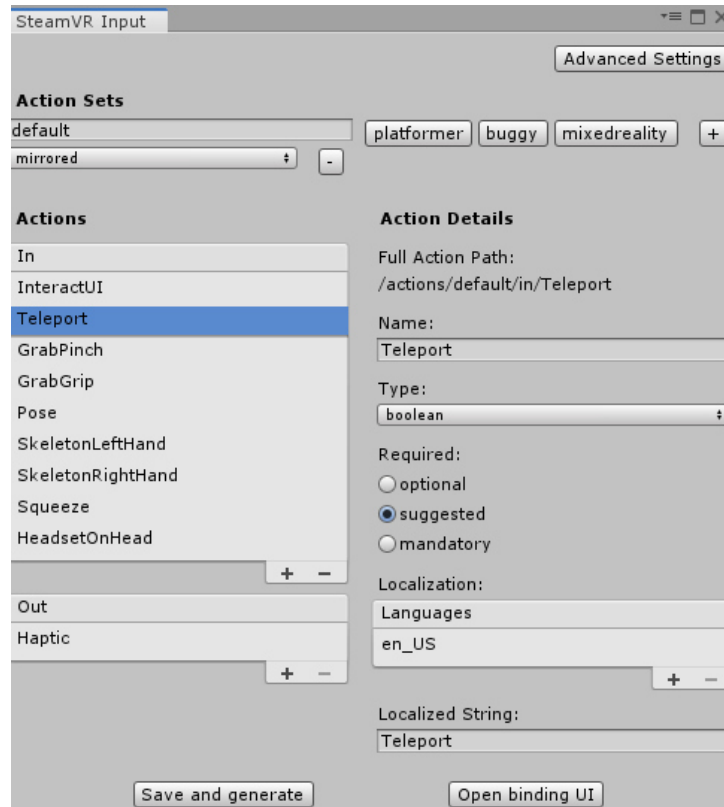
Name	Size	Last commit	Message
Assets		3 days ago	Changes o SteamVR example
Distribution		2019-02-25	All Plugins Updated (but Oculus)
Packages		2019-05-09	First commit for v1.0
ProjectSettings		7 days ago	Lock to place test + Graphy prefab
.gitattributes	1.58 KB	2019-05-11	@@
.gitignore	745 B	7 days ago	Lock to place test + Graphy prefab
.gitmodules	382 B	2019-03-21	Fixing scripts for d4160-Utilities
TMInputSystem	2.78 KB	2019-01-16	Updated to Unity 2018.3.1. Added InputSystem. A...
actions.json	3.44 KB	2019-05-09	First commit for v1.0

**Fuente: elaboración propia**

#### 5.1.4. Sistema de entrada de SteamVR

*SteamVR* cuenta con un sistema que obtiene no solo la posición y rotación (pose) del HMD y los controles, sino también el mapeo completo de todos los botones de este, el que incluye también *Oculus Touch*. Este sistema está orientado a “acciones” y no a botones específicos, permitiendo la compatibilidad con cualquier tipo de entrada con un mínimo de configuración. En la Figura 87 se muestran las acciones predeterminadas utilizadas en el proyecto.





**Figura 87. Acciones del sistema de entrada de SteamVR**  
**Fuente: elaboración propia**

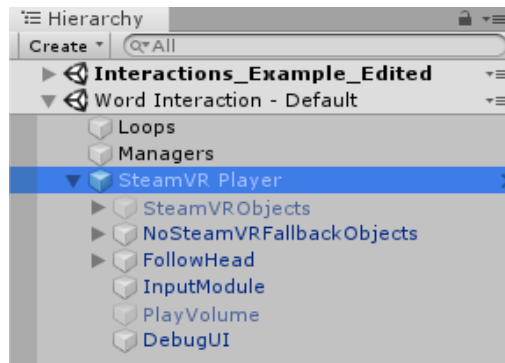
### 5.1.5. Cámara y avatar del jugador

A continuación, se describe la construcción del videojuego relacionada con las historias de usuario: desde la RF-2018-0001 hasta la RF-2018-0005.

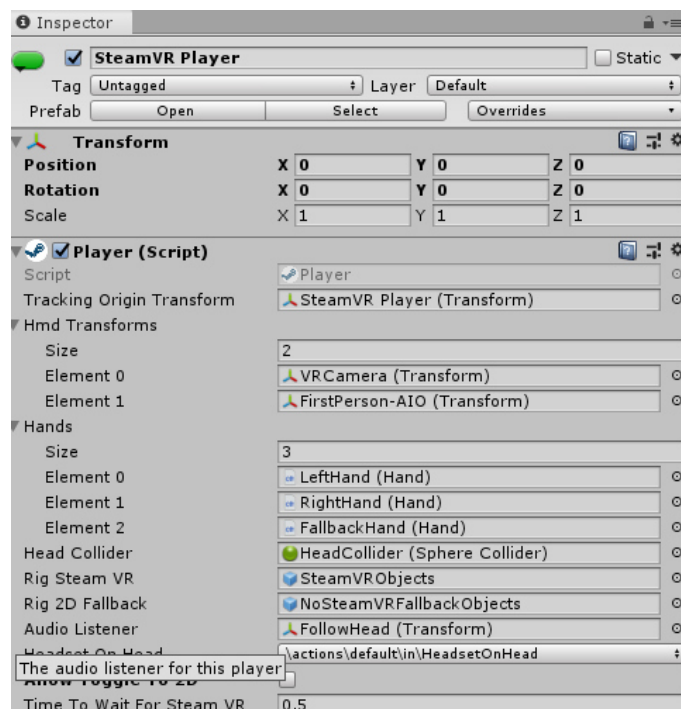
#### 5.1.5.1. Control del *Camera Rig*

Para el control del *Camera Rig*, ya sea para la versión con y sin realidad virtual, se usó *SteamVR* que contiene la funcionalidad básica para el tratamiento de varios HMD de realidad virtual. Adicionalmente puede incluir un objeto de último recurso cuando *SteamVR* no esté disponible (si el HDM no es compatible con *OpenVR* o simplemente no haya ninguno). En la Figura 88 se muestra el *GameObject* “*SteamVR Player*” con los objetos hijos “*SteamVRObjects*” y “*NoSteamVRFallbackObjects*”. En la Figura 89 se muestra el componente “*Player*” el cual es el encargado de inicializar *SteamVR*, en caso de no tener un HMD de realidad virtual compatible, activa los objetos de último recurso “*NoSteamVRFallbackObjects*”, el cual contiene

la funcionalidad para el control de la cámara en la versión sin realidad virtual.



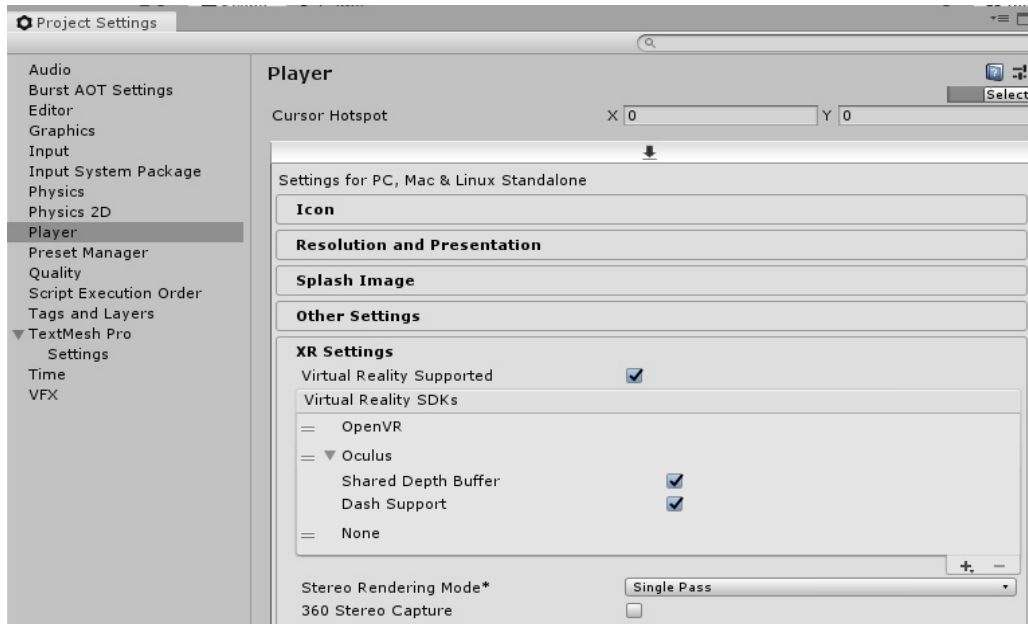
**Figura 88. Jerarquía del GameObject “SteamVR Player”**  
Fuente: elaboración propia



**Figura 89. Componente Player**  
Fuente: elaboración propia

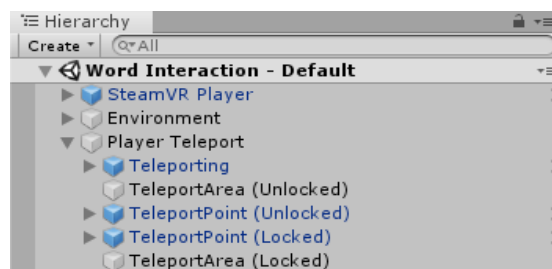
### 5.1.5.2. Movimiento y rotación de la cámara en la versión con realidad virtual

El movimiento y rotación de la cámara están controlados de forma automática por *Unity* cuando *Virtual Reality Supported* está activado en las opciones de *Project Settings > Player* (Figura 90). El movimiento solo funciona si el dispositivo de realidad virtual cuenta con 6 grados de libertad (DOF), como es el caso de *Oculus Rift*.

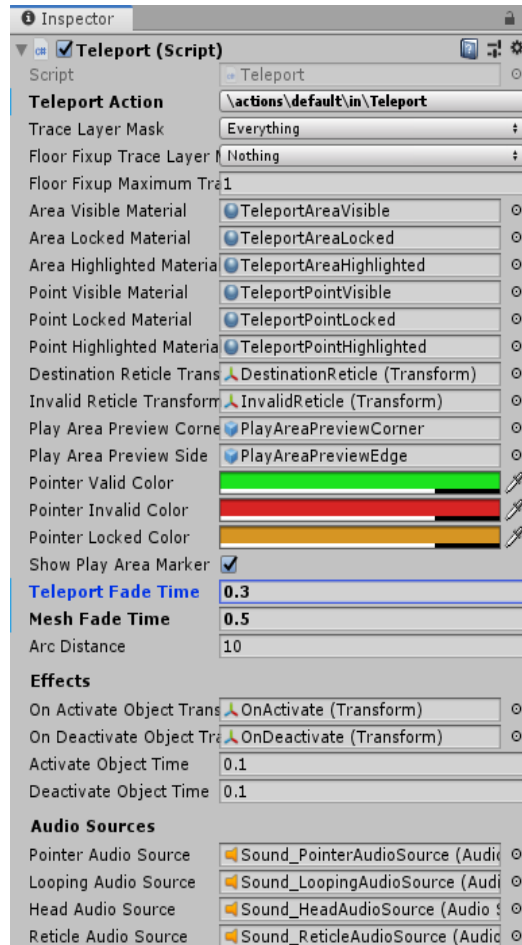


**Figura 90. Configuración de Player en Unity**  
**Fuente: elaboración propia**

Para permitir que el jugador se mueva a cortas distancias y prevenir problemas de mareos en él, se usó la técnica de teletransportación usando un arco y puntos o áreas objetivos. En la Figura 91 se muestra la jerarquía con los objetos de teletransportación del jugador. En la Figura 92 se muestra el componente “Teleport”, el cual es el encargado de visualizar el arco, activar los puntos y áreas de teletransportación, calcular el punto objetivo, emitir sonidos acordes y mover el objeto del jugador, cuando el jugador interactúe con los controles.

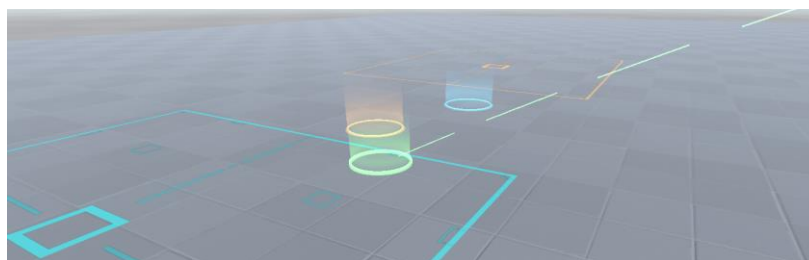


**Figura 91. Jerarquía del GameObject “Player Teleport”**  
**Fuente: elaboración propia**



**Figura 92. Componente “Teleport”**  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 93 se muestra la demostración del arco de teletransportación en la escena de pruebas.

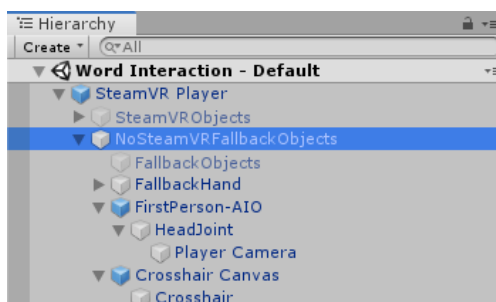


**Figura 93. Demostración del arco de teletransportación en la escena de prueba**  
Fuente: elaboración propia

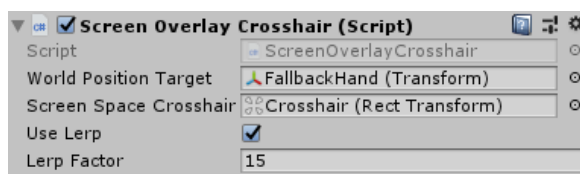
### 5.1.5.3. Movimiento y rotación de la cámara en la versión sin realidad virtual

Para la versión sin realidad virtual se usó el componente *Open Source* “*FirstPerson AIO*” que se encarga del movimiento y rotación de la cámara.

Adicionalmente se implementó el componente “*Screen Overlay Crosshair*” parte del sistema de selección, encargado de mostrar un ícono exactamente en el centro de la pantalla como cursor guía del jugador hacia donde apunta. En la Figura 94 se muestra la jerarquía de los *GameObjects* para los componentes mencionados. En la Figura 95 se muestra el componente “*Screen Space Crosshair*”.

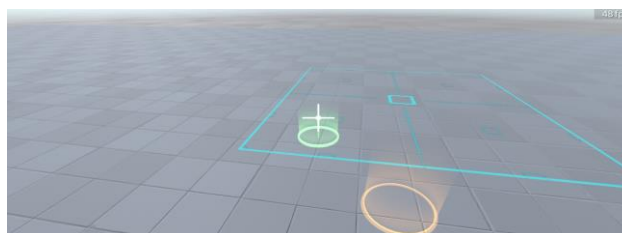


**Figura 94. Jerarquía de los *GameObjects* de Movimiento y rotación de la cámara en la versión sin realidad virtual**  
**Fuente: elaboración propia**



**Figura 95. Componente *Screen Overlay Crosshair***  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 96 se muestra el ícono como cursor en el centro de la pantalla.



**Figura 96. *Crosshair* en el centro de la pantalla**  
**Fuente: elaboración propia**

#### 5.1.5.4. Efecto de apagado de pantalla

Cada vez que el jugador se teletransporte de un lugar a otro, o cambie de escena, se necesita mostrar un efecto de apagado de pantalla, para simular el pestañeo del ojo, acorde a las mejores prácticas de movimiento en realidad virtual por *Oculus Rift* (127). En la Figura 97 se muestra la llamada a la función útil estática para iniciar el efecto de apagado de pantalla desde cualquier parte en el videojuego. El componente “*SteamVR\_Fade*” necesita estar en el mismo

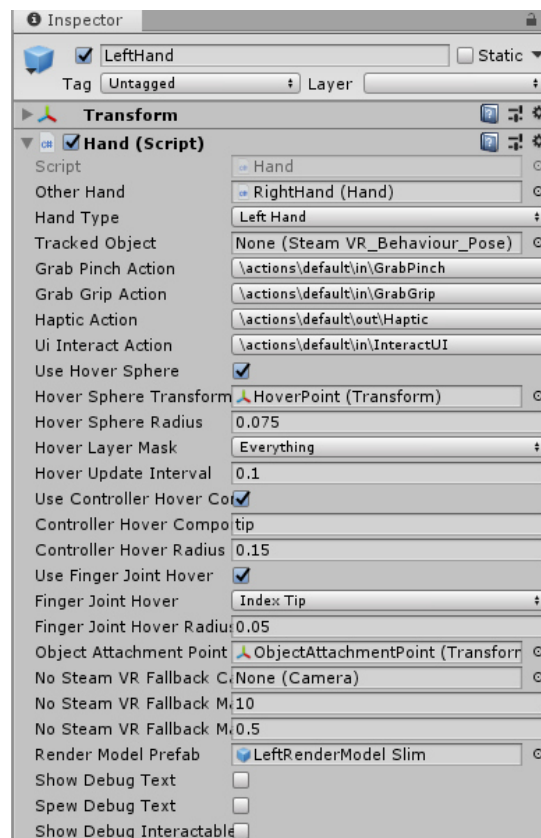
*GameObject* que el componente “Camera” del namespace “UnityEngine”.

```
SteamVR_Fade.Start( Color.clear, 0 );  
SteamVR_Fade.Start( Color.black, currentFadeTime );
```

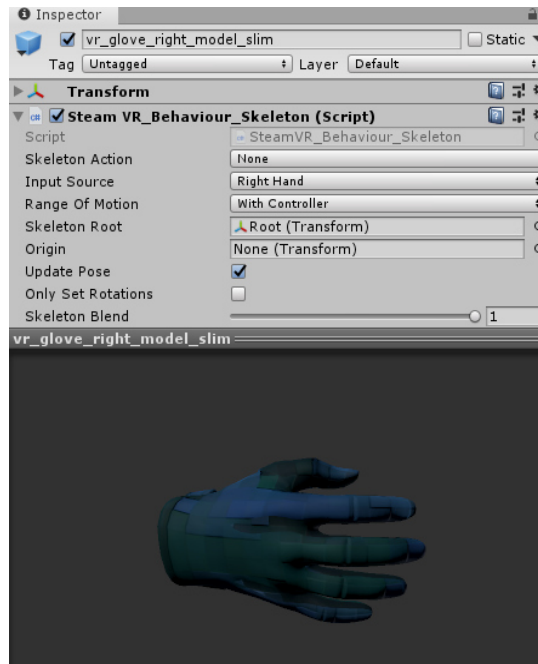
**Figura 97. Función estática para iniciar el efecto de apagado de pantalla**  
Fuente: elaboración propia

#### 5.1.5.5. Avatar del jugador: manos 3D

El avatar del jugador fue provisto de un par de modelos 3D en forma de manos y asignados en la propiedad “Render Model Prefab” del script “Hand” de *SteamVR*. En la Figura 98 se muestra el componente “Hand”. En la Figura 99 se muestra el *GameObject* del modelo 3D de las manos con su respectivo componente “*SteamVR\_Behaviour\_Skeleton*”, encargado de las animaciones y transformaciones de las manos acorde a la entrada de los controles y objetos interactivos.



**Figura 98. Componente “Hand”**  
Fuente: elaboración propia



**Figura 99. Modelo 3D de las manos y el componente “SteamVR\_Behaviour\_Skeleton”  
Fuente: elaboración propia**

#### **5.1.5.6. Interacción con objetos en la versión con realidad virtual**

Para interactuar con objetos se utilizó el componente “*Hand*” de *SteamVR*, el cual usa la técnica de envío de mensajes (métodos) a los objetos que tienen un colisionador para ser invocados usando “reflexión” en C#, esto no es óptimo si se trata de una gran cantidad de colisionadores, pero permite una interrelación entre componentes muy sencilla. En la Figura 100 se muestran los métodos enviados por las manos para invocación. Y en la Figura 101 se muestran los componentes adicionales para que un objeto sea completamente interactivo, esto incluye las interacciones de tocar, agarrar, lanzar y generador de poses para las manos.

```

// Called when a Hand starts hovering over this object
0 references
private void OnHandHoverBegin(Hand hand) { }

// Called when a Hand stops hovering over this object
0 references
private void OnHandHoverEnd(Hand hand) { }

// Called every Update() while a Hand is hovering over this object
0 references
private void HandHoverUpdate(Hand hand) { }

// Called when this GameObject becomes attached to the hand
0 references
private void OnAttachedToHand(Hand hand) { }

// Called when this GameObject is detached from the hand
0 references
private void OnDetachedFromHand(Hand hand) { }

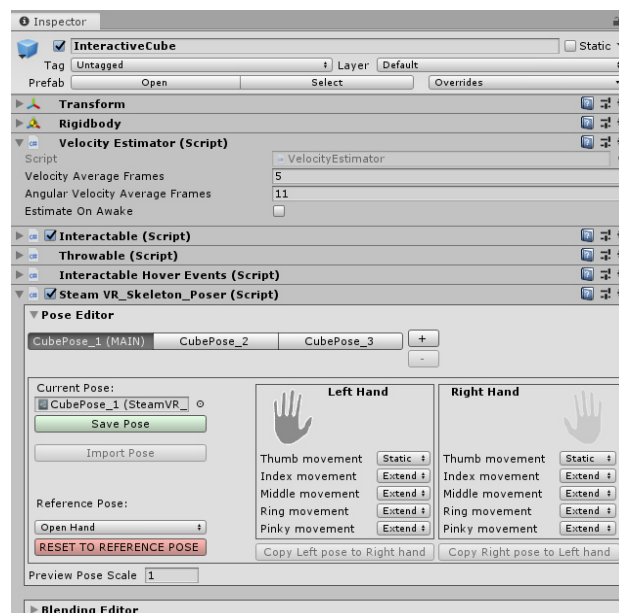
// Called every Update() while this GameObject is attached to the hand
0 references
private void HandAttachedUpdate(Hand hand) { }

// Called when this attached GameObject becomes the primary attached object
0 references
private void OnHandFocusAcquired(Hand hand) { }

// Called when another attached GameObject becomes the primary attached object
0 references
private void OnHandFocusLost(Hand hand) { }

```

**Figura 100. Métodos llamados en cualquier objeto desde el componente "Hand"**  
**Fuente: elaboración propia**

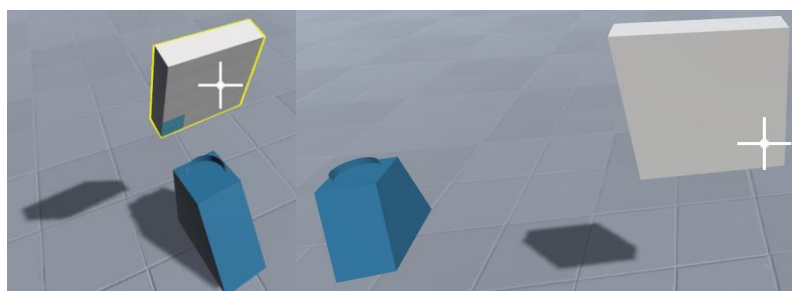


**Figura 101. Componentes adicionales de un objeto completamente interactivo**  
**Fuente: elaboración propia**



### 5.1.5.7. Interacción con objetos en la versión sin realidad virtual

Para interactuar con objetos en la versión sin realidad virtual se usó la misma técnica que en la versión con realidad virtual, pero esta vez usando la mano de último recurso, que envía un rayo invisible constante usando el sistema de física con dirección al mundo virtual, desde el cursor del mouse como origen, el mouse está restringido al centro de la pantalla. En las Figuras 102 y 103 se muestran cómo es la interacción en la versión sin realidad virtual.



**Figura 102. Interacciones con objetos en la versión sin realidad virtual**  
**Fuente: elaboración propia**



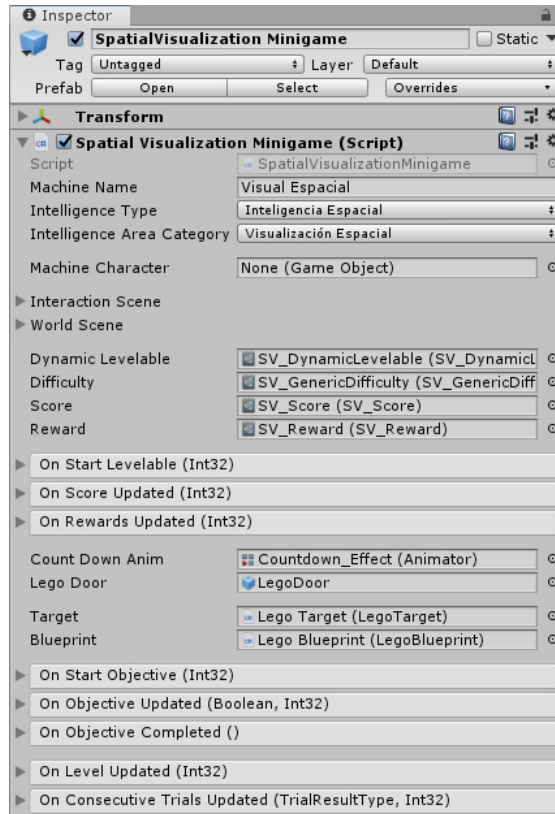
**Figura 103. Interacciones con botones en la versión sin realidad virtual**  
**Fuente: elaboración propia**

### 5.1.6. Flujo de juego en común de los minijuegos

A continuación, se describe la construcción del videojuego relacionada con las historias de usuario: desde la RF-2018-0006 hasta la RF-2018-0009.

Cada minijuego está compuesto por el sistema de nivel dinámico, el que permite subir o bajar de nivel en un mismo intento; el sistema de dificultad, el que permite controlar la dificultad en base al nivel; el sistema de tiempo, el que permite controlar la duración de todo el intento y de cada caso o pregunta; el sistema de objetivo, el que permite controlar el objetivo a superar y verificar la victoria o derrota en el intento; y los sistemas de puntaje y recompensa que calculan el valor respectivo en base al tiempo tomado para resolver una pregunta correcta. En la Figura 104 se muestra la implementación del

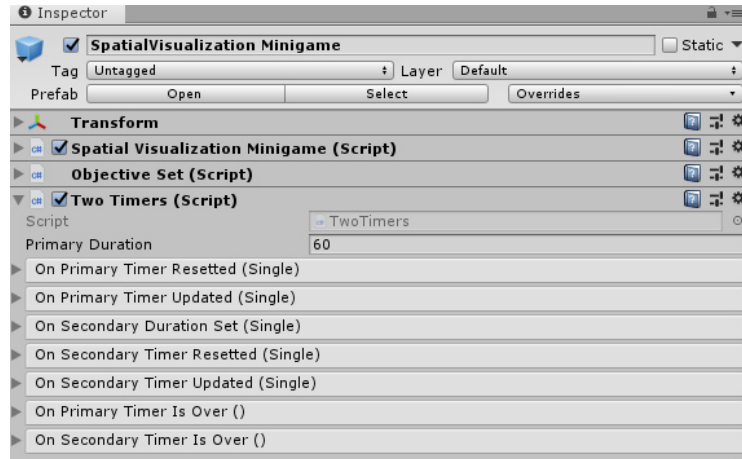
minijuego de visualización espacial en el inspector de *Unity*. Este minijuego implementa la clase base “*Minigame*” el cual acepta instancias base de cada sistema, los cuales son “*Scriptable Objects*” de *Unity*, que permite convertir una clase en un archivo binario para guardar información.



**Figura 104. Inspector del GameObject del minijuego de visualización espacial**  
**Fuente: elaboración propia**

### 5.1.6.1. Sistema de tiempo

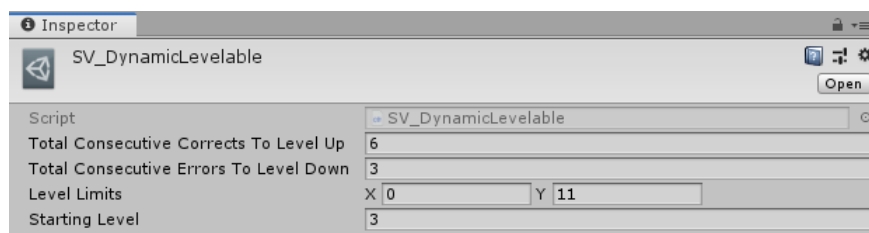
En la Figura 105 se muestra el componente de control de tiempo para el minijuego de visualización espacial. Está compuesto por dos contadores, uno para controlar la duración de todo un intento (60 segundos) y el otro para controlar el tiempo disponible para resolver una pregunta (modificado por el sistema de dificultad).



**Figura 105. Componente de control de tiempo**  
**Fuente: elaboración propia**

### 5.1.6.2. Sistema de nivel dinámico

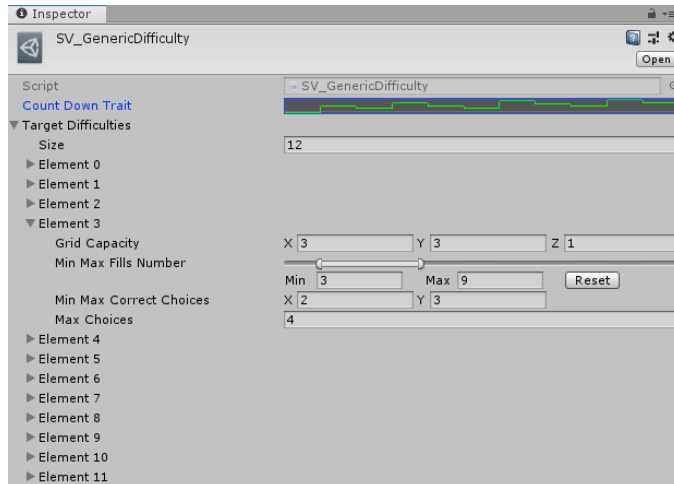
En la Figura 106 se muestra la implementación del control de nivel dinámico para el minijuego de visualización espacial. Está compuesto por 12 niveles (del 0 al 11) y para subir o bajar de nivel necesita realizar 6 preguntas correctas consecutivamente y 3 incorrectas, respectivamente. También se puede definir el nivel inicial.



**Figura 106. ScriptableObject del nivel dinámico del minijuego de visualización espacial**  
**Fuente: elaboración propia**

### 5.1.6.3. Sistema de dificultad

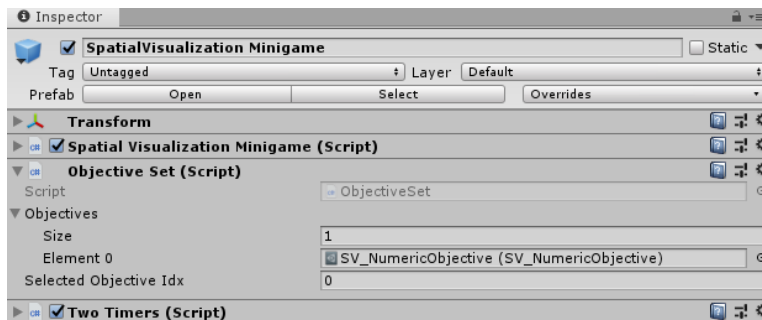
En la Figura 107 se muestra la implementación del control de dificultad para el minijuego de visualización espacial. La dificultad en este minijuego está compuesta por el tiempo en reversa disponible para completar un caso o pregunta, y una lista de propiedades de dificultad basados en el objetivo como: la capacidad de la grilla, el número de posiciones con un bloque sólido dentro de la grilla, el número de alternativas necesarias para completar el caso correctamente y el número máximo de alternativas del caso. Estos datos son utilizados por el algoritmo de la máquina que construye las preguntas y alternativas.



**Figura 107. ScriptableObject de la dificultad del minijuego de visualización espacial**  
Fuente: elaboración propia

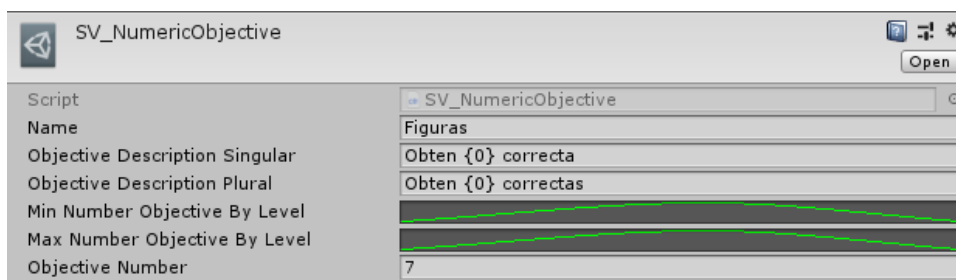
#### 5.1.6.4. Sistema de objetivos

El sistema de objetivos está diseñado para soportar varios tipos de objetivos, que pueden contener sus propias reglas de completitud. En la Figura 108 se muestra el componente “ObjectiveSet” encargado de guardar, escoger y mantener estos objetivos.



**Figura 108. Inspector del componente de control de objetivos**  
Fuente: elaboración propia

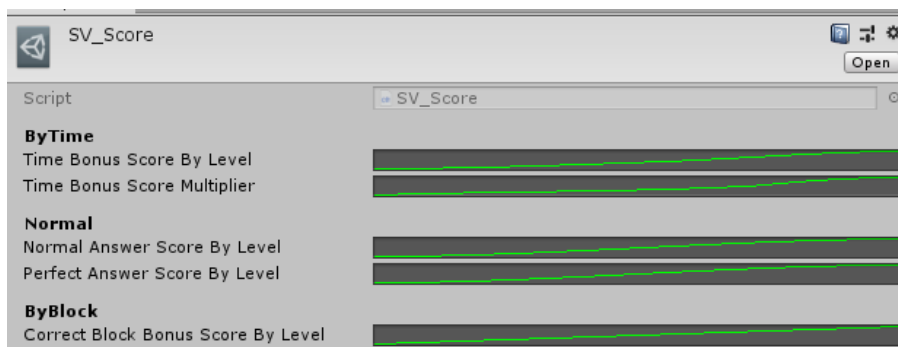
Y en la Figura 109 se muestra la implementación del objetivo numérico el cual consiste en un número a superar, también soporta varios niveles de dificultad.



**Figura 109. ScriptableObject del objetivo del minijuego de visualización espacial**  
Fuente: elaboración propia

### 5.1.6.5. Sistema de puntaje

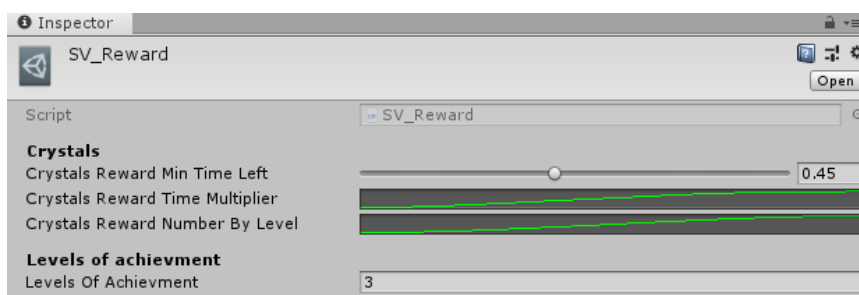
En la Figura 110 se muestra la implementación del puntaje para el minijuego de visualización espacial. Se calcula el puntaje por tiempo, empleado por respuesta correcta y hay un bonus si el usuario escoge un bloque de alternativa que colabore con el objetivo.



**Figura 110. ScriptableObject del puntaje del minijuego de visualización espacial**  
**Fuente: elaboración propia**

### 5.1.6.6. Sistema de recompensa

En la Figura 111 se muestra la implementación de la recompensa para el minijuego de visualización espacial. Se calcula la recompensa teniendo en cuenta el nivel de dificultad modificado por un valor de tiempo, solo cuando el tiempo restante para completar la pregunta es mayor al 45 % del total. Adicionalmente hay un valor de logro cuando el usuario haga un excelente trabajo.



**Figura 111. ScriptableObject de la recompensa del minijuego de visualización espacial**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 112 se muestra la interfaz diegética del minijuego de visualización espacial encargada de mostrar las salidas de los sistemas descritos previamente.



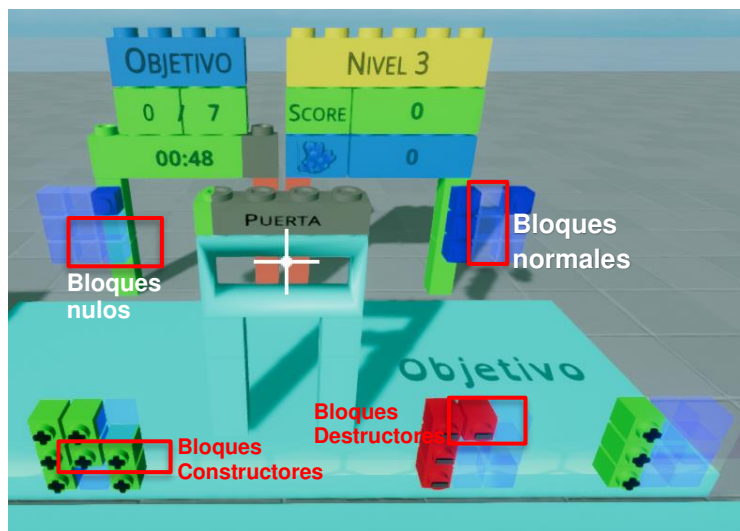
**Figura 112. Interfaz diegética de salida de los sistemas del minijuego de visualización espacial**

**Fuente: elaboración propia**

### 5.1.7. Minijuego de visualización espacial

A continuación, se describe la construcción del videojuego relacionada con la historia de usuario RF-2018-0010.

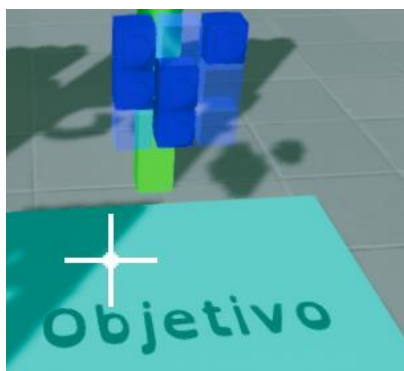
El minijuego de visualización espacial está compuesto por tres tipos de grillas: el objetivo, el construible o *blueprint* y las alternativas. En la Figura 113 se muestra la máquina de entrenamiento de habilidades de visualización espacial en funcionamiento.



**Figura 113. Minijuego para entrenar habilidades de visualización espacial**

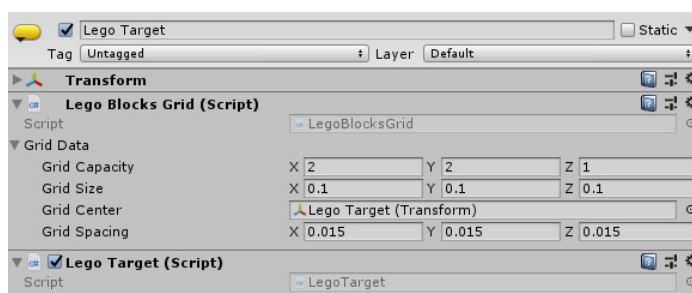
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 114 se muestra una grilla objetivo de tamaño 3x3x1, el algoritmo de la máquina utiliza los parámetros de dificultad cargados por el nivel actual y genera un objetivo aleatoriamente.



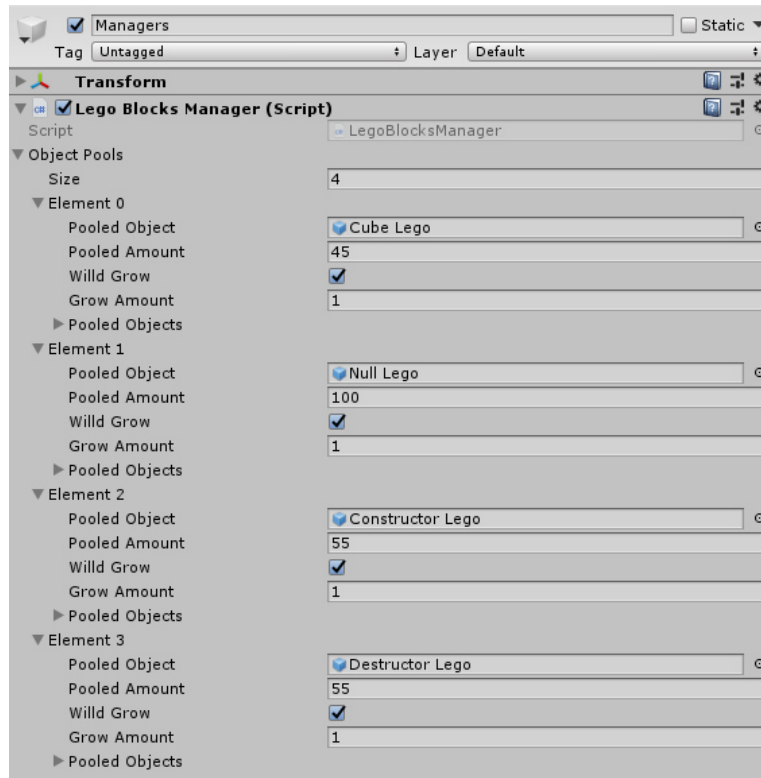
**Figura 114: Grilla objetivo de la máquina de visualización espacial**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 115 se muestra el *GameObject* de la grilla objetivo. Se creó un componente en común para todas las grillas llamada “*BlocksGrid*” encargada de renderizar los bloques individuales teniendo en cuenta algunos parámetros de configuración.



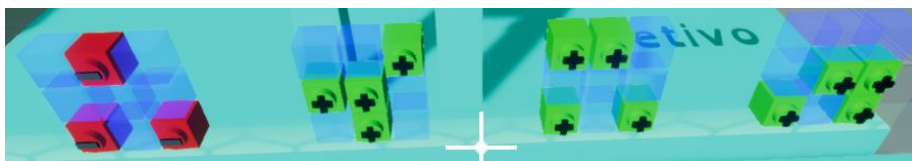
**Figura 115. GameObject de la grilla objetivo**  
**Fuente: elaboración propia**

Para administrar los bloques individuales (normal, nulo, constructor o destructor) se utilizó el patrón de diseño creacional “*Object Pool*”, en la Figura 116 se muestra el *GameObject* “*BlocksManager*” que utiliza el patrón “*Object Pool*”.



**Figura 116. GameObject del manejador de bloques**  
**Fuente: elaboración propia**

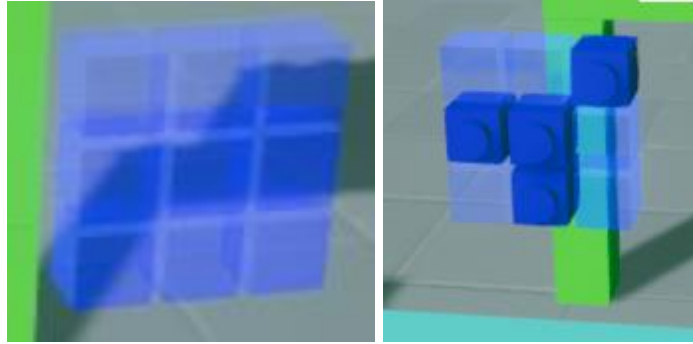
Una vez obtenido el objetivo, el algoritmo calcula grillas de alternativas teniendo en cuenta el número que se requiere para completar correctamente el objetivo, decidiendo entre bloques constructores y destructores, el resto las genera aleatoriamente verificando que ninguna se repita. Se utilizó como estructura de datos un *array* simple para acelerar el proceso de iteración, que almacena las posiciones ocupadas y desocupadas de las grillas. En la Figura 117 se muestran las grillas de alternativa de construcción y destrucción.



**Figura 117. Grillas de alternativa constructores y destructores**  
**Fuente: elaboración propia**

En el inicio de cada pregunta se regenera la grilla *blueprint* con bloques nulos, de acuerdo a la alternativa escogida, la grilla *blueprint* va cambiando en el transcurso de una pregunta. En la Figura 118 se muestra la grilla *blueprint* al inicio y en el transcurso de la pregunta.





**Figura Nro. 118: Grilla blueprint o construible**  
**Fuente: elaboración propia**

### **5.1.8. Interacción con personajes**

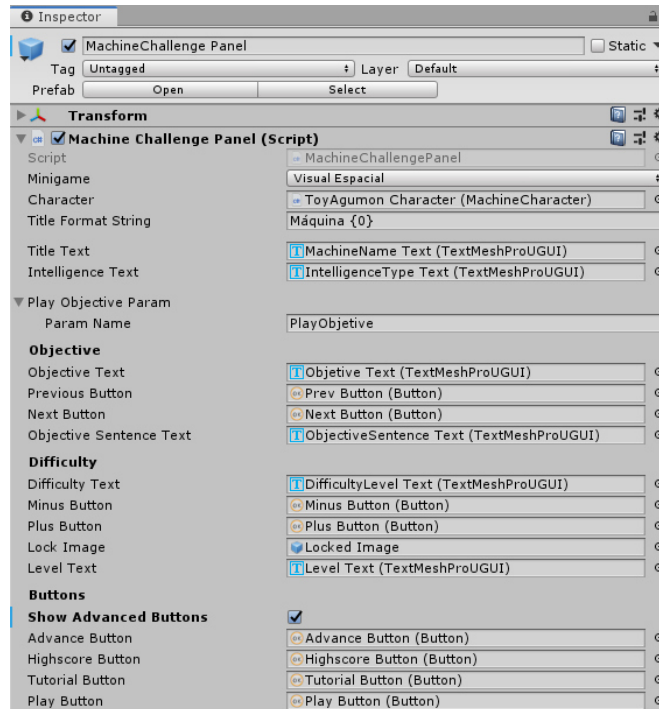
A continuación, se describe la construcción del videojuego relacionada con las historias de usuario RF-2018-0010 y RF-2019-0011.

Cada máquina debe tener un personaje que se encargue de guiar al usuario cuando lo necesite. En la Figura 119 se muestra el personaje de la máquina de visualización espacial “*Bizuo*” con sus opciones de interacción.



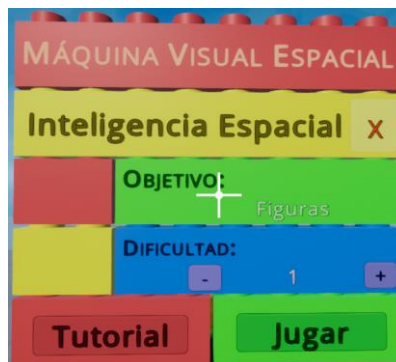
**Figura 119. Personaje Bizuo y opciones de interacción**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 120 se muestra el *GameObject* del panel de retos de máquina, activado cuando el usuario elija la opción “Máquina” de las opciones del personaje.



**Figura 120. GameObject del panel de retos de máquina**  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 121 se muestra el panel de retos de máquina sin las opciones de “Avance” y “Highscores”, solo la primera vez que va intentar el minijuego.



**Figura 121. GameObject del panel de retos de máquina**  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 122 se muestra el panel de retos de máquina con las opciones de “Avance” y “Highscores”, mostradas cuando ya haya jugado el minijuego antes.



**Figura 122: GameObject del panel de retos de máquina**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 123 se muestra el diagrama de flujo de los diálogos de personajes para los niveles de dificultad, en *Unity*.



**Figura 123. Diagrama de flujo de los diálogos para los niveles de dificultad**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 124 se muestra el panel de diálogos del personaje, cuando elija la opción de interacción “Hablar”.



**Figura 124. Panel de diálogos del personaje**  
**Fuente: elaboración propia**

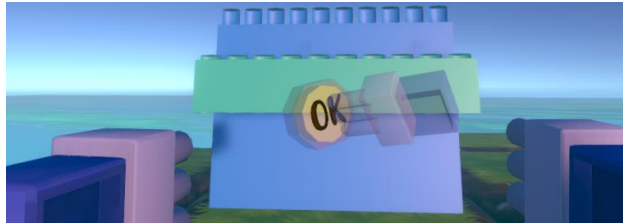
### 5.1.9. Flujo de tutorial

A continuación, se describe la construcción del videojuego relacionada con la historia de usuario RF-2018-0013.

Para mostrar el tutorial al usuario se utilizó una combinación de

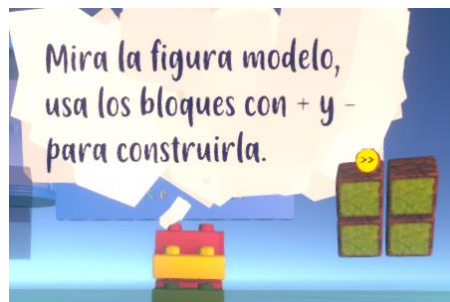
animaciones, diálogos y señalizadores.

En la Figura 125 se muestra una animación de guía, donde el usuario tiene que imitarlo, esta animación es ligeramente diferente a los objetos normales para indicar al usuario que se trata de un objeto no interactivo.



**Figura 125. Animación de guía para el usuario**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 126 se muestra un diálogo de explicación al usuario.



**Figura 126. Diálogo de explicación**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 127 se muestra una flecha como señal visual para indicar al usuario partes de importancia en el tutorial.



**Figura 127. Señalización en el tutorial**  
**Fuente: elaboración propia**

#### **5.1.10. Progresión del juego**

A continuación, se describe la construcción del videojuego relacionada con

las historias de usuario: desde la RF-2018-0014 hasta la RF-2018-16.

### 5.1.10.1. Progresión y guardado de datos

Para calcular la progresión se determinaron algunas propiedades teniendo en consideración las métricas para medir la efectividad y eficiencia del entrenamiento definidas en el capítulo de diseño. En la Figura 128 se muestran estas propiedades.

```
public int startingLevel;
public int highestReachedLevel;
public int lastReachedLevel;

public int totalTrialsInSession;
public int correctTrialsInSession;
public int correctsObjectiveNumber;

public float correctAnswersAccumulateTime;
public float totalSessionTime;

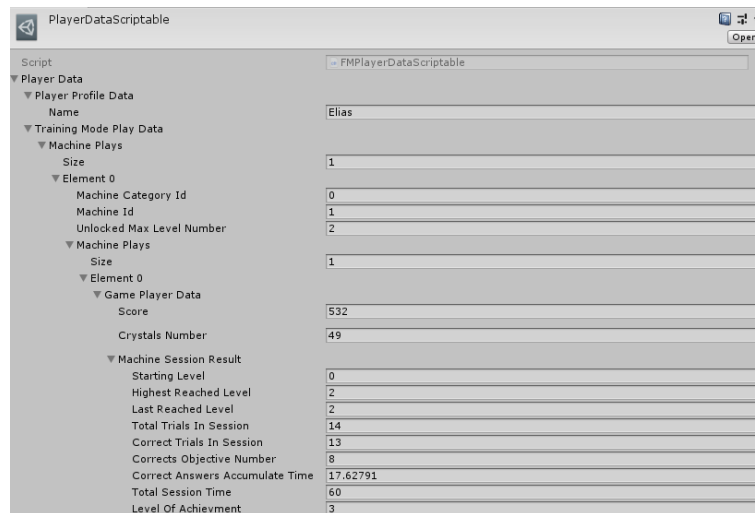
public int levelOfAchievment;

/* Effectiveness */
1 reference
public float GoalCompleteness => (float)correctTrialsInSession / totalTrialsInSession;

/* Efficiency */
1 reference
public float GoalTime => correctAnswersAccumulateTime / correctTrialsInSession;
0 references
public float TimeEfficiency => correctTrialsInSession / totalSessionTime;
```

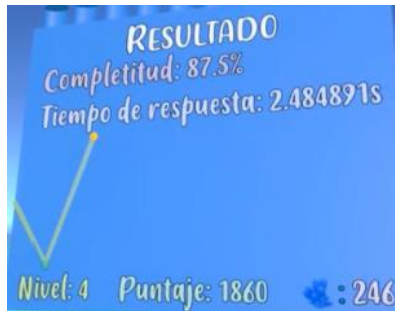
**Figura 128. Propiedades para el cálculo de las métricas de efectividad y eficiencia**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 129 se muestra el *ScriptableObject* receptáculo para almacenar las métricas de efectividad y eficiencia.



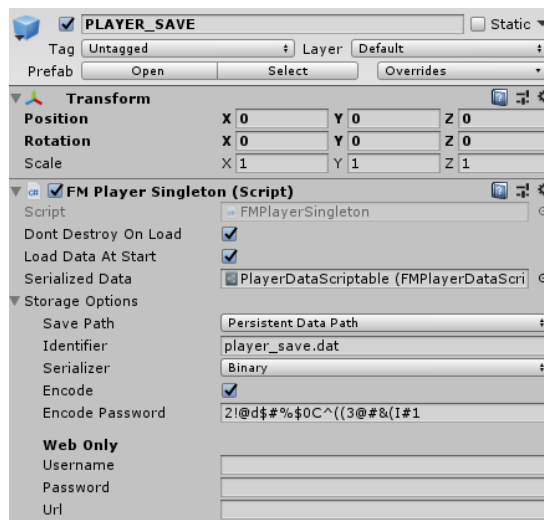
**Figura 129. ScriptableObject de las métricas de efectividad y eficiencia**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 130 se muestra el panel donde se visualiza el avance del usuario en un histograma con las métricas de efectividad y eficiencia, donde el punto amarillo es el último intento realizado por el usuario.



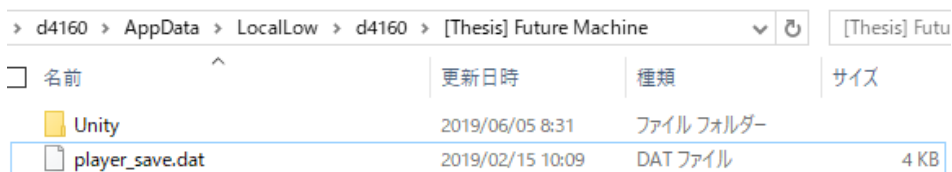
**Figura 130. Panel de avance del usuario**  
Fuente: elaboración propia

Para almacenar los datos del usuario de forma local, se utilizó un algoritmo que serializa una clase en C# y lo convierte en un archivo. En la Figura 131 se muestra el *GameObject* “*Player Save*”, el cual considera una forma de encriptación con una contraseña para fortalecer el riesgo de modificación voluntaria de datos.



**Figura 131. GameObject de guardado de datos del usuario**  
Fuente: elaboración propia

Ejecutado el algoritmo al final del intento, se genera un archivo en la carpeta persistente del dispositivo donde se ejecuta el videojuego. En la Figura 132 se muestra el archivo generado llamado “*player\_save.dat*”



**Figura 132. Archivo generado en la carpeta persistente del dispositivo**  
Fuente: elaboración propia

Para guardar los datos en la nube, se utilizó un evento personalizado en

Unity Analytics encargado de enviar los valores de medición de efectividad y eficiencia. En la Figura 133 se muestra el evento personalizado para Unity Analytics.

```
public void SessionFinished(string playerID, int machineId, string version,
    float goalCompleteness, float goalTime, float timeEfficiency)
{
    customEventParams.Clear();
    customEventParams.Add("player_id", playerID);
    customEventParams.Add("machine_id", machineId);
    customEventParams.Add("version", version);
    customEventParams.Add("goal_completeness", goalCompleteness);
    customEventParams.Add("goal_time", goalTime);
    customEventParams.Add("time_efficiency", timeEfficiency);

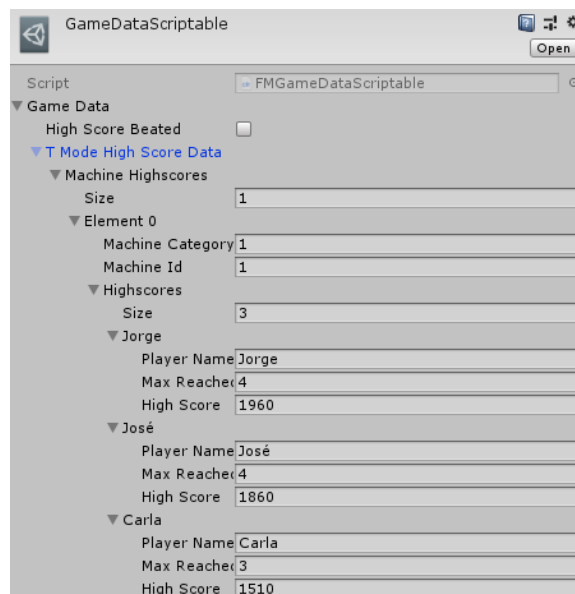
    AnalyticsResult eventResult = AnalyticsEvent.Custom("minigame_session_finished",
        customEventParams);

    Debug.LogFormat("Custom event fired => {0}", eventResult);
}
```

**Figura 133. Evento personalizado para Unity Analytics**  
Fuente: elaboración propia

#### 5.1.10.2. Tabla de mejores resultados

Igualmente, para guardar los mejores resultados, se utilizó un *ScriptableObject* como receptáculo de los datos requeridos. En la Figura 134 se muestra el *ScriptableObject* de los mejores resultados.



**Figura 134. ScriptableObject de los mejores resultados**  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 135 se muestra el panel donde se visualizan los mejores resultados en orden por mayor puntaje.

HIGH SCORES		
1	JORGE	1960
2	JOSÉ	1860
3	CARLA	1510

**Figura 135. Panel de los mejores resultados**  
Fuente: elaboración propia

Finalmente, para guardar los mejores resultados en la nube, se utilizó el sistema de *Leaderboards* de *PlayFab*. En la Figura 136 se muestra el *leaderboard* “*Highscore*” en la plataforma web de *Playfab*.

PLAYFAB | Maranatha2031 | Future Machine | ntkodaigo@outlook.com

Dashboard | Leaderboards | Prize Tables

Highscore  
Maximum (always use the highest value)

EDIT LEADERBOARD | RESET NOW

Leaderboards > Highscore

Leaderboard: No results found

History (resets manually)

Version	Start	End	Archive log
0	Mar 12, 2019 8:55 PM		

**Figura 136. Leaderboard “Highscore”**  
Fuente: elaboración propia

### 5.1.11. Mundo de juego

A continuación, se describe la construcción del videojuego relacionada con la historia de usuario RF-2018-0019.

Para fortalecer la ilusión de presencia y lugar se diseñó el mundo virtual donde el usuario pasa la mayor parte del tiempo al desafiar los minijuegos. Es un lugar con estilo artístico cúbico, con el propósito de brindar tranquilidad al usuario, hay mucha vegetación, hay un mar cerca, hay varias islas alrededor. En la Figura 137 se muestra la isla del planeta “*Kubika*”, adicionalmente se añadió sonidos de ambiente ambisónicos 3D y otros efectos de sonidos emitidos por el algoritmo espacializador (*spatializer*) de *Oculus*, que brinda una sensación de sonido 3D más precisa.

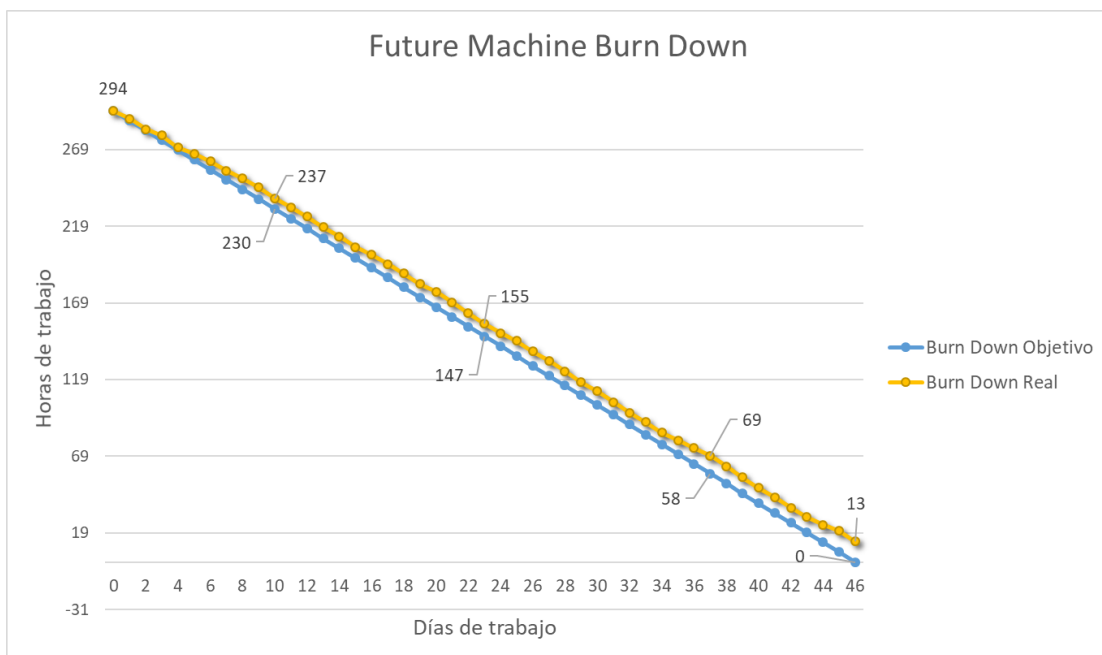




**Figura 137. Mundo virtual**  
**Fuente: elaboración propia**

### 5.1.12. Gráfico *Burn Down*

En la Figura 138, se muestra el gráfico *Burn Down* de todo el proyecto. En él se puede identificar un pequeño desfase de 13 horas de trabajo (un poco más de 2 días) hasta el final del tiempo planificado antes del desarrollo de las pruebas, que no permitieron finalizar completamente dos historias de usuario relacionadas con la selección de minijuegos y la selección de *slots* de datos en un mismo dispositivo. Sin embargo, estas historias de usuario no generaban un impacto negativo en el desarrollo de las pruebas, por lo que se continuó sin contar con ellas.



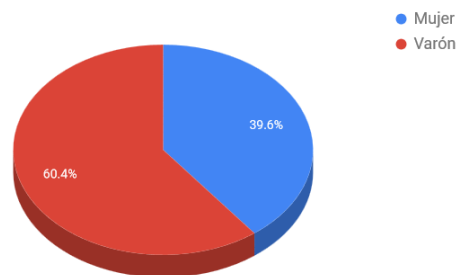
**Figura 138. Gráfico *Burn Down* del proyecto**  
**Fuente: elaboración propia**

## 5.2. Pruebas y resultados

Se llevaron a cabo pruebas y encuestas de jugabilidad para determinar la aprobación de *Future Machine* por parte de los usuarios.

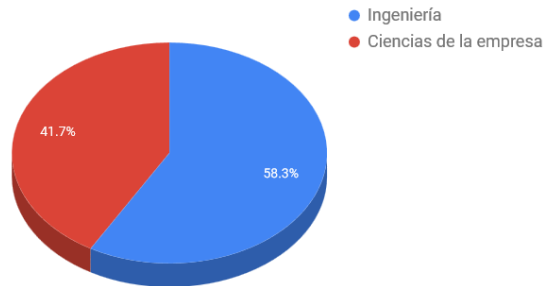
Las pruebas se desarrollaron en tres partes, la primera fue una prueba de 12 preguntas en papel de 15 minutos de duración (Anexo 6) para determinar las habilidades de visualización espacial de los participantes. Las preguntas fueron obtenidas aleatoriamente desde el videojuego con la finalidad de compararlos con este mismo en la pregunta de preferencia de la encuesta posterior. La segunda parte consistió en el uso del videojuego, el cual almacena algunos datos para calcular la efectividad y eficiencia del entrenamiento, debido al número limitado de equipos *Oculus Rift* con los que se contaba, la mayor parte de los participantes utilizaron la versión para computadoras personales sin realidad virtual. Finalmente se realizó una encuesta posterior para determinar la seguridad o libertad de riesgos y satisfacción (Anexo 5), divididos en dos instancias de la misma encuesta separados por las personas que utilizaron la versión con y sin realidad virtual.

Las pruebas se realizaron a 48 estudiantes, que en su mayoría eran estudiantes de Cepre de la Universidad Continental de diversas carreras de Ingeniería y Ciencias de la Empresa, entre ellos el 60.4 % eran varones y el 39.6 % mujeres.



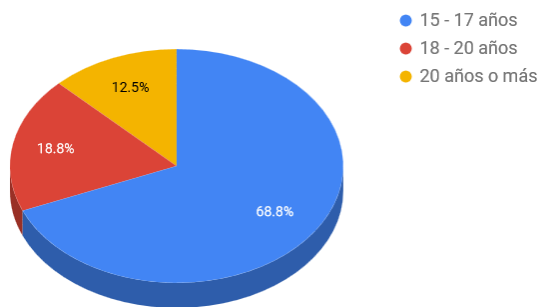
**Figura 139. Pregunta 1 – Género del participante**  
**Fuente: elaboración propia**

De los cuales 58.3 % eran de Ingeniería y 41.7 % de Ciencias de la Empresa.



**Figura 140. Pregunta 2 – Facultad del participante**  
 Fuente: elaboración propia

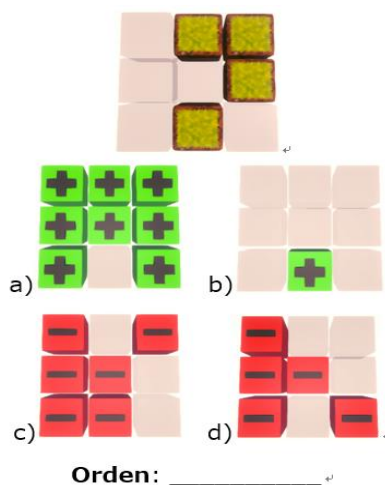
Y por rangos de edad, 65.8 % era de 15 -17 años, el 18.8 % entre 18 – 20 años y el 12.5 % de 20 años o más.



**Figura 141. Pregunta 3 – Edad del participante**  
 Fuente: elaboración propia

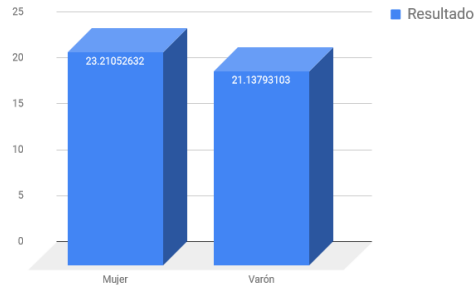
### 5.2.1. Visualización espacial

La prueba en papel de 12 preguntas (Anexo 6) con dificultad en aumento tuvo un puntaje **máximo de 30 puntos**, la puntuación se dividió en 4 grupos de 3 preguntas, donde el primer grupo puntúa 1 punto y el último 4 puntos. En la Figura 142 se muestra un modelo de pregunta de visualización espacial del grupo 2:



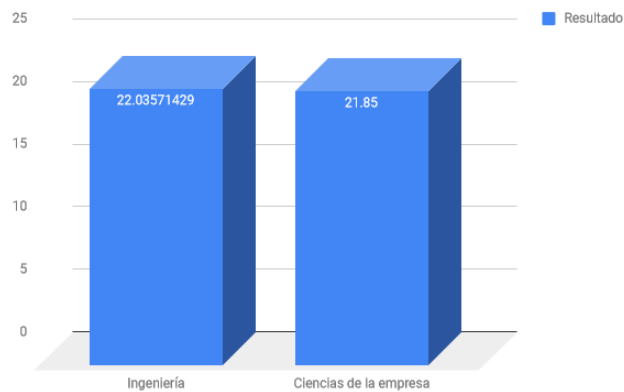
**Figura 142. Modelo de pregunta de visualización espacial**  
 Fuente: elaboración propia

En la Figura 143 se muestran los resultados promedio separados por género, donde las mujeres tuvieron un mayor puntaje de diferencia de 2.7 puntos más que los varones:



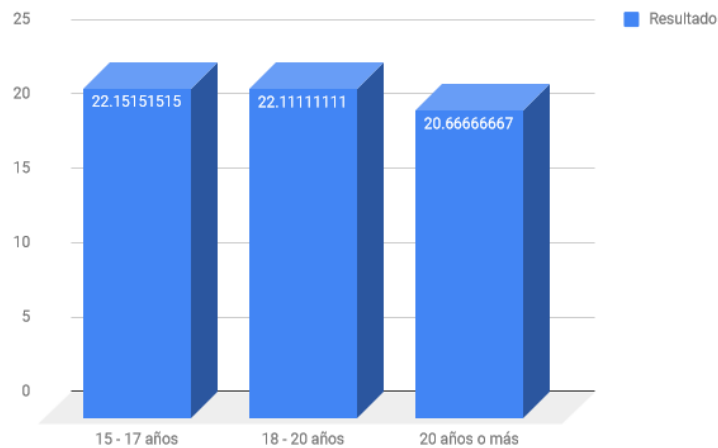
**Figura 143. Resultados de la prueba de visualización espacial por género**  
Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la facultad, Ingeniería superó por solo unos 0.19 puntos a Ciencias de la Empresa (Figura 144).



**Figura 144. Resultados de la prueba de visualización espacial por facultad**  
Fuente: elaboración propia

Y de acuerdo a la edad, los más jóvenes tuvieron un resultado ligeramente superior, con una diferencia de 1.5 puntos (Figura 145):



**Figura 145. Resultados de la prueba de visualización espacial por edad**  
Fuente: elaboración propia

Adicionalmente se obtuvieron los siguientes resultados:

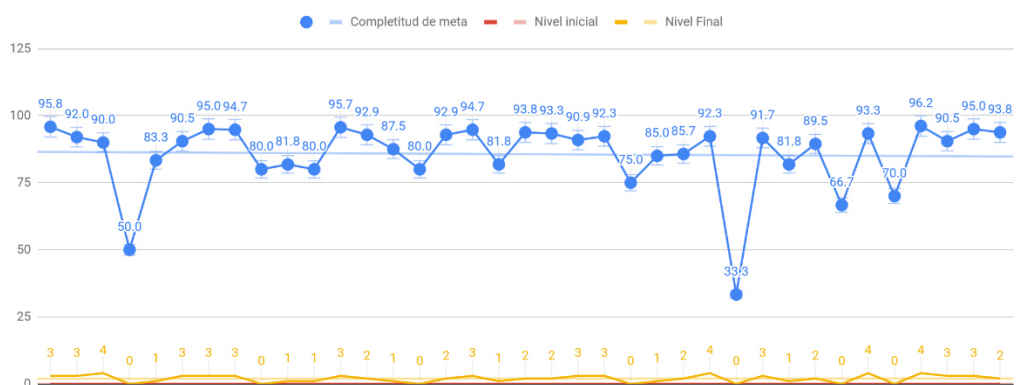
- El 41.6 % de los participantes obtuvieron un resultado mayor al 80 % del total.
- El 16.6 % de los participantes obtuvieron un resultado menor al 50 % del total.

En general se obtuvieron resultados elevados en esta prueba de visualización espacial, aunque se notaron problemas al comienzo, al momento de entender las preguntas y cómo resolverlas espacialmente. Sin embargo, una vez comprendido, la mayoría hizo un buen trabajo, aunque se notaba que casi nadie conocía la verdadera importancia de las habilidades espaciales.

### 5.2.2. Efectividad

Se midió la efectividad del entrenamiento en forma de “Complejidad de la meta” donde valores más grandes significa un mejor resultado. Para ello se tuvo en cuenta: el número total de preguntas y entre ellas las que el usuario completó correctamente, además el nivel inicial y final alcanzado.

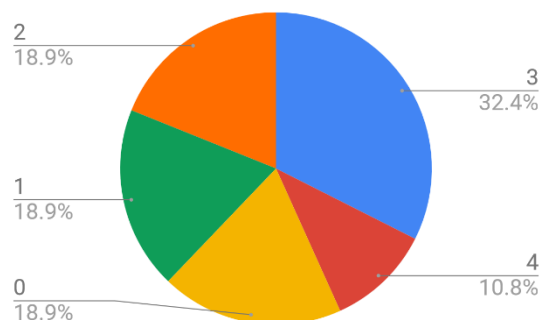
En la Figura 146 se muestra los resultados del primer intento donde se aprecia valores muy buenos de completitud de meta, lo que demuestra que en general entendieron cómo jugar. La media de la completitud de la meta en el primer intento fue de 90.5 %.



**Figura 146. Resultados de completitud de la meta del primer intento**  
**Fuente: elaboración propia**

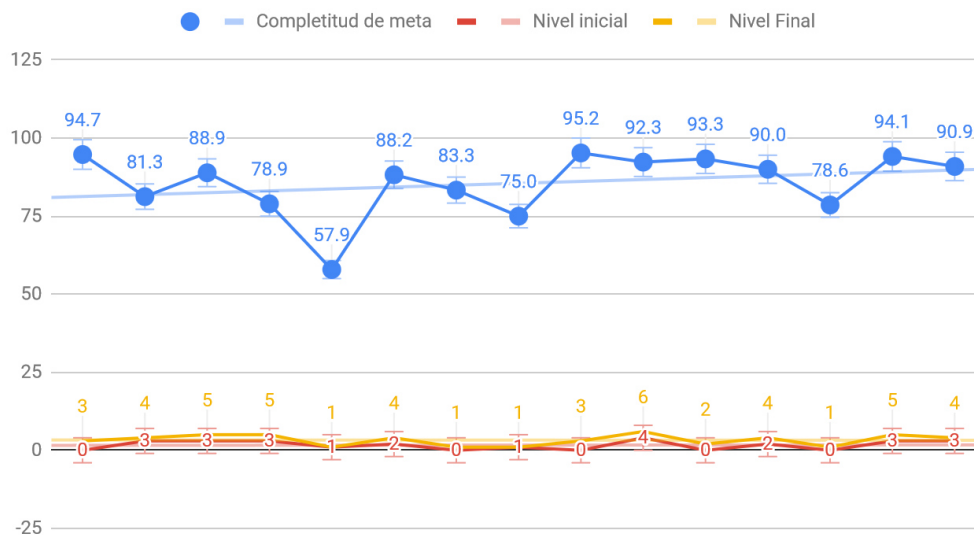
En la Figura 147 se muestra el número de niveles de dificultad avanzados en el primer intento: el 32.4 % del total subieron 3 niveles, el 18.9 % subieron

2, 1 y ningún nivel, y el 10.8 % subieron 4 niveles. Esto demuestra un entrenamiento efectivo en un solo intento del minijuego, ya que a pesar del incremento de dificultad el cual requiere resolver varias preguntas correctas consecutivamente, los participantes mantuvieron su nivel de completitud de la meta.



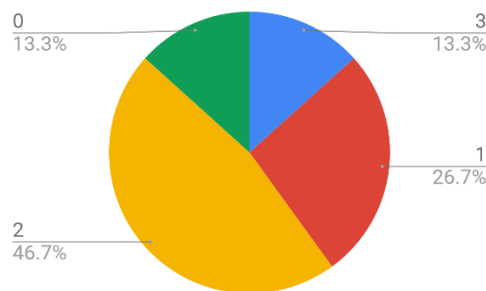
**Figura 147. Niveles de dificultad avanzados en el primer intento**  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 148 se muestran los resultados del segundo intento donde se aprecia una vez más, valores elevados de completitud de la meta. La media de la completitud de la meta en el segundo intento fue de 88.9 %.



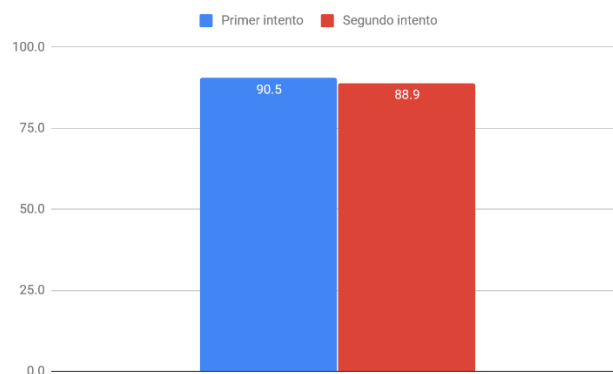
**Figura 148. Resultados de Completitud de la meta del segundo intento**  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 149 se muestra el número de niveles de dificultad avanzados en el segundo intento: el 46.7 % del total subió 2 niveles, el 26.7 % subió 1 nivel, y el 13.3 % subió 3 y ningún nivel.



**Figura 149. Niveles de dificultad avanzados en el primer intento**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 150 se muestra la diferencia entre las medias del primer y segundo intento, el segundo intento es menor en 1.6% frente al primer intento. Esto probablemente se debió al incremento de dificultad, que era lo que se esperaba.

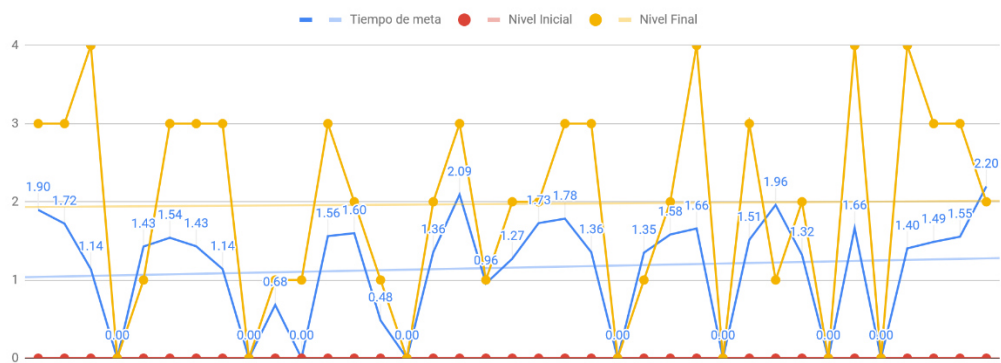


**Figura 150. Completitud de la meta en el primer y segundo intento**  
**Fuente: elaboración propia**

### 5.2.3. Eficiencia

Se midió la eficiencia del entrenamiento en forma de “Tiempo de meta” y “Eficiencia basada en tiempo”, donde valores más pequeños y valores más grandes respectivamente, significan un mejor resultado.

En la Figura 151 se muestran los resultados de tiempo de meta del primer intento donde se muestra un patrón, mientras se sube de nivel el tiempo, el de meta también aumenta. La media del tiempo de meta en el primer intento fue de 1.4 segundos, lo que muestra una reacción bastante rápida de los participantes.



**Figura 151. Resultados de tiempo de meta del primer intento**  
**Fuente: elaboración propia**

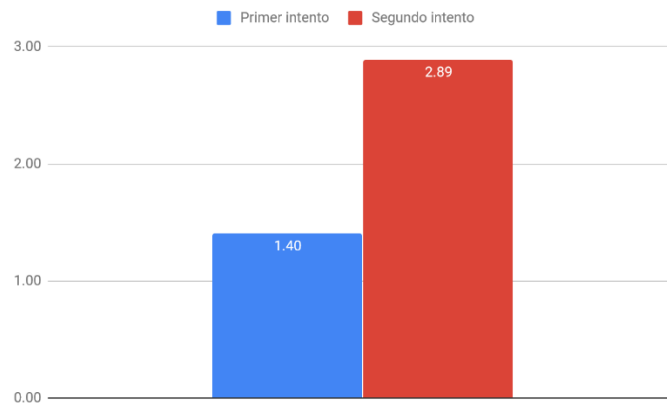
En la Figura 152 se muestra los resultados de tiempo de meta del segundo intento donde se aprecia una vez más el mismo patrón y una reacción bastante rápida de los participantes a pesar del incremento de dificultad lo que demuestra que el entrenamiento es eficiente para el usuario. La media del tiempo de meta en el segundo intento fue de 2.89 segundos.



**Figura 152. Resultados de tiempo de meta del segundo intento**  
**Fuente: elaboración propia**

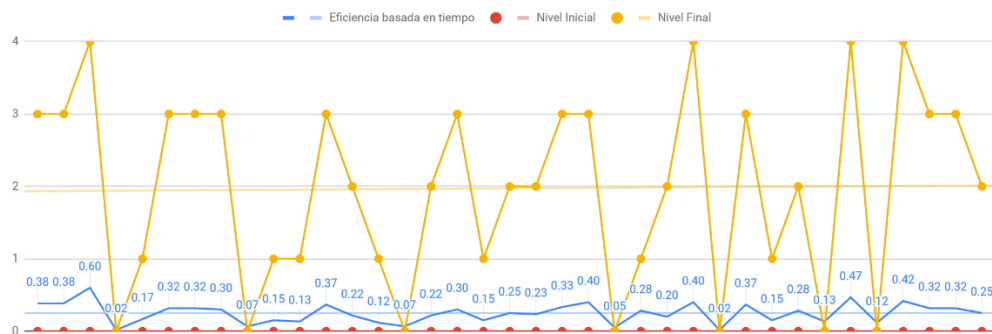
En la Figura 153 se muestra la diferencia entre las medias de tiempo de meta del primer y segundo intento, el segundo intento es menor en 1.49 segundos frente al primer intento. Esto seguramente se debió al incremento de dificultad, ya que se necesita un poco más de tiempo para resolver problemas más complejos.





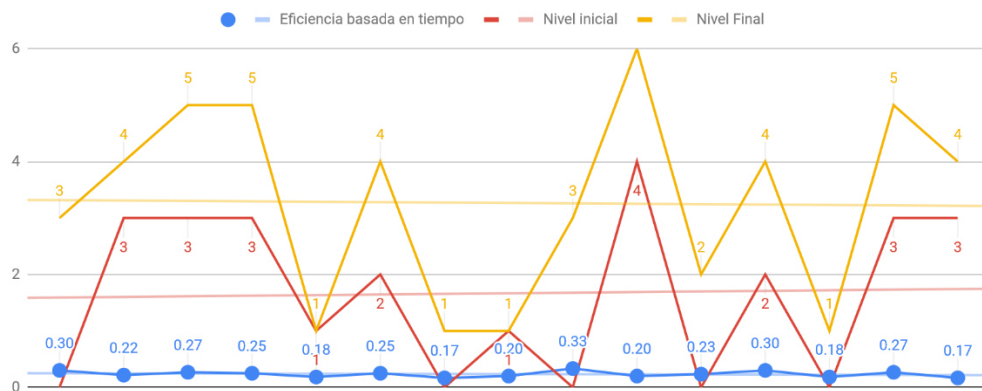
**Figura 153. Tiempo de meta en el primer y segundo intento**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 154 se muestran los resultados de eficiencia basada en tiempo del primer intento donde se muestra otro patrón, mientras se sube de nivel la eficiencia basada en tiempo, en la forma de preguntas resueltas correctamente por segundo, también aumenta. La media de la eficiencia basada en tiempo en el primer intento fue de 0.25 preguntas resueltas correctamente por segundo.



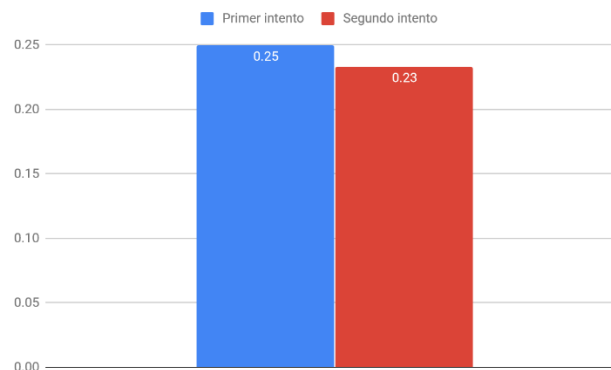
**Figura 154. Resultados de eficiencia basada en tiempo del primer intento**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 155 se muestran los resultados de la eficiencia basada en tiempo del segundo intento donde se aprecia el mismo patrón, pero por la escala pequeña no se nota a simple vista. Este patrón muestra que se requiere resolver más problemas correctamente mientras se sube de nivel, lo que demuestra la eficiencia del entrenamiento para el usuario. La media de la eficiencia basada en tiempo en el segundo intento fue de 0.23 preguntas resueltas correctamente por segundo.



**Figura 155. Resultados de tiempo de meta del segundo intento**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 156 se muestra la diferencia entre las medias de la eficiencia basada en tiempo del primer y segundo intento, el segundo intento es menor en solo 0.02 frente al primer intento, siendo esta diferencia casi indiferente. Lo que demuestra una vez más la relación encontrada, de que se necesita resolver más problemas correctamente mientras se sube el nivel de dificultad.



**Figura 156. Eficiencia basada en tiempo en el primer y segundo intento**  
**Fuente: elaboración propia**

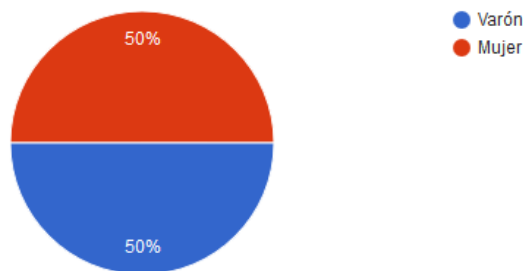
### 5.2.4. Satisfacción

Para medir la satisfacción del entrenamiento se realizó una encuesta separada en dos grupos, los que usaron la versión sin realidad virtual y con realidad virtual.

#### 5.2.4.1. Perfil de jugador (No RV)

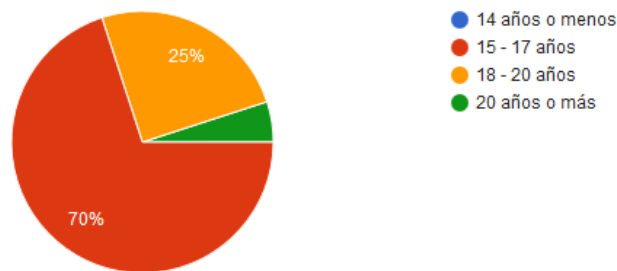
A continuación, se revisan las preguntas de perfil a los participantes que usaron la versión sin realidad virtual.

En la pregunta 1 se obtuvo que el 50 % de los encuestados eran varones y el otro 50 % mujeres.



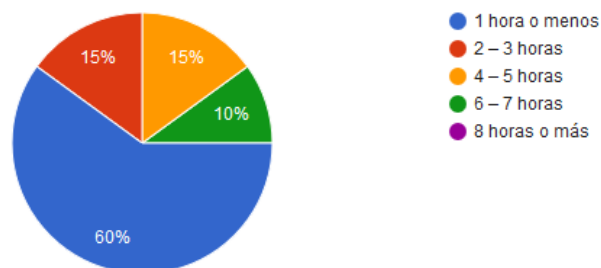
**Figura 157. Pregunta 1 (No RV) - Género**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 2 se obtuvo que el 70 % de los encuestados tenían entre 15 a 17 años, el 25 % entre 18 a 20 años y el 5 % 20 años o más. Mostrando participantes muy jóvenes.



**Figura 158. Pregunta 2 (No RV) - Edad**  
**Fuente: elaboración propia**

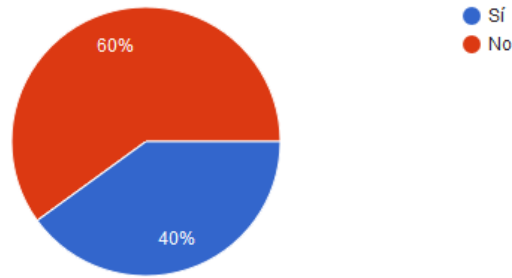
En la pregunta 3 se obtuvo que el 60 % de los encuestados dedicaban 1 hora o menos en videojuegos a la semana, mientras que el restante 40 % dedicaban de 2 a 7 horas a la semana. En general la mayoría no tiene perfil de jugador.



**Figura 159. Pregunta 3 (No RV) - Horas dedicadas a videojuego en una semana**  
**Fuente: elaboración propia**

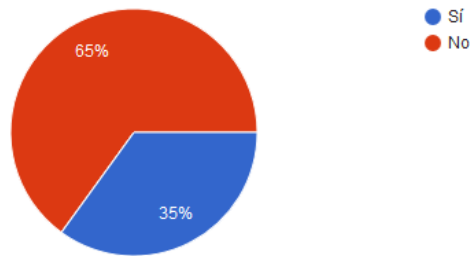
En la pregunta 4 se obtuvo que el 60 % de los encuestados no tenía experiencia en videojuegos de inteligencia, mientras el 40 % sí lo tenía. Esto puede significar que esos tipos de videojuegos tienen acogida media entre los

no jugadores.



**Figura 160. Pregunta 4 (No RV) - ¿Tiene experiencia en videojuegos de inteligencias? (como Neuronation, Luminosity, Elevate, Happy Neuron. etc)**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 5 se obtuvo que el 35 % de los encuestados habían usado antes alguna aplicación de realidad virtual, lo que indica que la realidad virtual se está haciendo conocida y varias personas tienen acceso a él.

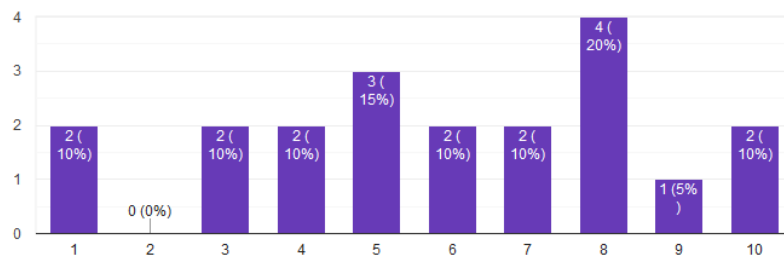


**Figura 161. Pregunta 5 (No RV) - ¿Ha usado antes aplicaciones para plataformas de Realidad Virtual?**  
**Fuente: elaboración propia**

#### 5.2.4.2. Satisfacción del entrenamiento (No RV)

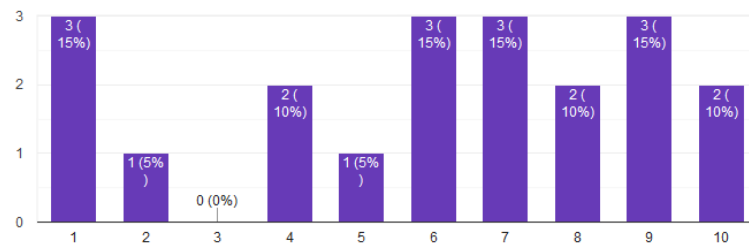
A continuación, se revisan las preguntas de satisfacción a los participantes que usaron la versión sin realidad virtual.

En la pregunta 6 se obtuvo que el 55 % de los encuestados consideran que las mecánicas fueron interesantes y divertidas, dándole un puntaje mayor a 5.



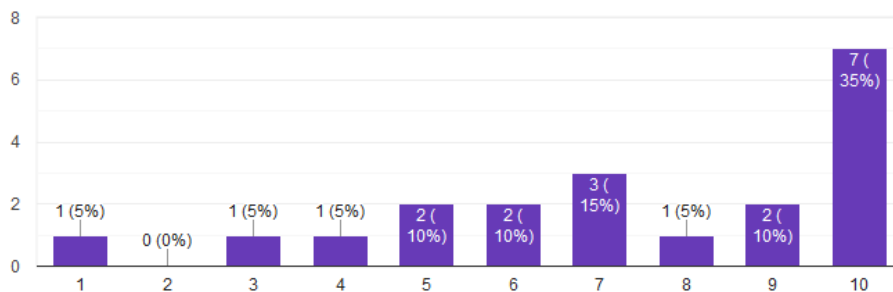
**Figura 162. Pregunta 6 (No RV) - ¿Las mecánicas le parecieron divertidas e interesantes? (las reglas, las opciones, el mundo, la dificultad)?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 7 se obtuvo que el 65 % de los encuestados volvería a utilizar el videojuego, dándole un puntaje mayor a 5.



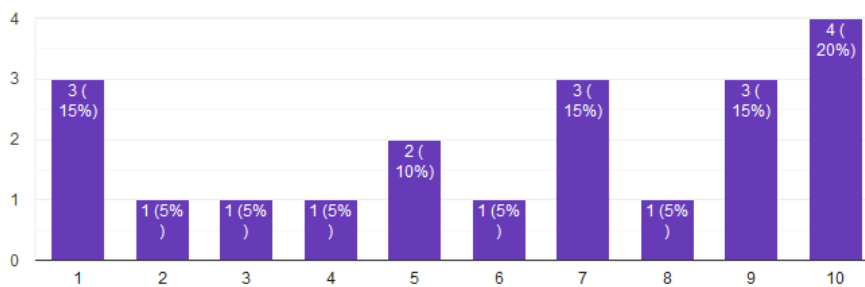
**Figura 163. Pregunta 7 (No RV) - ¿Volvería a utilizar el videojuego?**  
Fuente: elaboración propia

En la pregunta 8 se obtuvo que el 75 % de los participantes calificaron el videojuego como fácil de aprender, dándole un puntaje mayor a 5.



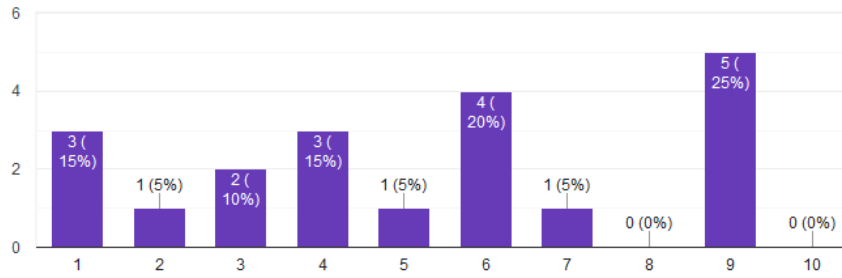
**Figura 164. Pregunta 8 (No RV) - ¿El juego le pareció fácil de aprender?**  
Fuente: elaboración propia

En la pregunta 8 se obtuvo que el 60 % de los encuestados consideran que el juego tuvo diferentes niveles de dificultad, dándole un puntaje mayor a 5.



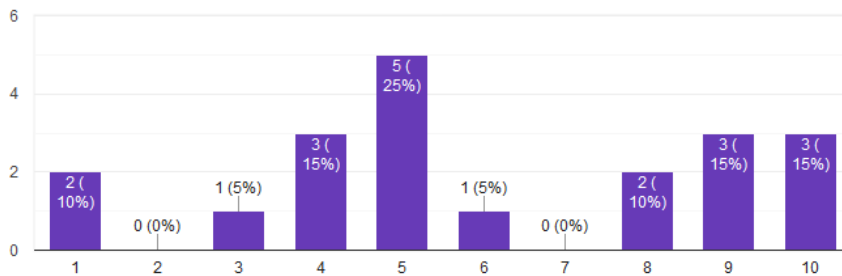
**Figura 165. Pregunta 9 (No RV) - ¿El juego tuvo diferentes niveles de dificultad que se adaptó a sus habilidades?**  
Fuente: elaboración propia

En la pregunta 10 se obtuvo que el 50 % de los encuestados consideraron que el videojuego tuvo diversidad en su contenido, dándole un puntaje mayor a 5.



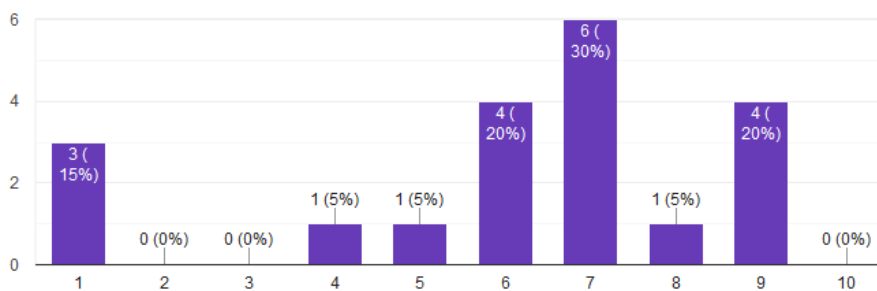
**Figura 166. Pregunta 10 (No RV) - ¿El videojuego tuvo diversidad (el mundo, los diálogos, los desafíos)?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 11 se obtuvo que el 45 % de los participantes consideraron que el videojuego usó correctamente el teclado para controlar el juego, dándole un puntaje mayor a 5.



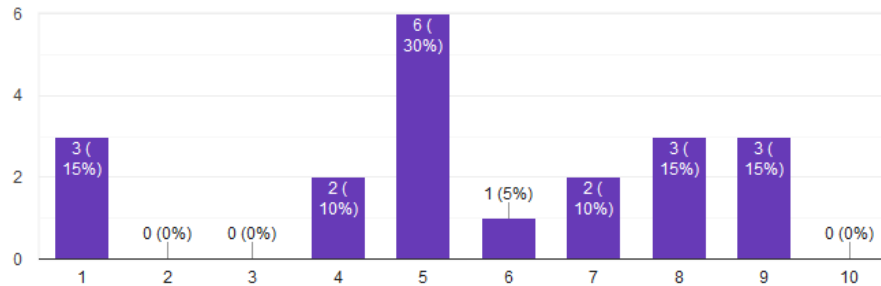
**Figura 167. Pregunta 11 (No RV) - ¿El videojuego usó correctamente el dispositivo para el cual fue desarrollado (teclado o controles touch de Oculus)?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 12 se obtuvo que el 75 % de los encuestados piensan que el videojuego ofreció ayuda, dándole un puntaje mayor a 5.



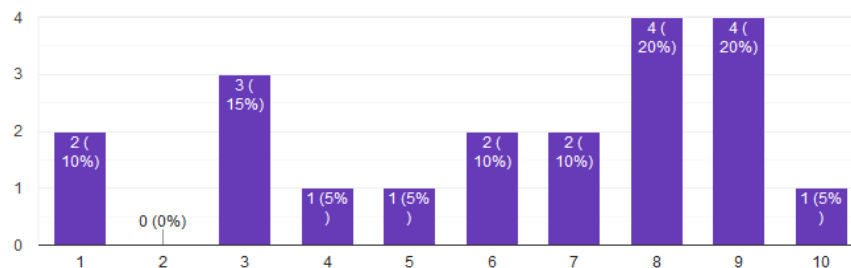
**Figura 168. Pregunta 12 (No RV) - ¿El juego les ofreció ayuda textual y dinámica a los retos presentados?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 13 se obtuvo que el 45 % de los participantes piensa que el videojuego le permitió interactuar con el mundo, dándole un puntaje mayor a 5.



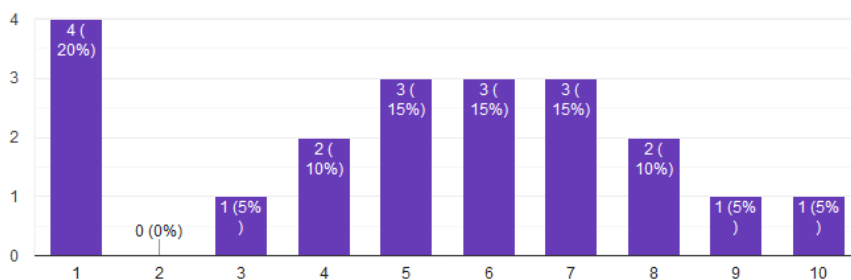
**Figura 169. Pregunta 13 (No RV) - ¿El juego le permitió interactuar con los diferentes elementos del mundo virtual?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 14 se obtuvo que el 65 % de los participantes consideran que el videojuego tuvo respuesta inmediata a sus acciones, dándole un puntaje mayor a 5.



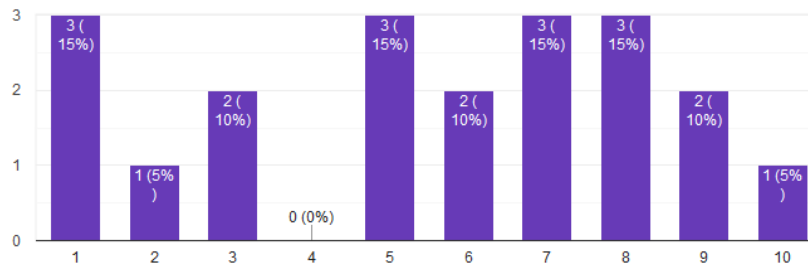
**Figura 170. Pregunta 14 (No RV) - ¿Los movimientos que realizó con el teclado o los touch de oculus se plasmaron inmediatamente en el videojuego y fueron precisos?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 15 se obtuvo que el 50 % de los participantes consideraron que el videojuego no percibió caídas de cuadros por segundo (FPS), esto se debió a que algunas computadoras usadas necesitaban mantenimiento.



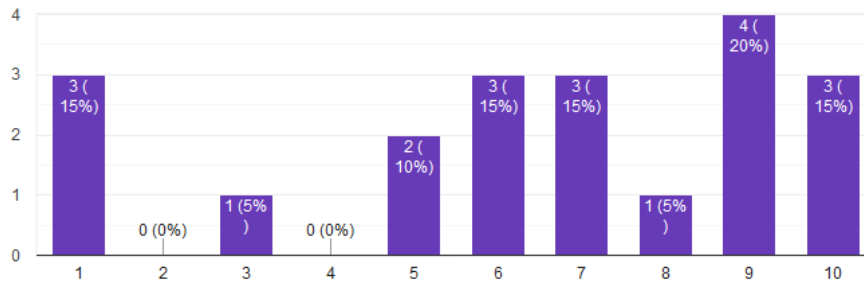
**Figura 171. Pregunta 15 (No RV) - No se percibieron caídas o lentitud en las animaciones al interactuar con un gran número de elementos**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 16 se obtuvo que el 55 % de los encuestados piensan que la cámara les ayudó a captar la acción del juego correctamente, dándole un puntaje mayor a 5.



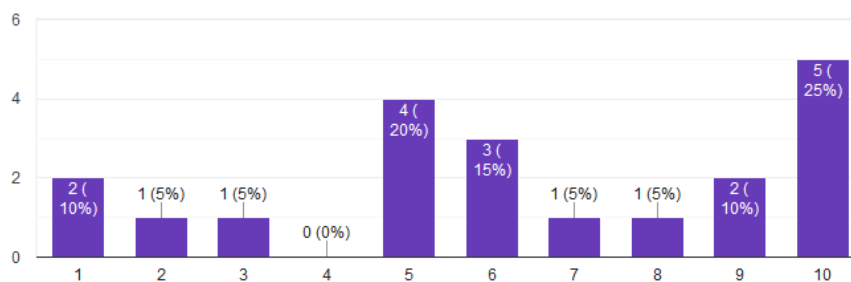
**Figura 172. Pregunta 16 (No RV) - ¿El sistema de cámara le ayudó a captar correctamente la acción del juego?**  
Fuente: elaboración propia

En la pregunta 17 se obtuvo que el 70 % de los participantes consideraron que el sistema de control, y elementos de interfaz diegética fueron atractivos, dándole un puntaje mayor a 5.



**Figura 173. Pregunta 17 (No RV) - ¿El sistema de control (botones), paneles y diálogos le parecieron atractivos?**  
Fuente: elaboración propia

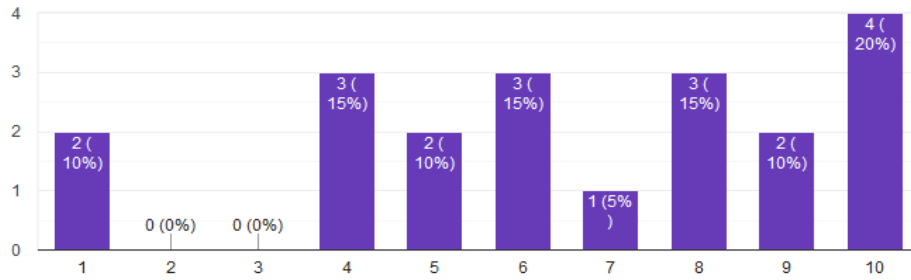
En la pregunta 18 se obtuvo que el 50 % de los encuestados consideraron que fue fácil de aprender y memorizar los controles, dándole un puntaje mayor a 5.



**Figura 174. Pregunta 18 (No RV) - ¿Fue fácil aprender y memorizar los controles (teclado o touch de Oculus)?**  
Fuente: elaboración propia

En la pregunta 19 se obtuvo que el 65 % de los encuestados consideraron que el sistema le mostró retroalimentación inmediata, dándole un puntaje mayor a 5.

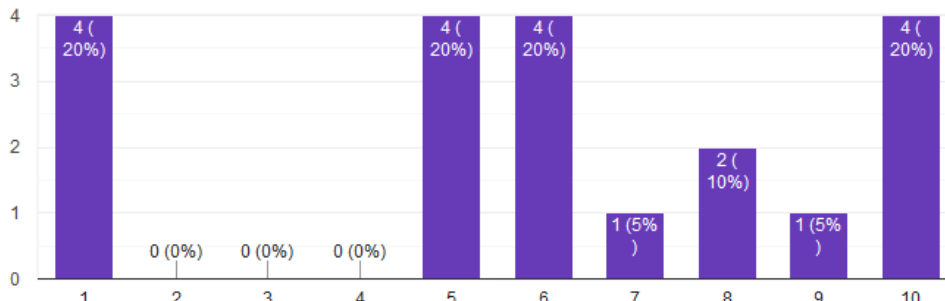




**Figura 175. Pregunta 19 (No RV) - ¿El sistema le mostró retroalimentación (estado, puntuación, acciones correctas e incorrectas) por cada acción que realizó cuando fue debido?**

**Fuente: elaboración propia**

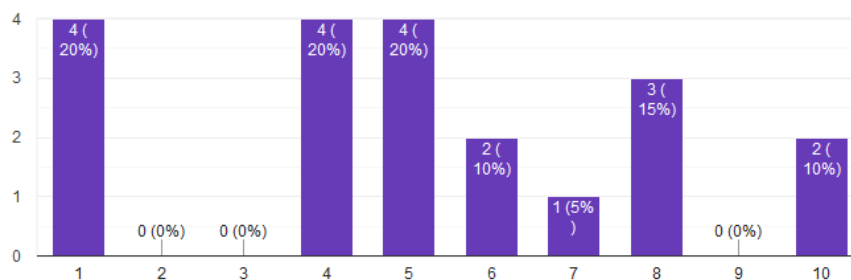
En la pregunta 20 se obtuvo que el 60 % de los encuestados consideraron que los colores y sonidos tuvieron sentido, dándole un puntaje mayor a 5.



**Figura 176. Pregunta 20 (No RV) - ¿El uso de colores y sonidos fue adecuado a las acciones del juego y al mundo virtual?**

**Fuente: elaboración propia**

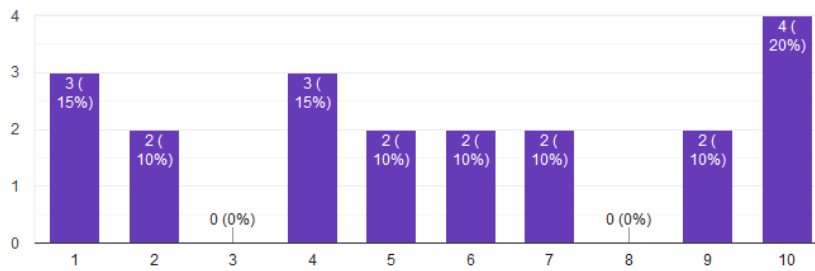
En la pregunta 21 se obtuvo que el 40 % de los encuestados consideraron que los elementos visuales y sonoros fueron de su agrado, dándole un puntaje mayor a 5.



**Figura 177. Pregunta 21 (No RV) - ¿Los elementos visuales y sonoros fueron de su agrado?**

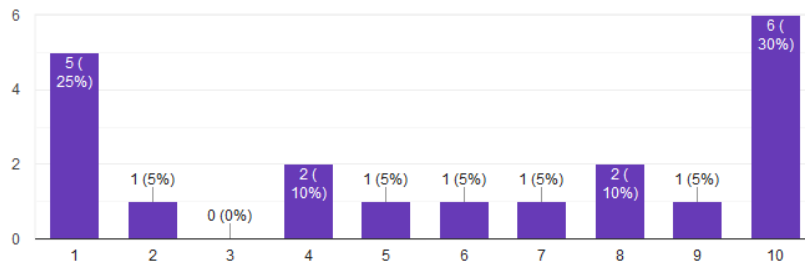
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 22 se obtuvo que el 50 % de los encuestados consideraron que les interesaría invertir su tiempo y completar el videojuego, dándole un puntaje mayor a 5.



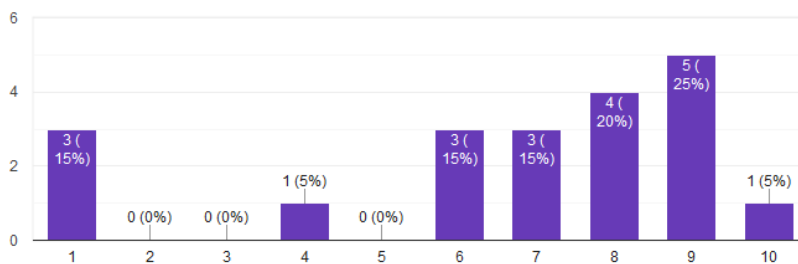
**Figura 178. Pregunta 22 (No RV) - ¿Le interesaría invertir su tiempo y llegar al nivel final de videojuego?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 23 se obtuvo que el 55 % de los encuestados consideraron que prefieren el videojuego frente a la prueba de papel, dándole un puntaje mayor a 5.



**Figura 179. Pregunta 23 (No RV) - ¿Si tuviera que elegir preferiría el videojuego frente a la prueba en papel?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 24 se obtuvo que el 80 % de los encuestados tuvieron una valoración positiva final del videojuego, dándole un puntaje mayor a 5.



**Figura 180. Pregunta 24 (No RV) - ¿Cuál es su valoración final del videojuego?**  
**Fuente: elaboración propia**

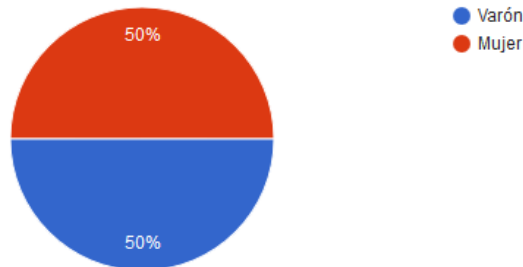
En general el videojuego tuvo una buena acogida en la versión sin realidad virtual, más del 50 % en casi todas las preguntas. De esta encuesta podemos sacar que hay varios puntos en las cuales se puede mejorar, teniendo más consideración en: mejor aprovechamiento del dispositivo de entrada (teclado y *mouse*), mayor interacción con el mundo y mejores gráficos y sonidos. También se detectó que algunos de los participantes consideraban que

algunas preguntas eran muy fáciles, probablemente esto se debió a que ninguno de ellos llegó al nivel final, pero también podría ser indicación que se debe volver a revisar y balancear la curva de dificultad.

#### 5.2.4.3. Perfil de jugador (RV)

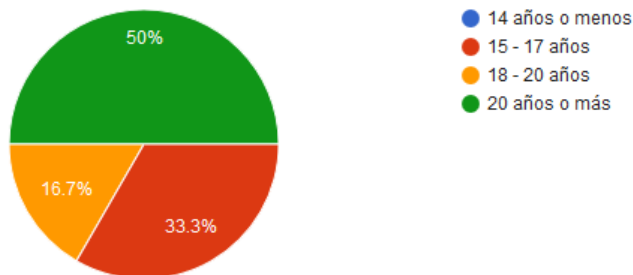
A continuación, se revisan las preguntas de perfil a los participantes que usaron la versión sin realidad virtual.

En la pregunta 1 se obtuvo que el 50 % de los encuestados eran varones y el otro 50 % mujeres.



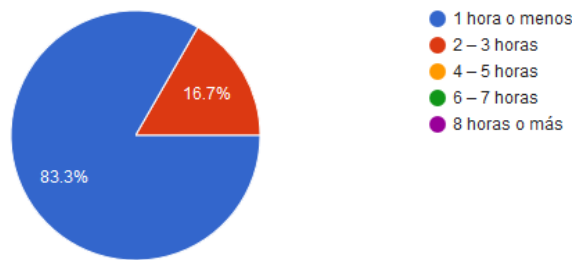
**Figura 181. Pregunta 1 (RV) - Género**  
Fuente: elaboración propia

En la pregunta 2 se obtuvo que el 50 % de los encuestados eran mayores de 20 años, y el restante 50 % menores a 20 años, resultando en un grupo joven.



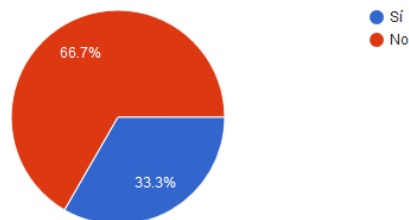
**Figura 182. Pregunta 2 (RV) - Edad**  
Fuente: elaboración propia

En la pregunta 3 se obtuvo que el 83.3 % de los encuestados dedicaban 1 hora o menos en videojuegos a la semana, teniendo un grupo de no jugadores.



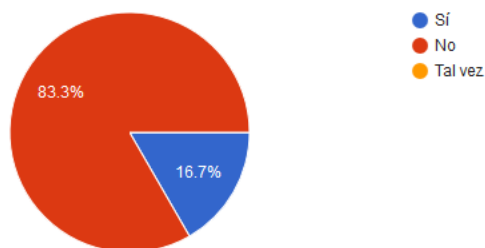
**Figura 183. Pregunta 3 (RV) - Horas dedicadas a videojuego en una semana Fuente: Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 4 se obtuvo que el 66.7 % de los encuestados no tenía experiencia en videojuego de inteligencias, lo que denota que hay un buen porcentaje, pero menor al 50 %, que les interesa estos tipos de videojuegos.



**Figura 184. Pregunta 4 (RV) - ¿Tiene experiencia en videojuegos de inteligencias? (como Neuronation, Luminosity, Elevate, Happy Neuron. etc) Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 5 se obtuvo que el 83.3 % de los encuestados no utilizaron ninguna plataforma de realidad virtual antes. Para la mayoría en este grupo fue la primera vez que utilizaron un dispositivo de realidad virtual.

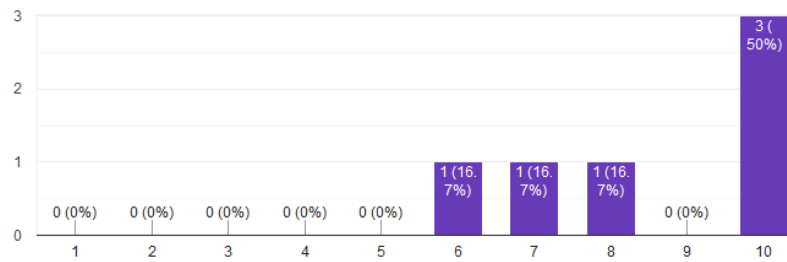


**Figura 185. Pregunta 5 (RV) - ¿Ha usado antes aplicaciones para plataformas de Realidad Virtual? Fuente: elaboración propia**

#### 5.2.4.4. Satisfacción del entrenamiento (RV)

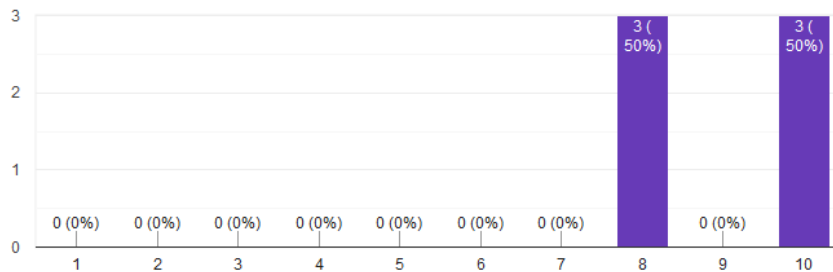
A continuación, se revisan las preguntas de satisfacción a los participantes que usaron la versión para la plataforma de realidad virtual, *Oculus Rift*.

En la pregunta 6 se obtuvo que el 57 % de los encuestados consideraron que las mecánicas fueron divertidas e interesantes, dándole un puntaje mayor a 7.



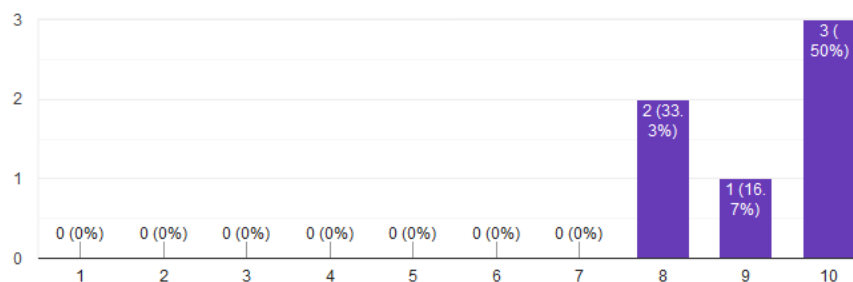
**Figura 186. Pregunta 6 (RV) - ¿Las mecánicas le parecieron divertidas e interesantes? (las reglas, las opciones, el mundo, la dificultad)?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 7 se obtuvo que todos los encuestados consideraron que volverían a utilizar el videojuego, dándole un puntaje mayor a 5.



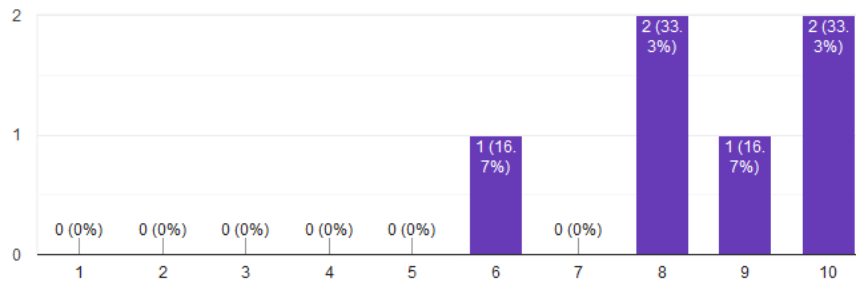
**Figura 187. Pregunta 7 (RV) - ¿Volvería a utilizar el videojuego?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 8 se obtuvo que el 57 % de los encuestados consideraron que el videojuego fue fácil de aprender, dándole un puntaje mayor a 8.



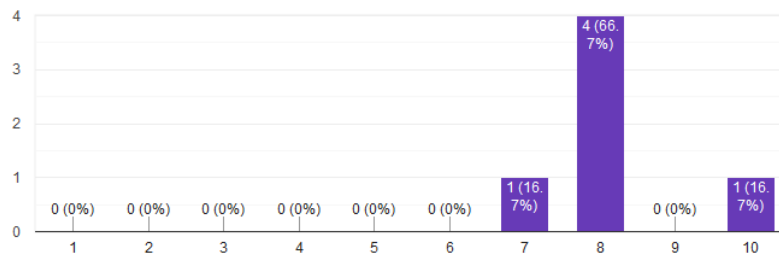
**Figura 188. Pregunta 8 (RV) - ¿El juego le pareció fácil de aprender?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 9 se obtuvo que el 83.3 % de los encuestados consideraron que el videojuego contaba con varios niveles de dificultad, dándole un puntaje mayor a 7.



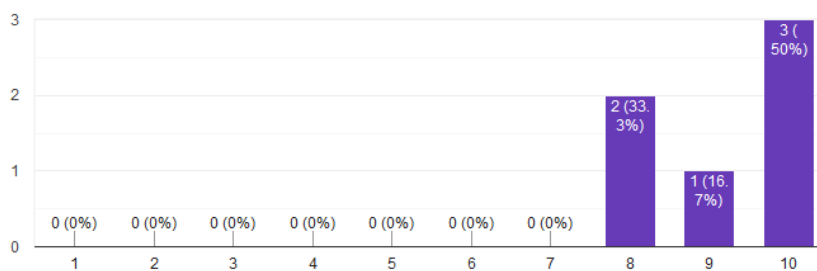
**Figura 189. Pregunta 9 (RV) - ¿El juego tuvo diferentes niveles de dificultad que se adaptó a sus habilidades?**  
Fuente: elaboración propia

En la pregunta 10 se obtuvo que el 83.3 % de los encuestados consideraron que el videojuego tuvo diversidad de contenido, dándole un puntaje mayor a 7.



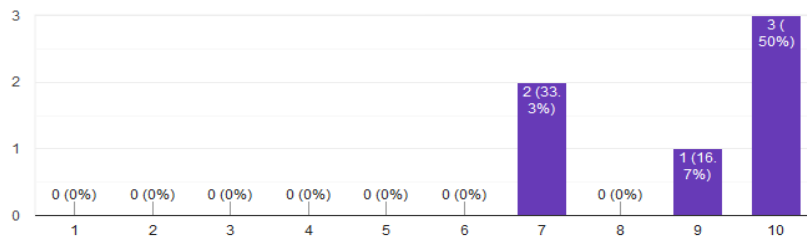
**Figura 190. Pregunta 10 (RV) - ¿El videojuego tuvo diversidad (el mundo, los diálogos, los desafíos)?**  
Fuente: elaboración propia

En la pregunta 11 se obtuvo que el 57 % de los encuestados consideraron que el videojuego usó correctamente el *Oculus Rift*, dándole un puntaje mayor a 8.



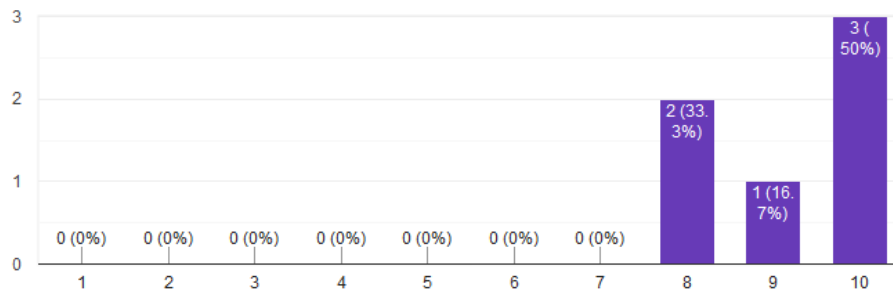
**Figura 191. Pregunta 11 (RV) - ¿El videojuego usó correctamente el dispositivo para el cual fue desarrollado (teclado o controles touch de Oculus)?**  
Fuente: elaboración propia

En la pregunta 12 se obtuvo que el 57 % de los encuestados consideraron que el videojuego ofreció ayuda, dándole un puntaje mayor a 8.



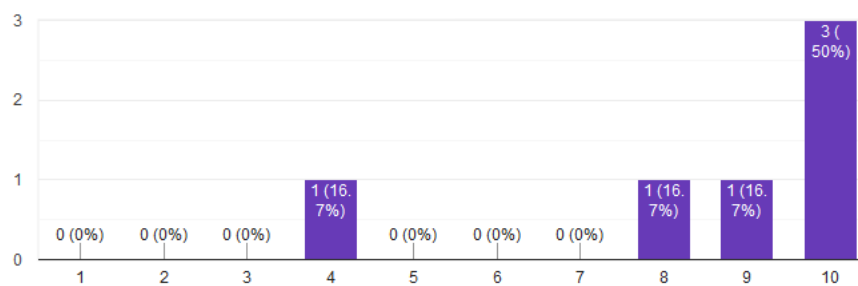
**Figura 192. Pregunta 12 (RV) - ¿El juego les ofreció ayuda textual y dinámica a los retos presentados?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 13 se obtuvo que el 57 % de los encuestados consideraron que el videojuego permitió interactuar con varios elementos del mundo virtual, dándole un puntaje mayor a 8.



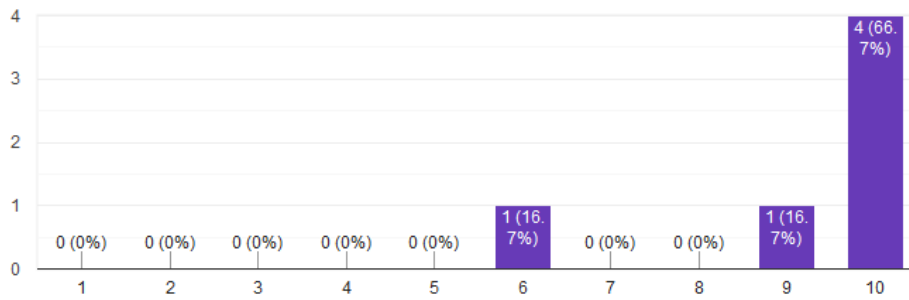
**Figura 193. Pregunta 13 (RV) - ¿El juego le permitió interactuar con los diferentes elementos del mundo virtual?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 14 se obtuvo que el 83.3 % de los encuestados consideraron que los movimientos del *Oculus Touch* fueron precisos, dándole un puntaje mayor a 5.



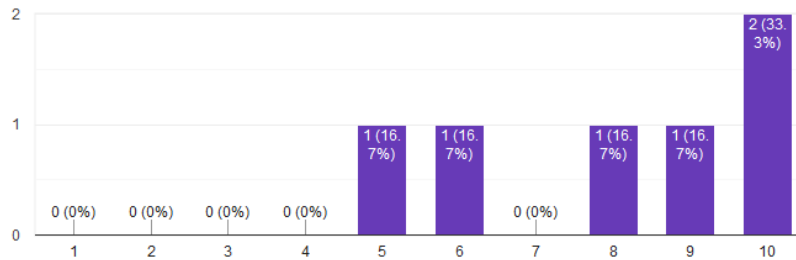
**Figura 194. Pregunta 14 (RV) - ¿Los movimientos que realizó con el teclado o los touch de oculus se plasmaron inmediatamente en el videojuego y fueron precisos?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 15 se obtuvo que el 83.3 % de los encuestados consideraron que el videojuego no se volvió lento en ocasiones, dándole un puntaje mayor a 7.



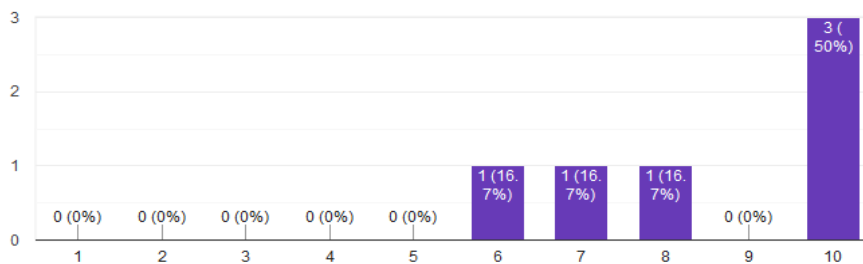
**Figura 195. Pregunta 15 (RV) - No se percibieron caídas o lentitud en las animaciones al interactuar con un gran número de elementos**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 16 se obtuvo que el 66.7 % de los encuestados consideraron que el sistema de cámara le ayudó a captar correctamente la acción del juego, dándole un puntaje mayor a 7.



**Figura 196. Pregunta 16 (RV) - ¿El sistema de cámara le ayudó a captar correctamente la acción del juego?**  
**Fuente: elaboración propia**

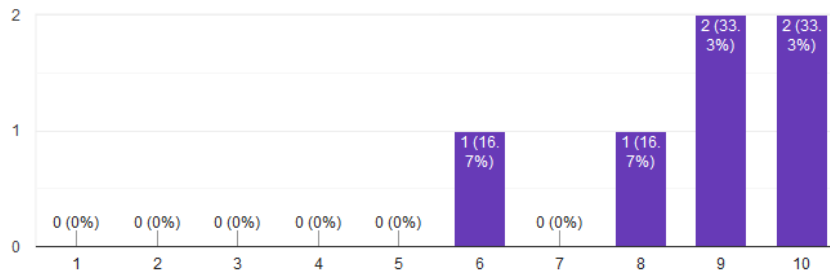
En la pregunta 17 se obtuvo que el 66.7 % de los encuestados consideraron que el sistema de control y la interfaz diegética fueron atractivos, dándole un puntaje mayor a 7.



**Figura 197. Pregunta 17 (RV) - ¿El sistema de control (botones), paneles y diálogos le parecieron atractivos?**  
**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 18 se obtuvo que el 83.3 % de los encuestados consideraron que fue fácil de aprender y memorizar los controles del *Oculus Touch*, dándole un puntaje mayor a 7.

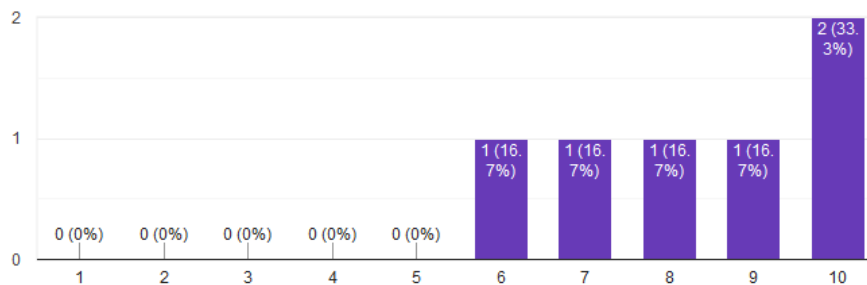




**Figura 198. Pregunta 18 (RV) - ¿Fue fácil aprender y memorizar los controles (teclado o touch de Oculus)?**

**Fuente: elaboración propia**

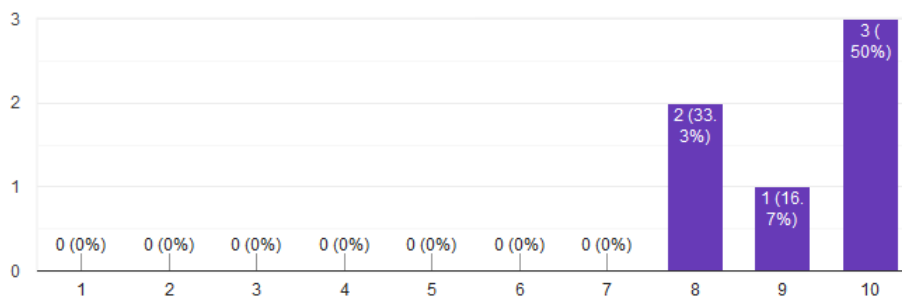
En la pregunta 19 se obtuvo que el 66.7 % de los encuestados consideraron que el videojuego le mostró retroalimentación inmediata, dándole un puntaje mayor a 7.



**Figura 199. Pregunta 19 (RV) - ¿El sistema le mostró retroalimentación (estado, puntuación, acciones correctas e incorrectas) por cada acción que realizó cuando fue debido?**

**Fuente: elaboración propia**

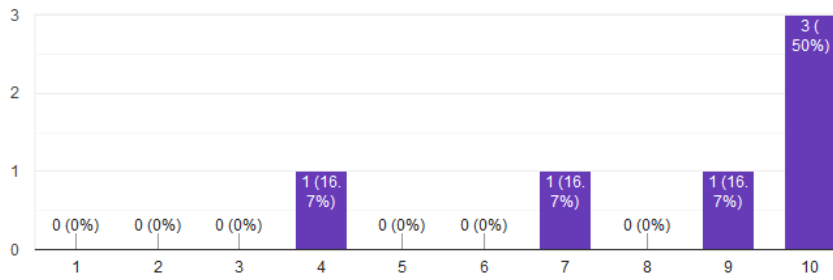
En la pregunta 20 se obtuvo que el 66.7 % de los encuestados consideraron que los colores y sonidos fueron adecuados a las acciones del juego y el mundo virtual, dándole un puntaje mayor a 8.



**Figura 200. Pregunta 20 (RV) - ¿El uso de colores y sonidos fue adecuado a las acciones del juego y al mundo virtual?**

**Fuente: elaboración propia**

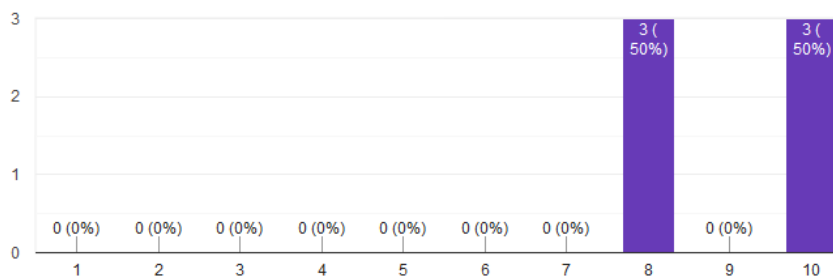
En la pregunta 21 se obtuvo que el 83.3 % de los encuestados consideraron que los elementos visuales y sonoros fueron de su agrado, dándole un puntaje mayor a 5.



**Figura 201. Pregunta 21 (RV) - ¿Los elementos visuales y sonoros fueron de su agrado?**

**Fuente: elaboración propia**

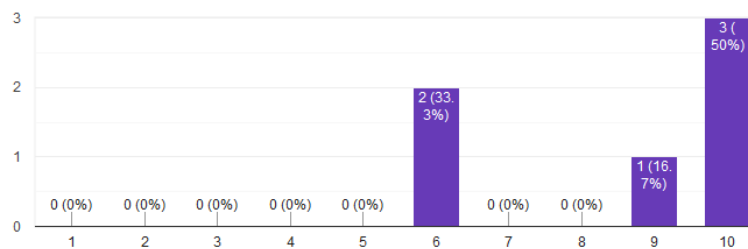
En la pregunta 22 se obtuvo que todos los encuestados consideraron que les interesaría completar el videojuego, dándole un puntaje mayor a 5.



**Figura 202. Pregunta 22 (RV) - ¿Le interesaría invertir su tiempo y llegar al nivel final de videojuego?**

**Fuente: elaboración propia**

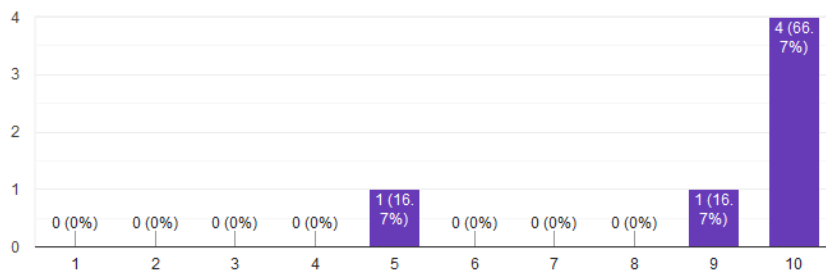
En la pregunta 23 se obtuvo que todos los encuestados consideraron que preferirían utilizar el videojuego frente a la prueba de papel, dándole un puntaje mayor a 5.



**Figura 203. Pregunta 23 (RV) - ¿Si tuviera que elegir preferiría el videojuego frente a la prueba en papel?**

**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 24 se obtuvo que el 83.3 % de los encuestados valoraron positivamente el videojuego, dándole un puntaje mayor a 5.



**Figura 204. Pregunta 24 (RV) - ¿Cuál es su valoración final del videojuego?**  
Fuente: elaboración propia

En general se obtuvo mejores resultados con el mismo videojuego en la versión usando la plataforma de realidad virtual *Oculus Rift*, probablemente se debió a que para la mayoría fue la primera vez que lo usaban y los impresionó mucho. Eso refleja un poco los resultados en las preguntas de uso de controles y cámara, las cuales dependen casi al 100 % del HMD y los *Oculus Touch*, donde hubo una menor acogida, probablemente porque fue la primera vez que lo usaron.

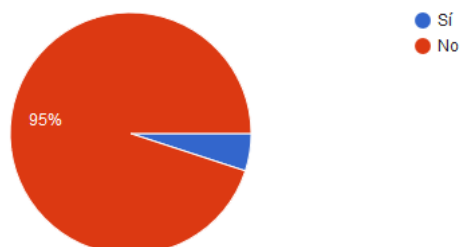
#### 5.2.5. Seguridad o libertad de riesgos:

La pregunta 25 y 26 de la misma encuesta estuvieron destinadas a evaluar la seguridad y libertad de riesgos del videojuego al ser usado por el usuario.

##### 5.2.5.1. Seguridad del entrenamiento (No RV)

A continuación, se muestran los resultados, primero, los encuestados que no usaron la plataforma de realidad virtual.

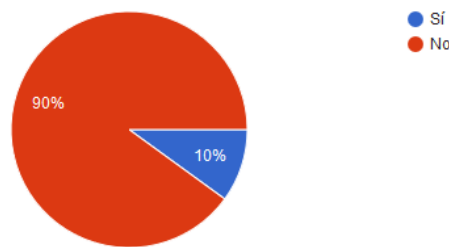
En la pregunta 25 se obtuvo que el 95 % de los encuestados no identificaron ningún problema o daño que pudo ocasionar el videojuego. El 5 % restante, mencionó problemas con sus compañeros que estaban a su alrededor.



**Figura 205. Pregunta 25 (No RV) - ¿Identificó algún problema o daño que le ocasiono a usted al usar el videojuego? (Lesiones, golpes, etc.)**  
Fuente: elaboración propia

En la pregunta 26 se obtuvo que el 90 % de los encuestados no detectó

ningún error propio del videojuego que le impidiera usarlo. El 10 % restante mencionó que el tutorial no era lo suficientemente claro.

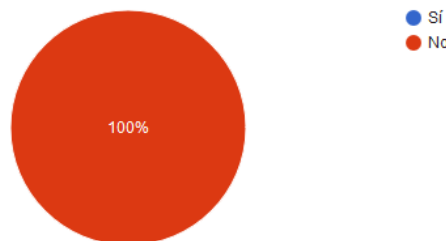


**Figura 206. Pregunta 26 (No RV) - ¿Identificó algún error propio del videojuego que le impidió usarlo y continuar como es debido?**

**Fuente: elaboración propia**

### 5.2.5.2. Seguridad del entrenamiento (RV)

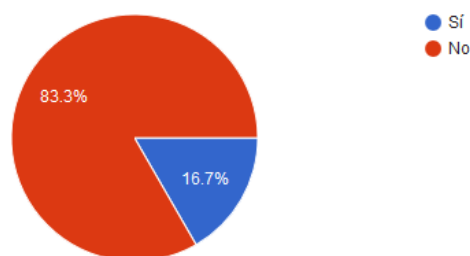
En la pregunta 25 se obtuvo que el 100 % de los encuestados no detectó ningún problema o daño que le ocasionara el videojuego, pero en realidad se mencionó un problema al momento de ponerse el HMD, las personas que necesitaban anteojos tuvieron dificultades y muchas veces tuvieron que usar el HMD sin sus anteojos, complicándose un poco.



**Figura 207. Pregunta 25 (RV) - ¿Identificó algún problema o daño que le ocasiono a usted al usar el videojuego? (Lesiones, golpes, etc.)**

**Fuente: elaboración propia**

En la pregunta 26 se obtuvo que el 83.3 % de los encuestados no identificó ningún error propio del videojuego que le impidiera usarlo como es debido. El 16.7 % restante consideró que el sistema de control no era lo suficientemente intuitivo.



**Figura 208. Pregunta 26 (RV) - ¿Identificó algún error propio del videojuego que le impidió usarlo y continuar como es debido?**

**Fuente: elaboración propia**

### 5.2.6. Logro de objetivos

En la Tabla 70 se muestra el resumen con los objetivos específicos propuestos y su porcentaje de completitud.

**Tabla 70. Logro de objetivos propuestos**

<b>Objetivo Específico</b>	<b>% de completitud</b>	<b>Comentario</b>
Diseñar mecánicas de juego orientadas a incrementar la efectividad del entrenamiento en habilidades espaciales.	85 %	Se consideró solo una historia de usuario, donde dice que el usuario necesita conocer su rendimiento de cada sesión de un minijuego, donde abarca el cálculo de la efectividad y eficiencia. Cumpliendo con el ISO 25010 (106), aún se podría considerar otras métricas adicionales de efectividad y eficiencia.
Diseñar mecánicas de juego orientadas a mejorar la eficiencia del entrenamiento en habilidades espaciales	85 %	
Diseñar mecánicas de juego en base a las directrices de buenas prácticas de realidad virtual	85 %	Se consideró dos historias de usuario en base a las directrices antes descritas, enfocadas a la característica de "Seguridad y libertad de riesgos" del modelo de calidad en uso (106). Igualmente se podrían haber considerado otras métricas adicionales.
Diseñar mecánicas de juego acordes al marco DPE y facetas de jugabilidad	90 %	Se consideraron 17 historias de usuario para ofrecer un entrenamiento satisfactorio de acuerdo al ISO 25010 (106). Al tratarse del desarrollo de un videojuego, el enfoque se centró en este objetivo. Sin embargo, al considerar compatibilidad con y sin realidad virtual, el diseño final propuesto podría mejorar al centrarse en el tratamiento innato de objetos 3D que posee la realidad virtual.

**Fuente: elaboración propia**

Considerando este análisis, el objetivo general se cumplió en un 86.25 %.

## CONCLUSIONES

Se cumplió en un 86.25 % los objetivos propuestos, considerándose métricas de acuerdo al ISO 25010 y la propuesta de extensión de este por Gonzáles, donde gran parte de los requerimientos estuvieron enfocadas a la satisfacción del entrenamiento. Se utilizó el marco DPE para el diseño del videojuego, considerándose principalmente la capa de aprendizaje, y las facetas de jugabilidad, los cuales otorgaron un diseño completo. Asimismo, se definieron requisitos acordes a las directrices de buenas prácticas de realidad virtual para otorgar un entrenamiento seguro y libre de obstáculos.

De acuerdo a la prueba de visualización espacial previa al entrenamiento, el 41.6 % de los participantes obtuvieron un resultado mayor al 80 % de correctas del total y solo el 16.6 % obtuvieron un resultado menor al 50 %. Si bien, hubo algunos problemas al entender las preguntas y cómo resolverlas espacialmente, es decir una vez comprendido la mayoría hizo un buen trabajo, aunque se notaba que casi nadie conocía la verdadera importancia de las habilidades espaciales.

La prueba de efectividad se obtuvo en base al uso del minijuego de visualización espacial de *Future Machine*, en uno o dos intentos por los participantes. La media de la completitud de la meta en el primer intento fue de 90.5 %, y en el segundo fue de 88.9 %. A pesar del aumento de la dificultad se mantuvo la completitud de la meta lo que demuestra un entrenamiento efectivo. Cabe destacar que la mayoría, el 32.4 % de los participantes subieron 3 niveles de dificultad en el primer intento, y el 46.5 % de los que realizaron un segundo intento, subieron 2 niveles de dificultad, y ninguno de ellos bajo de nivel.

De la misma forma, se demuestra un entrenamiento eficiente medido por el tiempo de meta y la eficiencia basada en tiempo. La media del tiempo de meta en el primer intento fue de 1.4 segundos, lo que mostró una reacción bastante

rápida de los participantes. Y la del segundo intento fue de 2.89 segundos, donde se revela el aumento de dificultad. Adicionalmente se detectó un patrón, donde a mayor dificultad el tiempo para resolver un caso correcto aumenta. En cuanto a la media de la eficiencia basada en tiempo en el primer intento fue de 0.25 preguntas resueltas correctamente por segundo, y el de la segunda 0.23. Asimismo, también se encontró un patrón donde a mayor dificultad, el número de preguntas resueltas correctamente tiende a aumentar también. Esto demostraría la eficiencia del entrenamiento cuando aumenta la dificultad.

Para medir la satisfacción y la seguridad del entrenamiento se consideró una encuesta basada en las facetas de jugabilidad, si bien muchas preguntas están de acuerdo a las tres ilusiones de realidad virtual y al cuestionario para medir la experiencia de usuario en entornos virtuales inmersivos, se sintió que faltaba alguna pregunta explícita sobre inmersión en realidad virtual, lo que sugiere que hubiera sido una buena idea considerar dos tipos de encuestas. Se obtuvieron resultados positivos en la satisfacción del entrenamiento. En la versión sin realidad virtual, se obtuvo buenos resultados en casi todas las preguntas, superando el 50 % de aceptación, donde el 80 % de los encuestados tuvieron una valoración positiva final del videojuego, dándole un puntaje mayor a 5. Igualmente se comprendió que hay áreas en las que se debe mejorar en cuanto al diseño del videojuego, teniendo mayor consideración en: mejor aprovechamiento del dispositivo de entrada (teclado y mouse), mayor interacción con el mundo y mejores gráficos y sonidos. También se detectó que algunos de los participantes consideraban que algunas preguntas eran muy fáciles, probablemente esto se debió a que ninguno de ellos llegó al nivel final, pero también podría ser indicación que se debe volver a revisar y balancear la curva de dificultad. En la versión con realidad virtual se obtuvo mejor acogida, probablemente se debió a que para la mayoría fue la primera vez que usaban un HMD y los impresionó mucho. Eso refleja un poco los resultados en las preguntas de uso de controles y cámara, las cuales dependen casi al 100 % del HMD y los *Oculus Touch*,

donde hubo un menor puntaje, probablemente porque fue la primera vez que lo usaron.

Finalmente, también se obtuvieron resultados positivos en cuanto a la seguridad y libertad de riesgos: el 95 % de los encuestados en la versión sin realidad virtual no identificaron ningún problema o daño durante la sesión de juego y el 90 % no identificó ningún error propio del videojuego. Mientras que en la versión con realidad virtual ningún encuestado detectó algún problema o daño durante la sesión de juego y el 83.3 % no identificó ningún error propio del videojuego. Sin embargo, se identificó que, personas que usaban anteojos, tenían dificultades al momento de ponerse el HMD.



## TRABAJOS FUTUROS

*Future Machine* se diseñó y desarrolló para que la adición de minijuegos sea fácil y no haya limitaciones. El sistema núcleo está casi listo, el cual incluye sistema de tiempo, nivel dinámico, dificultad, puntaje y recompensas. Adicionalmente también se pensó en un sistema de logros y posibilidad de entrenamiento multijugador. Como trabajo futuro se podría implementar estos sistemas, finalizar el menú e implementar la historia.

Otra característica como trabajo futuro que sería interesante agregar, es satisfacer las métricas de flexibilidad, incluidas dentro del ISO 25010 (106) (107), relacionadas a la accesibilidad en videojuegos.

Por la parte de inteligencia espacial, otro trabajo futuro sería desarrollar otros minijuegos dentro de *Future Machine* que entrenen otras áreas de las habilidades espaciales, como la orientación espacial o la relación espacial. Al igual que la inclusión de tareas concernientes a otros tipos de inteligencia.

Asimismo, para una mejor obtención de datos científicos, como trabajo futuro, se podría considerar grupos de control, varios intentos por participante y la meta de llegar al último nivel de dificultad del minijuego. Así mismo, investigar las diferencias por edad y género.

Finalmente, aprovechar mejor la inmersión y la forma única de interacción y tratamiento de objetos tridimensionales en realidad virtual para diseñar minijuegos a un nivel espacial superior.

## BIBLIOGRAFÍA

1. WAI, J., LUBINSKI, D. and BENDOW, C. Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. s.l. : Journal of Educational Psychology, Vol. 101, 2009.
2. UTTAL, David, MEADOW, Nathaniel, TIPTON, Elizabeth, HAND, Linda, ALDEN, Alison, WARREN, Christopher, NEWCOMBE, Nora. The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis of Training Studies. s.l. : Psychological Bulletin, 2012. DOI: 10.1037/a0028446.
3. ONTARIO. Paying Attention to Spatial Reasoning K-12. s.l. : Queen's Printer for Ontario, 2014. 978-1-4606-3849-1.
4. PRONABEC. Programa nacional de becas y crédito educativo. Temario Nacional del Examen de Preselección – Pronabec. [En línea] Pronabec, diciembre de 2018. [Citado el: 8 de junio de 2019.] <https://www.pronabec.gob.pe/temario-nacional-del-examen-de-preseleccion/>.
5. LORI, Andersen. Visual-Spatial Ability: Importance in STEM, Ignored in Gifted Education. 2, s.l. : Roeper Review, Roeper Review, Vol. 36. 2014. DOI: 10.1080/02783193.
6. GEARY, C. & BURLINGHAM-DUBREE, M. External validation of the strategy choice model for addition. s.l. : Journal of Experimental Child Psychology, 1989, Vol. 47. DOI:10.1016/0022-0965(89)90028-3.
7. KULP, T. Relationship between visual motor integration skill and academic performance in kindergarten through third grade. s.l. : Optometry and Vision Science, 1999, Vol. 76.
8. KURDEK, A. & SINCLAIR, J. Predicting reading and mathematics achievement in fourth-grade children from kindergarten readiness scores. s.l. : Journal of Educational Psychology, 2001, Vol. 93. DOI:10.1037/0022-0663.93.3.451.
9. LACHANCE, A. & MAZZOCCO, M. A longitudinal analysis of sex differences in math and spatial skills in primary school age children. s.l. : Learning and Individual Differences, 2006, Vol. 16. DOI:

10.1016/j.lindif.2005.12.001.

10. CASEY, B., NUTTALL, L. & PEZARIS, E. Spatial-mechanical reasoning skills versus mathematics self-confidence as mediators of gender differences on mathematics subtests using cross-national genderbased items. s.l. : Journal for Research in Mathematics Education, 2001, Vol. 32. DOI:10.2307/749620.

11. BATTISTA, T. Spatial visualization and gender differences in high school geometry. s.l. : Journal for Research in Mathematics Education, 1990, Vol. 21. DOI:10.2307/749456.

12. GRATTONI, Christopher. Spatial Skills and Mathematical Problem-Solving Ability in High School Students. s.l. : Master of Science in Education Program, Northwestern University, 2007.

13. GUNDERSON, Elizabeth, RAMIREZ, Gerardo, BEILLOCK, Sian and LEVINE, Susan. The Relation Between Spatial Skill and Early Number Knowledge: The Role of the Linear Number Line. 5, s.l. : American Psychological Association Developmental Psychology, 2012, Vol. 48. DOI: 10.1037/a0027433.

14. NEWCOMBE, Nora, LEVINE, Susan and MIX, Kelly. Thinking about quantity:the intertwined development of spatial and numerical cognition. s.l. : WIRE Cogn Sci, 2015, Vol. 6. DOI: 10.1002/wcs.1369.

15. VERDINE, Brian, IRWIN, Casey, MICHNICK, Roberta and HIRSH-PASEK, Kathryn. Contributions of Executive Function and Spatial Skills toPreschool Mathematics Achievement. s.l. : J Exp Child Psychol, 2014, Vol. 126. DOI:10.1016/j.jecp.2014.02.012.

16. GILLIGAN, Katie, FLOURI, Eirini y FARRAN, Emily.The contribution of spatial ability to mathematics achievement in middle childhood. s.l. : Journal of Experimental Child Psychology, 2017, Vol. 163. DOI: 10.1016/j.jecp.2017.04.016.

17. VERDINE, Brian MICHNICK, Roberta, HIRSH-PASE, Kathy, NEWCOMBE, Nora. Spatial skills, their development, and their links to mathematics. 1, s.l. : Monographs of the Society for Research in Child Development, 2017, Vol. 82. DOI: 10.1111/mono.12280.

18. GANLEY, M., VASILYEVA, M. & DULANEY, A. Spatial ability mediates the gender difference in middle school students' science performance. s.l. : Child Development, 2014, Vol. 85. <http://dx.doi.org/10.1111/cdev.12230>.
19. FRANCESCHINI, Sandro, GORI, Simone, RUFFINO, Milena, PEDROLLI, Katia. A Causal Link between Visual Spatial Attention and Reading Acquisition. 9, s.l. : Current biology: CB, 2012, Vol. 22.
21. DOWLING, David y BURTON, Lorelle. A study of the understanding of knowledge and learning of a cohort of mature age students A study of the understanding of knowledge and learning of a cohort of mature age students. s.l. : Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium, 2009.
24. ARANTZA, Sicilia. Desarrollo y evaluación de las habilidades espaciales de los estudiantes de ingeniería. actividades y estrategias de resolución de tareas espaciales. Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya, 2015.
25. MARTÍNEZ, M., CARRETERO, A., ORTIZ, I. SÁNCHEZ M. Valoración de las asignaturas de expresión gráfica dentro de los planos de los proyectos fin de carrera. Madrid : Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales - Universidad Politécnica de Madrid, 2009.
32. TZURIEL and EGOZI. Gender Differences in Spatial Ability of Young Children: The Effects of Training and Processing Strategies. 5, s.l. : Child Development, 2010, Vol. 81.
33. CHENG YL and MIX. Spatial training improves children's mathematics ability. KS., 1, s.l. : Journal of Cognition and Development, 2013, Vol. 15. DOI:10.1080/15248372.2012.72518.
35. ROCA, Cristina, GUTIERREZ, Jorge, GARCÍA, Melchor, MATO, María. Virtual Technologies to Develop Visual-Spatial Ability in Engineering Students. 2, s.l. : EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education, 2017, Vol. 13. DOI 10.12973/eurasia.2017.00625a.
37. Top Universities. Trends in International Student Mobility - A comparative study of international student choices, motivations and expectations. s.l. : TopUniversities.com, 2014.

38. Student Survey Reveals Latin American Students' Global Ambitions. Top Universities. [En línea] 16 de junio de 2014. [Citado el: 16 de octubre de 2019.] <https://www.topuniversities.com/blog/student-survey-reveals-latin-american-students-global-ambitions>.
39. Organisation for Economic Co-operation and Development. PISA 2015 Resultados Clave. 2016.
40. ONTARIO. University of Waterloo. Grade 6 Math Circles Multiplication. Waterloo : s.n., 2013.
41. Gestión. El diario de Economía y Negocios. Pulso Perú: ¿Cuáles son los 14 principales problemas de los peruanos? [En línea] Gestión, 11 de 12 de 2017. <https://gestion.pe/peru/politica/pulso-peru-son-14-principales-problemas-peruanos-222453?foto=8>.
42. Gestión. El diario de Economía y Negocios. El 27% de ingresantes a universidades privadas abandonan su carrera en primer año de estudios. [En línea], 11 de 7 de 2017. [Citado el: 8 de 6 de 2019.] <https://gestion.pe/tendencias/management-empleo/27-ingresantes-universidades-privadas-abandonan-carrera-primer-ano-estudios-139168>.
43. DÜNSER, Andreas, KAUFMANN, Hannes, STEINBÜGL, Karin, GLÜCK, Judith. Virtual and Augmented Reality as Spatial Ability Training Tools. s.l. : Austrian Science Fund, 2006.
44. MARUNIĆ, J., GLAŽAR, V. Improvement and Assessment of Spatial Ability in Engineering Education. 2, s.l. : Engineering Review, 2014, Vol. 34.
45. MOLINA, Rafael, PERTEGAL, María, JIMENO, Antonio, MORA, Higinio. Virtual Reality Learning Activities for Multimedia Students to Enhance Spatial Ability. 4, s.l. : Sustainability, 2018, Vol. 10. DOI: 10.3390/su10041074.
46. RAE. Real Academia Española. videojuego | Definición de videojuego - «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. [En línea] Real Academia Española. [Citado el: 01 de 06 de 2019.] <https://dle.rae.es/?id=bmnbNU7>.

47. SALEN, Katie, ZIMMERMAN, Eric. Rules of Play: Game Design Fundamentals (The MIT Press). 2004. 978-0262240451/0262240459.
48. MCGONIGAL, Jane. Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World. New York : The Penguin Press, 2011. 978-0143120612/9780143120612.
49. Universidad Autónoma de Barcelona. Diseño de videojuegos. [MOOC] s.l. : Coursera, 2019.
50. CRAWFORD, Chris. Chris Crawford on Game Design. s.l. : New Riders Publishing, 2003. 0-13-146099-4.
51. BUCHANAN, L., WOLANCZYK, F. and ZINGHINI, F. Blending Bloom's Taxonomy and Serious Game Design. Northport, NY, USA : Secure Decisions Division, Applied Visions, 1995.
52. ANDERSON, Lorin. A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Abridged Edition. s.l. : Pearson Higher Education, 2013. 1292042842/978-1292042848.
53. DONALD, Clark. Performance Juxtaposition. Bloom's Taxonomy of Learning Domains The Cognitive Domain. [En línea] 12 de Enero de 2015. [Citado el: 1 de junio de 2019.] <http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/bloom.html>.
54. KRAFTWOHL, David, BLOOM, Benjamin, MASIA, Bentram. Taxonomy of Educational Objectives, the Classification of Educational Goals : Handbook II: Affective Domain. s.l. : David McKay Company, 1967. B001P4R8Z0.
55. DONALD, Clark. Performance Juxtaposition. Bloom's Taxonomy: The Affective Domain. [En línea] 12 de Enero de 2015. [Citado el: 1 de junio de 2019.] [http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/Bloom/affective\\_domain.html](http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/Bloom/affective_domain.html).
56. SIMPSON, E. The Classification of Educational Objectives in the Psychomotor Domain. Washington, DC : Gryphon House, 1972.
57. DONALD, Clark. Performance Juxtaposition. Bloom's Taxonomy: The Psychomotor Domain. [En línea] 12 de enero de 2015. [Citado el: 1 de junio de 2019.]

- [http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/Bloom/psychomotor\\_domain.html](http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/Bloom/psychomotor_domain.html).
58. DECI, Edward, RYAN, . Richard. Facilitating Optimal Motivation and Psychological Well-Being Across Life's Domains. 1, s.l. : Canadian Psychological Association, 2008, Vol. 49. DOI: 10.1037/0708-5591.49.1.14.
59. ACKERMAN, Courtney, TRAN, Nhu. Positive Psicology Program. What is the Self-Determination Theory of Motivation? [En línea] 24 de mayo de 2019. [Citado el: 1 de junio de 2019.] <https://positivepsychologyprogram.com/self-determination-theory/#books-self-determination>.
60. SELIGMAN, Martin, CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Positive Psychology: An Introduction. 1, s.l. : American Psychologist, 2000, Vol. 55. DOI: 10.1037/0003-066X.55.1.5.
61. LIANG, Shuang, LI, Honghan, YANG, Xiaojun. The Video Game from the Perspective of Positive Psychology. Guilin, China : Open Journal of Social Sciences, 2014, Vol. 2. <http://dx.doi.org/10.4236/jss.2014.28009>.
62. LEE, J., KARLOVA, N., CLARKE, I., THORNTON, K. & PERTI, A. Facet Analysis of Video Game Genres. s.l. : In iConference 2014 Proceedings, 2014. doi:10.9776/14057.
63. HUDSON, Barret. Fundamentals of Professional Level Design. s.l. : PluralSight, 2017.
64. SHELL, Jesse. The art of Game Design. A book of lenses. s.l. : Morgan Kaufmann Publishers by Elsevier, 2008. 978-0-12-369496-6.
65. WINN, Brian. The Design, Play, and Experience Framework. Michigan State University, USA : IGI Global, 2009, Vol. III. 978-1-59904-808-6/978-1-59904-811-6.
66. HUNICKE, Robin, LEBLANC, Marc, ZUBEK, Robert. MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research. 2004.
67. SALEN, K. & ZIMMERMAN, E. Rules of play: Game design fundamentals. Cambridge, MA : The MIT Press., 2004.
68. BROWN, Tim. IDEO Design Thinking. Design Thinking Defined. [En línea] [Citado el: 7 de junio de 2019.] <https://designthinking.ideo.com/>.

69. ANTHROPY, Anna y CLARK, Naomi. A Game Design Vocabulary Exploring the Foundational Principles Behind Good Game Design. Crawfordsville, Indiana : RR Donnelley, 2014. 978-0-321-88692-7/0-321-88692-5.
70. GONZÁLES, J. Jugabilidad: Caracterización de la experiencia del jugador en videojuegos. s.l. : Editorial de la Universidad de Granada, 2010. 978-84-693-5385-1.
71. KRAUSE, Fran. Introduction to Game Design. California : Instituto de Artes de California, 2019. <https://www.coursera.org/learn/game-design/home/welcome>.
72. BALDWIN, Mark. Game Design Document Outline. s.l. : Baldwin Consulting, 2005. <http://baldwinconsulting.org/>.
73. Unity Technologies. Unity Game Dev Courses: Design. s.l. : PluralSight, 2019. <https://app.pluralsight.com/paths/skill/unity-game-dev-courses-design>.
74. Michigan State University. Programa especializado Game Design and Development. s.l. : Coursera, 2019. <https://www.coursera.org/specializations/game-development>.
75. VASCO, Gabriel. Diseño de Videojuegos: Una introducción. Los Andes Colombia : Universidad de los Andes, 2019. <https://www.coursera.org/learn/disenio-videojuegos-intro>.
76. Reedsy . How to Write a Novel Using The Three Act Structure. Reedsy: Find the perfect editor, designer or marketer. [En línea] 15 de junio de 2018. [Citado el: 20 de junio de 2019.] <https://blog.reedsy.com/three-act-structure/>.
77. Making Your First Virtual Reality Game. [En línea] Coursera, 20 de noviembre de 2017. [Citado el: 12 de junio de 2019.] <https://www.coursera.org/learn/making-virtual-reality-game>.
78. DAVIS, Richard. Prototyping Video Games with Animation. s.l. : Research Collection School of InformationSystems, 2011. [https://ink.library.smu.edu.sg/sis\\_research\\_all/5](https://ink.library.smu.edu.sg/sis_research_all/5).
79. Envato Tuts+. Envato Tuts+. Storyboarding vs. Prototyping: When to



- Use Each. [En línea] 26 de abril de 2017.  
<https://webdesign.tutsplus.com/articles/storyboarding-vs-prototyping-when-to-use-each--cms-28707>.
80. ANANTHARAMAN, Jay. Visualbi. Storyboards, Wireframes and Prototypes. [En línea] 3 de enero de 2014.  
<https://visualbi.com/blogs/business-intelligence/dashboards/storyboards-wireframes-and-prototypes/>.
81. ATLISSIAN. Atlassian Bitbucket. Version control software An Overview. [En línea] Atlassian. [Citado el: 15 de julio de 2019.]  
<https://bitbucket.org/product/version-control-software>.
82. SCOTT, Ben. Spraub. Pro Git. s.l. : APress, 2019.
83. ANDERSON, David, CARMICHAEL, Andy. Kanban esencial condensado. Seattle, Washington : Lean Kanban University, 2016. 978-0-9845214-2-5.
84. ESTEVEZ, Chris. Knowledge Base - HacknPlan. What is HacknPlan? . [En línea] HacknPlan. [Citado el: 15 de julio de 2019.]  
<https://hacknplan.com/knowledge-base/what-is-hacknplan/>.
85. ARNAL, Jordi, MARTÍ, Enric. Motores gráficos en videojuegos: game engine. s.l. : Universidad Autónoma de Barcelona, 2019.  
<https://www.coursera.org/learn/videojuegos-engine>.
86. MENARD, Michelle y WAGSTAFF, Bryan. Game Development with Unity, Second Edition. 20 Channel Center Street. Boston, MA02210. USA : Cengage Learning, 2015.
87. CHRISTOPOULOU, Eleftheria y XINOGALOS, Stelios. Overview and Comparative Analysis of Game Engines for Desktop and Mobile Devices. 4, Department of Applied Informatics, University of Macedonia, Greece : International Journal of Serious Game, 2017, Vol. 4. ISSN: 2384-8766.
88. GARDNER, Howard. Multiple intelligence: The theory in practice. New York : Basic Books, 1993.
89. DURLACH, N., ALLEN, G., DARKEN, R., GARNETT, L., LOOMIS, J., TEMPLEMAN, J. and VON WIEGAN, E. Virtual environments and the enhancement of spatial behavior: Towards a comprehensive research

- agenda,"Virtual environments and the enhancement of spatial behavior: Towards a comprehensive research agenda. s.l. : Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 2000, Vol. 9. 593-615.
90. CARROLL, John. Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies. s.l. : Cambridge University Press, 1993.
91. AUDREY, C. Spatial Thinking Skills and STEM Connections: How Does this Issue Address Them? 2, University of Northern Iowa : Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions, 2016, Vol. 1.
92. GL Assessment. CAT 4 Cognitive Abilities Test Assessment Overview. London, UK : GL Assessment, 2012.
93. TestPrep-Online. TestPrep-Online. What is the Naglieri Nonverbal Ability Test (NNAT)? [En línea] TestPrep-Online. [Citado el: 26 de junio de 2019.] <https://www.testprep-online.com/what-is-nnat>.
94. BROOKS, Frederick. What's Real About Virtual Reality? North Carolina : IEEE Computer Graphics and Applications, 1999. 0272-1716.
95. XUENI PAN, Sylvia y GILLIES, Marco. week 1: Virtual Reality-Hardware and History. Introduction to Virtual Reality. [En línea] MOOC offered by the University of London & Goldsmiths, University of London. [Citado el: 12 de diciembre de 2018.] <https://www.coursera.org/learn/introduction-virtual-reality/>.
96. CHUPTYS, Simon y DE CONINCK, Jeroen. Head Mounted Displays.. 2013.
97. NOBUAKI, Kageyama and AKIRA. Introduction to Virtual Reality Visualization by the CAVE system. Tokyo, Japan : Advanced Methods for Space Simulations,, 2007.
98. Packet39. 3DOF, 6DOF, RoomScale VR, 360 Video and Everything In Between. Packet39 | Custom Software Solutions. [En línea] Packet39, 25 de febrero de 2018. [Citado el: 14 de julio de 2019.] <https://packet39.com/blog/2018/02/25/3dof-6dof-roomscale-vr-360-video-and-everything-in-between/>.
99. Facebook Technologies, LLC. Introducing Oculus Quest, Our First 6DOF All-in-One VR System, Launching Spring 2019. Oculus. [En línea]

Facebook Technologies, LLC, 26 de setiembre de 2018. [Citado el: 13 de julio de 2019.] <https://www.oculus.com/blog/introducing-oculus-quest-our-first-6dof-all-in-one>

100. SLATER, Mel. Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. : Series B, Biological sciences*, 2009, Vol. 364. doi: 10.1098/rstb.2009.0138.

101. HOO-MIN, D., TOONG, Amar. *Personal Computers*. San Francisco, California : Scientific American Inc., 1982.

102. AUSTIN, Bradley, BRYLA, Karen, BENTON, Phillips. *Oculus Rift In Action*. Shelter Island, NY : Manning Publications Co., 2015. SBN 9781617292194.

103. FERREIRA, Bruno. *Pictura Virtual Reality*. Thursday deals: an Oculus Rift kit, a Ryzen mobo, and more. [En línea] 21 de diciembre de 2017. [Citado el: 15 de julio de 2019.] <https://pxvr.com/thursday-deals-an-oculus-rift-kit-a-ryzen-mobo-and-more/>.

104. LAUKKONEN, Jeremy. *Lifewire Tech Untangled*. What is Oculus Touch? [En línea] 1 de Junio de 2019. [Citado el: 15 de julio de 2019.] <https://www.lifewire.com/oculus-touch-4159174>.

105. Facebook Technologies, LLC. *XR Best Practices*. Oculus Developer Center. [En línea] Facebook Technologies, LLC. [Citado el: 15 de julio de 2019.] <https://developer.oculus.com/design/latest/concepts/book-bp/>.

106. BSI Standards Publication. *Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models*. s.l. : BSI Standards Publication, 2011. ISBN 978 0 580 70223 5.

107. GONZÁLEZ, J. y GUTIÉRREZ, F. *Jugabilidad como medida de calidad en el desarrollo de videojuegos*. Barcelona : Sociedad Española para las Ciencias del Videojuego, 2014.

108. BEVAN, Nigel. CARTER, Jim, EARTHY, Jonathan, GEIS, Thomas y HARKER, Susan. *New ISO Standards for Usability, Usability Reports and Usability Measures*. s.l. : M. Kurosu (Ed.): HCI 2016, Part I, LNCS 9731,

2016. DOI: 10.1007/978-3-319-39510-4\_25.
109. ZAIB, Amir, HOOI, Ding, HLAVACS, Helmut. Engagement in Games: Developing an Instrument to Measure Consumer Videogame Engagement and Its Validation. s.l.: International Journal of Computer Games Technology, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/7363925>.
110. HELANDER, M. A guide to human factors and ergonomics. London : Taylor & Francis, 2006.
111. NAUMANN, Anja & HURTIENNE, Jörn & ISRAEL, Johann & MOHS, Carsten & KINDSMÜLLER, Martin & MEYER, Herbert & HUSSLEIN, Steffi. Intuitive Use of User Interfaces: Defining a Vague Concept. Beijing, China : s.n., 2007. DOI: 10.1007/978-3-540-73331-7\_14.
112. KAI-LIN, Chuang. Dynamic Frame Rate: A Study on Viewer's Perception in Changes in Frame Rates within an Animated Movie Sequence. s.l. : Drexel University, 2016.
113. ARTEAGA, Daniel. Introduction to Ambisonics. s.l. : Dolby Laboratories, Inc, 2015.
114. Facebook Technologies, LLC. 3D Audio Spatialization. Oculus Developer Center. [En línea] Facebook Technologies, LLC. [Citado el: 18 de junio de 2019.] <https://developer.oculus.com/documentation/audiosdk/latest/concepts/audio-intro-spatialization/>.
115. Unity Technologies. Unity Documentation. Single Pass Stereo rendering (Double-Wide rendering). [En línea] Unity Technologies, 16 de agosto de 2018. [Citado el: 18 de julio de 2019.] <https://docs.unity3d.com/Manual/SinglePassStereoRendering.html>.
116. BABU, James. Video Game HUDs: Information Presentation and Spatial Immersion. s.l. : Rochester Institute of Technology, 2012.
117. Unity Technologies. Unity Documentation. ScriptableObject. [En línea] Unity Technologies, 15 de octubre de 2018. [Citado el: 18 de julio de 2017.] <https://docs.unity3d.com/Manual/class-ScriptableObject.html>.
118. BLANCARTE, Oscar. Introducción a los patrones de diseño. Ciudad de Mexico : s.n., 2016.

119. Unity Technologies. Unity Documentation. Unity Analytics. [En línea] Unity Technologies, 16 de mayo de 2017. [Citado el: 18 de julio de 2019.] <https://docs.unity3d.com/Manual/UnityAnalytics.html>.
120. Microsoft. Azure Playfab . Azure Playfab Documentation. [En línea] Microsoft. [Citado el: 18 de julio de 2019.] <https://docs.microsoft.com/en-us/gaming/playfab/#pivot=documentation&panel=playfab>.
121. Unity Technologies. Unity Game Dev Courses: Fundamentals. s.l. : PluralSight, 2019. <https://app.pluralsight.com/paths/skill/unity-game-development-core-skills>.
122. Unity Game Dev Courses: Programming. s.l. : PluralSight, 2019. <https://app.pluralsight.com/paths/skill/unity-game-dev-courses-programming>.
123. Unity Game Dev Courses: Art. s.l. : PluralSight, 2019. <https://app.pluralsight.com/paths/skill/unity-game-dev-courses-art>.
125. Facebook Technologies, LLC. VR Best Practices. Oculus Developer Center. [En línea] [Citado el: 18 de octubre de 2019.] <https://developer.oculus.com/design/latest/concepts/book-bp/>.
126. TCHA-TOKEY, Katy, CHRISTMANN, Olivier, LOUP-ESCANDE, Emilie y RICHIR, Simon. Proposition and Validation of a Questionnaire to Measure the User Experience in Immersive Virtual Environments. 1, s.l. : International Journal of Virtual Reality, IPI Press, 2016, Vol. 16. hal-01404497.
127. Facebook Technologies, LLC. Locomotion. Oculus Developer Center. [En línea] Facebook Technologies, LLC. [Citado el: 04 de junio de 2019.] <https://developer.oculus.com/design/latest/concepts/bp-locomotion/>.
128. WAI, J., LUBINSKI, D., & BENBOW, P. Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. s.l. : Journal of Educational Psychology, 2009, Vol. 101. DOI:10.1037/a0016127.

## **ANEXOS**

## **Anexo 1. Game Design Document**

### **Game Overview (What is the game? / Scope)**

**Title:** Future Machine

**Platform:** PC Standalone + Oculus Rift

**Genre:** Casual - Puzzle

**Target:** Niños y jóvenes entre 14 a 20 años

**Release date:** Diciembre, 2019

**Publisher:** Universidad Continental

Future Machine es un videojuego de género puzzle casual, que contiene varios minijuegos 3D diseñados para entrenar diversos tipos de inteligencias, cada minijuego cuenta con varios niveles de dificultad (10 a 14) de no más de 5 minutos de duración por intento. Cuenta con un sistema de balanceo de nivel de dificultad en tiempo real de acuerdo al rendimiento del jugador. El jugador tiene que superar el objetivo de la máquina y tratar de llegar al último nivel, dejando sus huellas en la tabla de mejores resultados, explorar todas las áreas de los planetas y desbloquear todos los minijuegos disponibles. En la primera versión alpha, se tiene como objetivo desarrollar la primera máquina, enfocada en la visualización espacial, parte de las habilidades espaciales, y con soporte para realidad virtual y no realidad virtual.

#### **High Concept (vision)**

Future Machine envía al jugador a varios planetas donde existen diversas máquinas especializadas para entrenar diferentes tipos de inteligencia. Viaja a un planeta y desafía a las máquinas que lo habitan. ¡Usa todas tus habilidades para llegar el último nivel y conviértete en un maestro de las inteligencias múltiples!

#### **Philosophy**

**Philosophical point #1:** Ayudar a fortalecer varios tipos de inteligencias del jugador.

**Philosophical point #2:** Mostrar al jugador que la práctica hace al maestro.

## **Common Questions**

**Why creates the game?**

Este proyecto es un proyecto de tesis de pregrado de la carrera de Ingeniería de Sistema e Informática de la Universidad Continental, Huancayo, Perú.

**Where does the game take place?**

El juego toma lugar en varios planetas de una galaxia muy, muy lejana, cada planeta es único y guarda muchos misterios escondidos.

**What do I control?**

Controlas un par de manos con la facultad principal de tocar y levantar objetos.

**How many characters do I control?**

Varios tipos de manos que representan a personajes de cada planeta, cada uno con diferentes habilidades.

**What is the main focus?**

Triunfar en los desafíos de las future machines, llegar al último nivel y dejar huella en la tabla de mejores resultados.

**What is different?**

Temática de entrenamiento de inteligencias usando 3D y realidad virtual

## **Influences (Brief)**

**Neuronation**

Es interesante el flujo de juego que muestra dentro de un mismo nivel, la tabla de resultados a nivel mundial y por país, y el seguimiento de resultados del jugador.

## **Feature set**

**General Features**

- Seleccionador de minijuegos en forma de sistema planetario, donde hay planetas y en cada planeta habitan las Future Machines.
- Cuenta con minijuegos especializados en uno o más tipos de inteligencia, el primer minijuego está enfocado en la visualización espacial, parte de la inteligencia espacial.
- Ejemplo tutorial para cada minijuego explicando cómo interactuar con el



- Cada minijuego tiene un objetivo a batir
- Cada minijuego tiene entre 10 a 14 niveles de dificultad.
- Cada intento de juego tiene no más de 5 minutos de duración
- Flujo de juego variable donde puedes subir o bajar de nivel si lo haces muy bien o muy mal en un mismo intento, dentro de cada minijuego
- Selección del nivel de dificultad inicial, previo a un intento de juego
- Generación de datos de rendimiento en cada intento de acuerdo a métricas de calidad basados en la jugabilidad como efectividad y eficiencia en forma de puntos (score).
- Premios (en la forma de cristales) para poder desbloquear otros mini juegos, ganados conforme al rendimiento en cada intento.
- Progreso del jugador en la forma de: niveles de dificultad desbloqueados por cada minijuego, áreas descubiertas de cada planeta y minijuegos desbloqueados
- Guardado de datos de rendimiento, premios y progreso del jugador.
- Cada minijuego cuenta con una tabla de mejores resultados
- Experimenta la historia de una persona común y corriente hasta convertirse en un maestro de las inteligencias múltiples y conoce que paso con el científico creador de las Future Machines.

## **Gameplay**

### **Gameplay overview**

- El jugador ve una representación de un Sistema Solar de la Galaxia Orión, donde puede interactuar con los planetas tocandolos. Al tocar un planeta, el planeta crece y se posiciona en frente del jugador, aparece su nombre, las Future Machines que lo habitan, y dos opciones para entrar o volver a la selección de planetas. Cada Future Machine presentada dentro de los planetas tiene sus propios requerimientos detallados en el Level Design Document respectivo. Al entrar en cada planeta, el jugador usa el Menú de Opciones de su mano para abrir el Mapa del Planeta el cual le muestra su posición actual y los lugares disponibles para trasladarse, hay lugares para

continuar con la historia, con los Future-Machines y algunas misiones secundarias.



## Controls

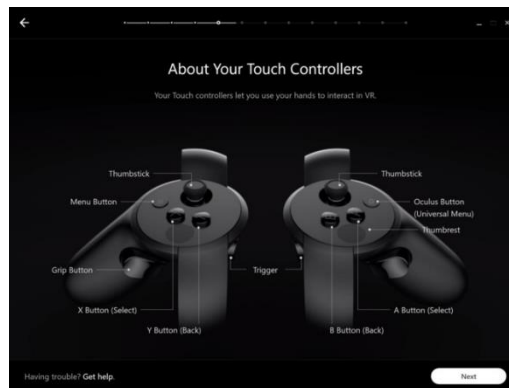
- Los controles varían de acuerdo al Future Machine en juego, pero en general se usa los siguientes controles.

- **PC**



### Teclas de dirección

- **Oculus Rift**



## Camera

- **PC**

Cámara en primera persona enfocando siempre hacia la dirección de interés

- **Oculus Rift**

Cámara controlada por el casco de realidad virtual

## **Core Mechanics**

### **Player Character**

Puede interactuar con objetos con acciones como: tocar, seleccionar, levantar, soltar y lanzar. Tiene un movimiento restringido, puede teletransportarse por el escenario usando el mapa del mundo en donde se encuentra ahora.

### **Future machine**

Máquina que contiene un minijuego especializado en entrenar al menos un área de inteligencia. Tiene varios niveles de dificultad y un objetivo a superar. La duración de cada intento no pasa de 5 minutos.

Durante la ejecución del minijuego el jugador gana puntos calculados por métricas de calidad basados en jugabilidad como efectividad y eficiencia, y premios en la forma de cristales, para su uso en desbloquear otras máquinas. El objetivo en cada minijuego es desbloquear todos los niveles de dificultad llegando al último nivel y obtener el mejor resultado posible. El mejor resultado se almacena en una tabla de mejores resultados mientras el resultado de cada intento también es guardado.

### **Personaje Future Machine**

Representación en forma de personaje de los Future Machines, cada uno tiene una personalidad y habilidades acorde al minijuego presentado.

### **Planetas**

Mundos virtuales dentro de la galaxia Orión donde habitan los Future Machines. El jugador tiene que explorar poco a poco los planetas mientras avanza en la historia y el juego. La gravedad es diferente para cada planeta.

### **Sistema planetario**

Representación en miniatura donde orbitan los planetas, como seleccionador de estos y los Future Machine que lo habitan.

### **Histograma de avance del jugador**

Muestra de resultados de los últimos 7 intentos del jugador en cada minijuego

## Tabla de mejores resultados

El mejor de cada jugador por cada minijuego se almacenan en una tabla de mejores resultados.

## Game Progression

Modelo Hub and spoke, ya que cada máquina es independiente en cuanto a resultados y se tiene que regresar a la base principal, donde se elige y viaja a los planetas donde habitan las Future-Machines.

## Game World

### Space

Cerca de la galaxia Orión, ubicada muy, muy lejos del planeta Tierra.

### Time

La época cercana al Gran Conflicto, cuando el Gran Engañador reunía sus fuerzas en todo el Universo.

### Setting

- Mientras todos los mundos se ponen a prueba, nuestra aventura comienza en Kubikai, en el mismo límite de lo normalmente conocido.
- En su convicción, un científico crea prototipos de máquinas con un mensaje, capaces de viajar por todo el Universo Conocido, y desafiar a los seres que encuentra en su camino. El cree, por qué no, que la inteligencia puede salvar vidas.
- De vez en cuando, las máquinas retornaban a su creador con reportes de su misión y para reparaciones, pero un día el científico desaparece sin dejar rastro.
- Las máquinas confundidas, esperan una vez más una “intervención inteligente”.

## Visual Art



## Game Characters

### NPC Allies

#### **Máquina Bisuo:**

Máquina especializada en el Visualización Espacial (parte de la Inteligencia Espacial)

Personalidad divertida pero muy cobarde.



## Anexo 2. Level Design Document

### Quick Summary

• Luego de viajar al planeta “Kubikai”, y explorar un poco viendo el entorno y aprendiendo a usar el mapa de la mano. Llegas donde esta Bizuo, el Future Machine de Visualización Espacial. Después de una breve introducción (eligiendo las opciones de Bizuo, donde contiene Conversación y Future-Machine), te presenta su desafío. Tienes que vencer el desafío que te presenta para obtener un poco de su confianza y probar que tienes la suficiente inteligencia visuo-espacial que él está buscando. Se puede ver el tutorial de explicación del juego, el avance y la tabla de mejores resultados. El desafío consiste en copiar y crear una cantidad de figuras formadas por cubos de lego en grilla usando unos bloques alternativa de suma y resta, que crean y destruyen partes. Es importante la precisión y el tiempo.



### Goals

1. Introducir la Future Machine de visualización espacial
2. Explicar la primera parte de la historia
3. \*\*Hacer a Bizuo tu primer amigo espacial
4. \*\*Aprender la mecánica de experiencia de las Future machines
5. \*\*Ayudar a Bizuo luchar con las criaturas que decidieron seguir al Gran Engañador.

### Anexo 3. Historias de usuario y criterios de aceptación

Tabla 71. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Avatar del Jugador y Cámara”

Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación				
ID de la Historia	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
HU-2019-0001	Como jugador	Quiero rotar la cámara	Para explorar el mundo virtual	1	Rotación de la cámara usando el casco de realidad virtual	Dado un jugador en cualquier escena con la versión de realidad virtual	Cuando usa el HMD (head mounted display) y mueve la cabeza	Entonces la cámara rota acorde a la dirección del casco. La velocidad de rotación es tan rápida como el jugador mueve la cabeza.
				2	Rotación de la cámara usando el cursor del mouse	Dado un jugador en cualquier escena con la versión sin realidad virtual	Cuando mueva el cursor del mouse	Entonces la cámara rota acorde a la posición del cursor en pantalla. La velocidad de rotación es modificada por la sensibilidad del mouse y un modificador de rapidez. Siempre

								se muestra un crosshair al centro de la pantalla.
HU-2019-0002	Como jugador	Quiero mover la cámara	Para explorar el mundo virtual	1	Visualización del arco de transportación	Dado un jugador en la escena de menú o en un planeta o en un minijuego que permita transportación y está con la versión de realidad virtual	Cuando presione el botón del Thumb-D-Pad de los controles de realidad virtual	Entonces se muestra un arco de color rojo, desde el control con su misma dirección, que choca con zonas que tienen colisionadores.
				2	Visualización de las zonas válidas de transportación		Cuando el arco de transportación este activo	Entonces se muestran zonas válidas de transportación y el arco cambia a color verde cuando se apunte a ellas
				3	Movimiento de la cámara hacia una zona		Cuando libera el Thumb-D-Pad de los controles de realidad virtual y el arco apunta a una zona de transportación válida	Entonces la posición de la cámara cambia a la zona elegida



				4	Movimiento de la cámara en primera persona	Dado un jugador en la escena de menú o en un planeta o en un minijuego que permita movimiento del jugador y está con la versión sin realidad virtual	Cuando presione las teclas WASD del teclado	Entonces la posición de la cámara cambia de forma relativa de acuerdo a las teclas presionadas. La velocidad es modificada por un valor de rapidez.
HU-2019-0003	Como jugador	Quiero un efecto de apagado de pantalla (screen fade)	Para prevenir náuseas al teletransportarme de un lugar a otro	1	Apagado de pantalla entre teletransportaciones	Dado un jugador en la escena de menú o en un planeta o en un minijuego que permita transportación y está con la versión de realidad virtual	Cuando libera el Thumb-D-Pad de los controles de realidad virtual y el arco apunta a una zona de transportación válida	Entonces la pantalla se oscurece completamente y inmediatamente vuelve a la normalidad. Tiene una duración en segundos.
				2	Apagado de pantalla entre cargas de escenas	Dado un jugador en una escena cargada completamente en cualquiera de las versiones (con y sin realidad virtual)	Cuando realiza un acción para cambiar de escena (al entrar/regresar a un planeta, empezar un desafío de máquina, regresar a la	Entonces la pantalla se oscurece completamente y inmediatamente vuelve a la normalidad. Tiene una duración en segundos.

							escena de menú)	
HU-2019-0004	Como jugador	Quiero un avatar en forma de manos 3D	Para fortalecer la inmersión y la ilusión de presencia	1	Movimiento de las manos 3D	Dado un jugador en cualquier escena y está usando los controles de realidad virtual	Cuando mueva los controles de realidad virtual	Entonces las manos 3D siguen la posición de los controles de realidad virtual.
				2	Animación de puño de las manos 3D		Cuando presione los botones de puño, índice o pulgar	Entonces se muestran las animaciones respectivas por cada botón de las manos
HU-2019-0005	Como jugador	Quiero interactuar (tocar/activar, levantar/llevar, soltar/lanzar) objetos del mundo virtual	Para fortalecer la ilusión de plausibilidad.	1	Interacción tocar/activar objetos/botones.	Dado un jugador en cualquier escena y está usando los controles de realidad virtual	Cuando acerca los controles a los objetos interactivos	Entonces el objeto interactivo se activa o se ejecuta una animación, efecto o acción como respuesta de selección
				2	Interacción levantar/llevar objetos		Cuando toca los objetos y presiona los botones de puño o índice	Entonces el objeto interactable es llevado a la mano y sigue los movimientos de este
				3	Interacción soltar/lanzar		Cuando lleva un objeto en la mano y suelta	Entonces el objeto es quitado de la mano, recibiendo la fuerza de

						los botones de puño o índice	lanzamiento al soltar	
				4	Poses para las interacciones		Cuando realice las acciones de tocar o llevar	Entonces las manos 3D se animan de acuerdo al objeto interactivo
				5	Interacción seleccionar objetos interactivos	Dado un jugador en cualquier escena y está usando la versión sin realidad virtual	Cuando apunte con el centro de la pantalla a un objeto o botón interactable	Entonces el objeto interactivo se activa o se ejecuta una animación o efecto como respuesta de selección
				6	Interacción activar objetos interactivos	Dado un jugador en cualquier escena, está usando la versión sin realidad virtual y tenga seleccionado un objeto interactivo	Cuando haga clic con el botón izquierdo del mouse	Entonces el objeto interactivo ejecuta la acción respectiva

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 72. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Flujo común de los minijuegos”**

Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación				
ID de la Historia	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
HU-2019-0006	Como jugador	Quiero un objetivo claro a superar en el minijuego	Para tenerlo en cuenta al intentar el desafío	1	Visualización del objetivo del desafío	Dado un jugador al lado de un personaje máquina	Cuando elija la opción de “Máquina”	Entonces se muestran los tipos de objetivo, con botones para cambiarlo si hay más de uno.
				2	Objetivos del minijuego de la máquina de <b>visualización espacial</b>	Dado un jugador al lado de Bizuo, la máquina de visualización espacial	Cuando elija la opción de “Máquina”	Entonces se muestra el objetivo “Figuras”. “Figuras” consiste en alcanzar un número mínimo de casos resueltos correctamente. Si lo supera, gana, sino pierde. El número es calculado en base al nivel de dificultad
				3	Aceptación del desafío	Dado un jugador al lado de un personaje máquina	Cuando elija la opción “Jugar”	Entonces se muestra el número a superar (objetivo), carga la escena del desafío de la máquina y se muestra la opción “Empezar”

				4	Visualización del seguimiento del objetivo	Dado un jugador en la escena de desafío de máquina	Cuando el desafío este activo	Entonces se visualiza el reporte de seguimiento del objetivo.
				5	Inicio del desafío	Dado un jugador en la escena de desafío de máquina	Cuando presione la opción "Empezar"	Entonces se muestra un contador en reversa "321" y empieza el juego.
				6	Victoria en el desafío	Dado un jugador en la escena de desafío de máquina	Cuando completa los requerimientos para completar el objetivo y el tiempo haya terminado	Entonces las piezas de la máquina regresan a su contenedor y se muestra un aviso de "Fin del juego"
				7	Derrota en el desafío	Dado un jugador en la escena de desafío de máquina	Cuando el tiempo haya terminado y no pudo completar los requerimientos del objetivo	Entonces las piezas de la máquina regresan a su contenedor y se muestra un aviso de "Fin del juego"
HU-2019-0007	Como jugador	Quiero diferentes niveles de dificultad en el minijuego	Para no aburrirme ni sentirme abrumado	1	Posibilidad de cambio de dificultad	Dado un jugador al lado de un personaje máquina	Cuando elija la opción de "Máquina"	Entonces se muestra el nivel de dificultad actual, con botones para cambiarlo, los bloqueados aparecen con un ícono de candado en frente y

								deshabilita el botón de jugar.
				2	Visualización de nivel de dificultad	Dado un jugador en la escena de desafío de máquina	Cuando haya empezado el juego	Entonces se muestra el nivel actual de dificultad
				3	Cambio de nivel de dificultad dinámico	Dado un jugador en la escena de desafío de máquina	Cuando haya hecho algo bien o mal en el desafío	Entonces se muestra el contador de control de nivel de dificultad y si se cumple los requisitos sube o baja de nivel.
				4	Dificultad en el minijuego de la máquina de <b>visualización espacial</b>	Dado un jugador en la escena de desafío de Bisuo	Cuando haya empezado el juego	Entonces se muestra el nivel de dificultad. La dificultad en esta máquina depende del tiempo máximo para resolver el caso, el número de alternativas y la cantidad de cubos que conforman la figura. Cuenta con 12 niveles.
				5	Dificultad dinámica en el minijuego de la máquina de <b>visualización espacial</b>	Dado un jugador en la escena de desafío de Bisuo	Cuando haya hecho algo bien o mal en el desafío	Entonces se muestran burbujas de correcto e incorrecto, si llega a 6 correctas consecutivas, sube nivel, si llega a 3

								incorrectas consecutivas, baja de nivel.
HU-2019-0008	Como jugador	Quiero sesiones cortas de juego en el minijuego	Para aprovechar mejor mis tiempos libres de ocio y no sentirme cansado por usar el Oculus Rift.	1	Duración de un intento en el minijuego de una máquina	Dado un jugador en la escena de desafío de máquina	Cuando aún haya tiempo disponible	Entonces el tiempo que queda del intento, disminuye acorde al tiempo real, cuando llega a 0, es fin del intento.
				2	Duración de un intento en la máquina de <b>visualización espacial</b>	Dado un jugador en la escena de desafío de Bisuo	Cuando aún haya tiempo disponible	Entonces se muestra un reloj de arena mostrando la duración que queda del intento. La duración de esta máquina es de 1 min. sin considerar animaciones o efectos.
HU-2019-0009	Como jugador	Quiero conocer mi rendimiento de cada sesión de un minijuego	Para saber que tan bien o mal lo hice	1	Cálculo del score	Dado un jugador en la escena de desafío de máquina	Cuando haya hecho algo bien en el desafío	Entonces el score aumenta y se muestra el número en pantalla
				2	Cálculo de la recompensa	Dado un jugador en la escena de desafío de máquina	Cuando haya hecho algo bien en el desafío	Entonces el número de recompensa aumenta y se muestra el número en pantalla
				3	Visualización de los resultados	Dado un jugador en la	Cuando el tiempo del	Entonces se muestra los resultados

						escena de desafío de máquina	intento ha acabado	obtenidos en el intento (Histograma de avance: RF-2018-0013 4)
				4	Medición del rendimiento en la máquina de <b>visualización espacial</b>	Dado un jugador en la escena de desafío de Bisuo	Cuando haya hecho algo bien en el desafío	Entonces el score y recompensas aumentan. El score y recompensas son calculados en base a qué tan rápido resuelve el caso y al nivel de dificultad. Se calcula la efectividad, la eficacia y eficiencia.

*Fuente: elaboración propia*



**Tabla 73. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Minijuego de visualización espacial y personaje”**

Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación				
ID de la Historia	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
RF-2018-0010	Como jugador	Quiero el minijuego de visualización espacial	Para entrenar mis habilidades espaciales	1	Bloque objetivo	Dado un jugador en la escena de desafío de visualización espacial y el juego haya iniciado	Cuando cada caso del intento inicie	Entonces se calcula y se muestra el bloque objetivo formado por cubos
				2	Bloques alternativa		Cuando cada caso del intento inicie	Entonces se calcula y se muestran alternativas de suma y resta, formadas por cubos, que juntas construyen exactamente el bloque objetivo y otros bloques distractores
				3	Reinicio del bloque constructible		Cuando cada caso del intento inicie	Entonces se eliminan y vacían los cubos del bloque construible
				4	Envío de un bloque alternativa		Cuando elija un bloque de alternativa y lo mande al bloque construible	Entonces se añade el bloque alternativo (suma o resta), se realiza la operación y el resultado se muestra en el bloque construible
				5	Comparación del bloque constructible con el objetivo		Cuando haya enviado todos los bloques alternativa o haya enviado los bloques de alternativa	Entonces los bloques objetivo y construible se comparan y se puntúan en caso de ser correcto o incorrecto. Si es incorrecto se resaltan los cubos dispares.

							necesarios para completar el bloque objetivo	
				6	Reinicio de todos los bloques		Cuando el tiempo disponible por caso haya terminado antes de resolver el caso correctamente o antes de enviar todos los bloques de alternativas	Entonces el bloque objetivo, el bloque construible, y bloques de alternativas se reinician y se prepara un nuevo caso.
RF-2018-0011	Como jugador	Quiero el personaje del minijuego de visualización espacial	Para que sea mi guía en el minijuego	1	Personaje Bizuo	Dado un jugador en la escena de desafío	Cuando explore el entorno 3D	Entonces Bizuo aparece con la posibilidad de interactuar con él

**Fuente: elaboración propia**

**Tabla 74. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Interacción común con personajes”**

Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación				
ID de la Historia	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
RF-2018-0012	Como jugador	Quiero interactuar con los personajes al encontrarlos dentro del planeta	Para entender lo que sucede en el mundo virtual	1	Visualización de opciones de personaje	Dado un jugador en la escena dentro de un planeta	Cuando se acerque al personaje máquina	Entonces se visualiza las opciones de interacción al frente del personaje
				2	Conversación con los personajes	Dado un jugador cerca de un personaje máquina y este tenga diálogos	Cuando elija la opción de conversación con el personaje	Entonces se inicia la conversación con el personaje mostrando un panel de diálogo debajo. Y aparece el botón para continuar y para detener diálogo.
				3	Siguiente diálogo / Fin de diálogo	Dado un jugador cerca de un personaje máquina y haya un diálogo activo	Cuando presione cualquier botón de los controles de realidad virtual o del teclado o mouse (No VR)	Entonces el diálogo continúa al siguiente, en caso de haber más diálogos, y finaliza y se cierra el panel de diálogo en caso de ya no haber más diálogos
				4	Visualización de opciones de la máquina completo	Dado un jugador cerca de un personaje máquina y ya haya jugado el desafío de la	Cuando elija la opción de máquina	Entonces se muestra las opciones de la máquina (Avance, Tabla Highscore, Nivel de dificultad, Objetivo Tutorial y Desafío)

						máquina antes		
				5	Visualización de opciones de la máquina parcial	Dado un jugador cerca de un personaje máquina y no haya jugado su desafío máquina antes	Cuando elija la opción de máquina	Se muestra las opciones de la máquina (Nivel de dificultad, Objetivo, Tutorial y Desafío)
				6	Diálogos con Bizuo del minijuego de <b>visualización espacial</b>	Dado un jugador cerca de Bizuo	Cuando elija la opción de conversación con el personaje	Entonces Bizuo muestra sus diálogos con la posibilidad de ejecutarlos

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 75. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Flujo común de tutorial”**

Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación				
ID de la Historia	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
RF-2018-0013	Como jugador	Quiero un tutorial de cómo jugar antes de iniciar un reto en el minijuego	Para entender qué es lo que debo hacer	1	Inicio del tutorial	Dado un jugador cerca de un personaje máquina y este tenga un tutorial	Cuando elija la opción de Tutorial	Entonces se descarga la escena actual y se carga la escena del tutorial con transiciones (screen fade)
				2	Ejecución del tutorial del minijuego de <b>visualización espacial</b>	Dado un jugador cerca de Bizuo	Cuando la escena de del tutorial este completamente cargado y se visualiza en la pantalla	Entonces se desarrolla el tutorial del minijuego de visualización espacial paso a paso, mostrándose siempre entre las alternativas, un cubo de suma y otro de resta.
				3	Fin del tutorial	Dado un jugador en la escena de tutorial	Cuando el tutorial haya finalizado ó se haya elegido la opción para pasar el tutorial	Entonces el tutorial finaliza, se descarga su escena y carga la escena previa con el jugador en la posición correcta

*Fuente: elaboración propia*

**Tabla 76. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Progresión, guardado de datos y tabla de mejores resultados”**

Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación				
ID de la Historia	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
RF-2018-0014	Como jugador	Quiero conocer mi progreso en el software en general	Para sentir mi avance en el mismo	1	Desbloqueo de niveles de dificultad	Dado un jugador en la escena de desafío de una máquina	Cuando finalice un intento	Entonces se registra el último nivel de dificultad donde se quedó y se desbloquea hasta ese nivel. (Guardado local)
				2	Descubrimiento de lugares dentro de un planeta	Dado un jugador en la escena de un planeta	Cuando llegue a áreas de importancia	Entonces se registra ese lugar como área desbloqueada dónde puede viajar más adelante
				3	Descubrimiento de nuevos planetas	Dado un jugador en la escena de un planeta	Cuando cumpla los requisitos, generalmente historia, para dar por finalizado la exploración en un planeta	Entonces se desbloquea el(los) planeta(s) relacionados (Guardado local)
				4	Visualización del histograma de avance del jugador	Dado un jugador al lado de un personaje máquina y el menú de máquina está mostrado	Cuando presione la opción de “Avance”	Entonces se muestra el histograma del puntaje de sus últimos 7 resultados, cada punto del histograma es un botón, al presionarlo actualiza algunos datos

								extra de métricas de rendimiento
RF-2018-0015	Como Jugador	Quiero que mis datos de rendimiento y progresión sean guardados al completar eventos importantes del juego	Para continuar donde me quedé la última vez	1	Guardado de datos de rendimiento	Dado un jugador en la escena de desafío de una máquina	Cuando finalice el intento	Entonces se guardan los datos de rendimiento obtenidos en el intento relacionadas con la máquina
				2	Guardado de datos de progresión (nivel de dificultad)	Dado un jugador en la escena de desafío de una máquina	Cuando finalice el intento	Entonces se guarda el último nivel alcanzado (verificando que sea el mayor entre el previamente guardado) en el intento relacionada con la máquina
				3	Guardado de datos de progresión (descubrimiento)	Dado un jugador en la escena de un planeta	Cuando cumpla los requisitos de descubrimiento (llegar a un área de importancia o explorar todo el planeta)	Entonces se guarda los lugares de importancia descubiertos o nuevos planetas por explorar, relacionados a un planeta
RF-2018-0016	Como jugador	Quiero comparar mi rendimiento con la de mis compañeros de juego	Para reforzar mi compromiso	1	Mejor resultado de rendimiento personal	Dado un jugador en la escena de desafío de una máquina	Cuando finalice el intento	Entonces se compara el puntaje de este resultado con su previo más alto, se elige el más alto y se envía a la tabla de mejores

								resultados. Si es su puntaje más alto hasta ahora, se muestra un popup con un mensaje de "¡Es tu mejor resultado de todos los tiempos!"
				2	Registro en la tabla de mejores resultados de rendimiento	Dado un jugador en la escena de desafío de una máquina	Cuando finalice el intento y el puntaje actual es su mejor hasta ahora	Entonces se compara el puntaje del resultado actual con los resultados de la tabla de mejores resultados, se recalcula posiciones y se guardan los datos.
				3	Visualización de la tabla de mejores resultados de rendimiento	Dado un jugador al lado de un personaje máquina y el menú de máquina está mostrado	Cuando presione la opción de "Highscore"	Entonces se muestra la tabla con énfasis en la posición actual del jugador con adicional de 5 mejores resultados y 4 resultados menores en caso de no pertenecer a los 10 mejores.

*Fuente: elaboración propia*



**Tabla 77. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Selección de minijuegos y mundo virtual”**

Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación				
ID de la Historia	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
RF-2018-0017	Como jugador	Quiero seleccionar minijuegos	Para tener autonomía y elegir el que quiero intentar	1	Visualización del seleccionador de mini-juegos	Dado un jugador en la escena de selección de planetas	Cuando cargue la escena completamente	Entonces se visualiza un mini sistema planetario con mínimo un mini planeta
				2	Selección del mini planeta	Dado un jugador en la escena de selección de planetas	Cuando se seleccione un mini planeta	Se visualiza la información del planeta y los minijuegos que habitan ahí, con la opción de entrar y volver
				3	Ingreso al planeta	Dado un jugador en la escena de selección de planetas	Cuando se seleccione la opción para entrar al planeta	Se carga la escena del planeta y se ejecuta una transición
RF-2018-0018	Como jugador	Quiero trasladarme de un lugar a otro cuando estoy dentro de un planeta	Para tener libertad de explorar el mundo virtual	1	Visualización del mapa de transportación	Dado un jugador en la escena de un planeta	Cuando se seleccione la opción para abrir el mapa	Se visualiza el mapa del planeta con los lugares disponibles a dónde ir
				2	Teletransportación a un lugar dentro del planeta	Dado un jugador en la escena de un planeta	Cuando se seleccione un lugar dentro del mapa y se	Se teletransporta al lugar indicado dentro del planeta

							tenga los recursos necesarios	
RF-2018-0019	Como jugador	Quiero el planeta Kubikai	Para explorar su territorio y fortalecer la ilusión de lugar	1	Planeta Kubikai	Dado un jugador en la escena del planeta Kubikai	Cuando cargue la escena completamente	Entonces se visualiza el entorno del planeta Kubikai

***Fuente: elaboración propia***

**Tabla 78. Historias de usuario y sus criterios de aceptación del entregable “Archivos locales de guardado del jugador”**

Enunciado de la Historia				Criterios de Aceptación				
ID de la Historia	Rol	Característica / Funcionalidad	Razón / Resultado	Número (#) de Escenario	Criterio de Aceptación (Título)	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
RF-2018-0020	Como jugador	Quiero guardar varios slots de datos	Para permitir que en un mismo equipo electrónico puedan jugar varias personas	1	Visualización de slots de datos	Dado un jugador en la escena de Selección de guardado al iniciar el juego	Cuando carga la escena completamente	Entonces se visualizan slots de No Data y los guardados previamente (fecha de guardado, nombre, % de completitud de todo el juego, captura de pantalla)
				2	Guardado de un nuevo slot de datos	Dado un jugador en la escena de Selección de guardado	Cuando elija Nuevo Juego o es la primera vez que inicia el juego	Entonces se guarda los datos de perfil del jugador (Nombre) y se carga la escena de juego
				3	Continuación en un slot de datos	Dado un jugador en la escena de Selección de guardado	Cuando elija un slot guardado previamente y presione la opción 'Ok'	Entonces se carga la escena donde ocurrió el último guardado.
				4	Eliminación de un slot de datos	Dado un jugador en la escena de Selección de guardado	Cuando elija un slot guardado previamente y presione la opción 'Eliminar'	Entonces se elimina el slot de datos y se vuelve a cargar la lista de slots.

**Fuente: elaboración propia**

## Anexo 4. Guiones gráficos de las historias de usuario

En la Figura 209 se muestra la secuencia de acciones que el usuario debe hacer para rotar y mover la cámara, el objeto por donde ve el mundo virtual.

Project: Future Machine Storyboard 1: Rotación y movimiento de la cámara

Date:

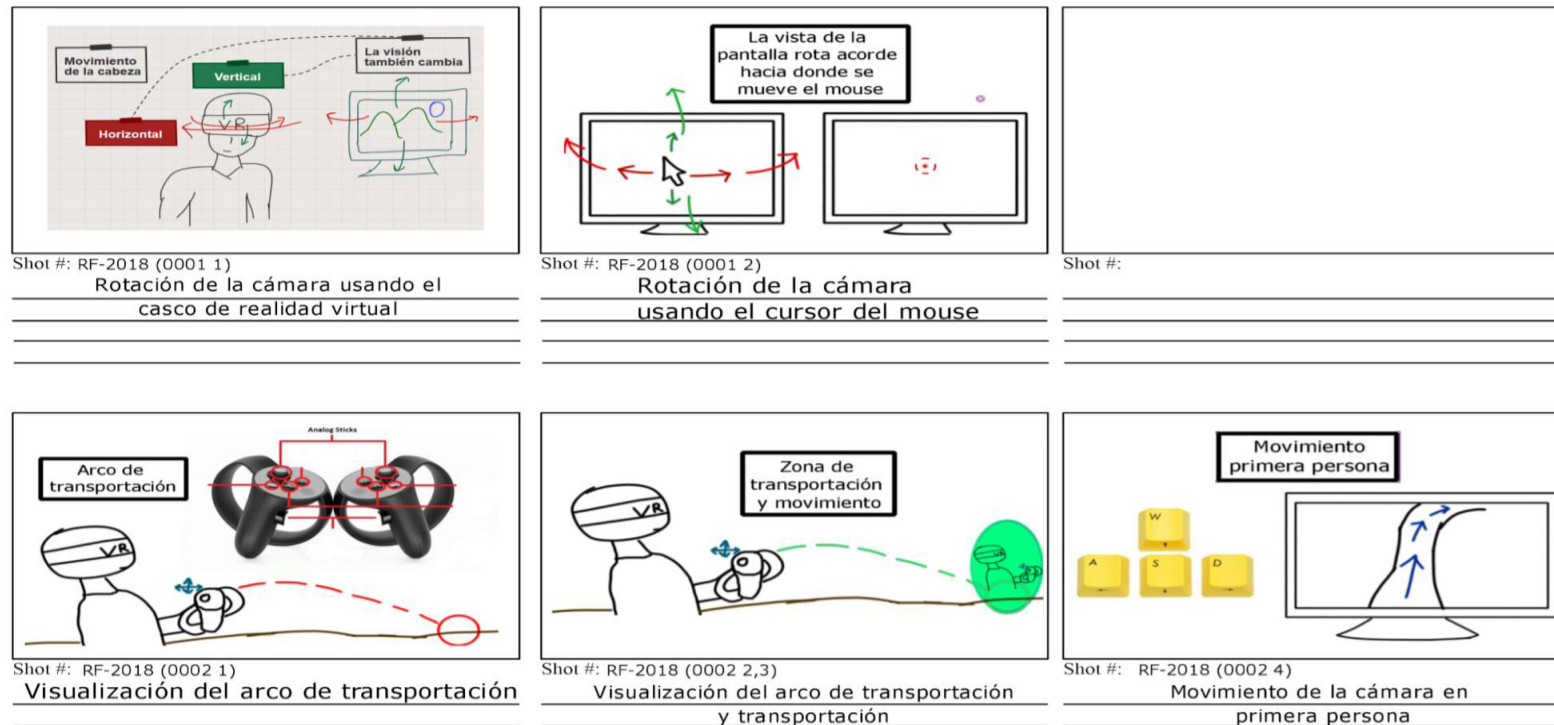
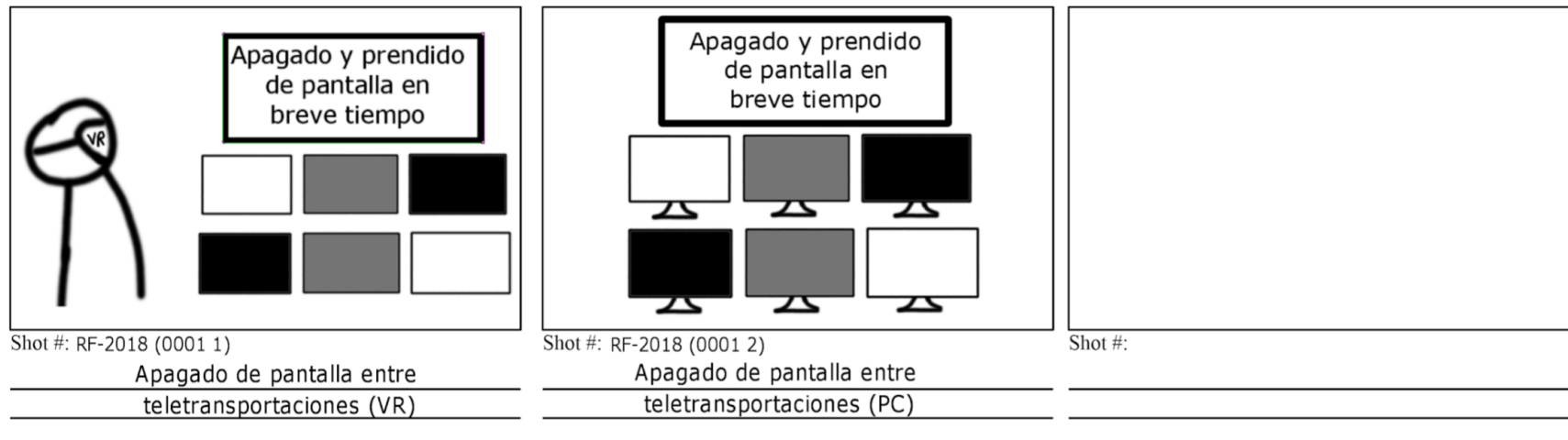


Figura 209. Storyboard 1 - RF-2018-0001, 0002  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 210 se muestra la acción de Apagado de pantalla en la versión de Realidad Virtual y No Realidad Virtual, que el usuario puede ver cuando se teletransporta o cambia de escena.

Project: Future Machine Storyboard 2: Apagado de pantalla

Date:



**Figura 210. Storyboard 2 - RF-2018-0003**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 211 se muestra la secuencia de acciones básicas del avatar de manos de la versión de realidad virtual, que el usuario puede hacer usando los controles.

Project:Future Machine Storyboard 3: Avatar de las manos

Date:



Shot #: RF-2018 (0002 1)

Avatar en forma de manos 3D



Shot #: RF-2018 (0002 2)

Animaciones de las manos



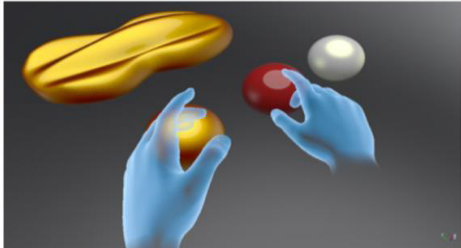
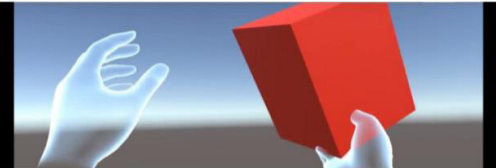




Shot #:

**Figura 211. Storyboard 3 - RF-2018-0004**  
**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 212 se muestra la secuencia de acciones que el usuario puede hacer para interactuar con objetos usando los controles de realidad virtual y el mouse, para la versión sin realidad virtual.

Project: Future Machine Storyboard 4 - Interacción con objetos

Date:

		
<p>Shot #: RF-2018 (0005 1) Tocar/activar objetos y botones.</p>	<p>Shot #: RF-2018 (0005 2) Levantar/llevar objetos.</p>	<p>Shot #: RF-2018 (0005 3) Soltar/lanzar objetos.</p>
		
<p>Shot #: RF-2018 (0005 4) Poses para interacciones al tocar o levantar objetos</p>	<p>Shot #: RF-2018 (0005 5) Selección de objetos interactivos (PC) al enfocarlos al centro de la pantalla.</p>	<p>Shot #: RF-2018 (0005 6) Activar objetos interactivos al hacer click cuando haya un objeto en el centro de la pantalla (PC)</p>

**Figura 212. Storyboard 4 - HU-2019-0005**  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 213 se muestran las mecánicas comunes que tienen todas las máquinas de minijuegos, ejemplificadas en el minijuego para entrenamiento de la habilidad de visualización espacial.

Project: Future Machine Storyboard 5: Opciones, objetivo y dificultad del minijuego de Visualización Espacial

Date:

<p>Shot #: RF-2018 (0006 1,2) (0007 1) (0011 5)</p> <p>Está es la pantalla de desafío Future Machine parcial. Se ve el nombre de la máquina, el objetivo y nivel de dificultad que se puede modificar. También está las opciones para ver el Tutorial y Jugar.</p>	<p>Shot #: RF-2018-0007 1</p> <p>Si el nivel de dificultad está bloqueado la opción de Jugar también queda bloqueado</p>	<p>Shot #: RF-2018-0006 3</p> <p>Al presionar el botón "jugar", aparece el objetivo a batir y carga la escena de desafío de máquina</p>
<p>Shot #: RF-2018 (0006 3,4) (0007 2,4)</p> <p>Al cargar la escena se visualiza la siguiente pantalla. El nivel de dificultad, seguimiento del objetivo y la opción Empezar.</p>	<p>Shot #: RF-2018 (0006 5)</p> <p>Al presionar la opción Empezar se contabiliza 321 antes que empiece el intento</p>	<p>Shot #: RF-2018 (0007 3,5) (0008 1,2) (0009 1,2,4)</p> <p>La dificultad es dinámica durante el juego, sube o baja de acuerdo al rendimiento. El tiempo del intento es mostrado por un reloj de arena. El score y recompensa es calculado en base al rendimiento y la dificultad</p>

Figura 213. Storyboard 5 - HU-2019-0006,0007,0008,0009  
Fuente: elaboración propia



En la Figura 214 se muestra la secuencia del juego de la máquina de visualización espacial.

Project: Future Machine Storyboard 6 - Flujo del minijuego de Visualización Espacial

Date:

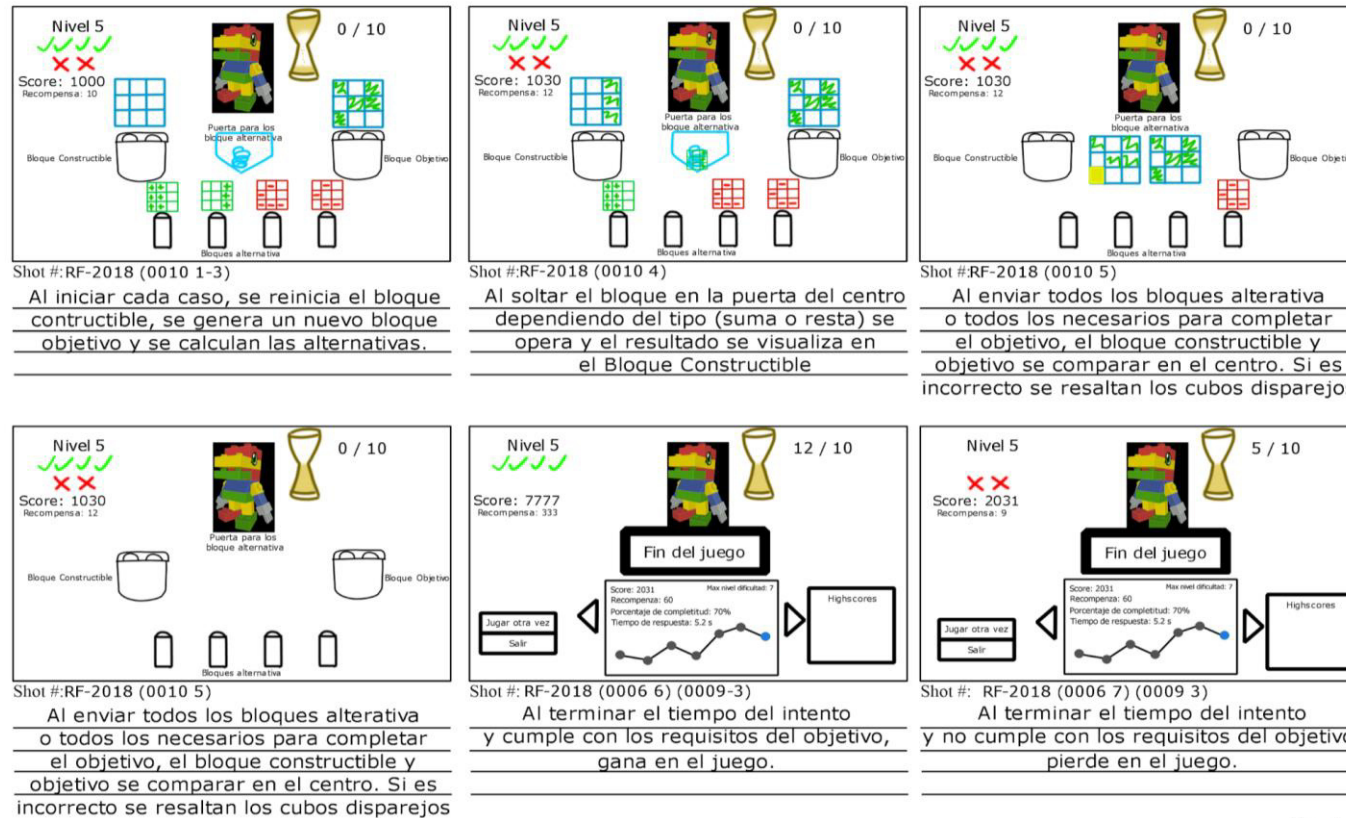


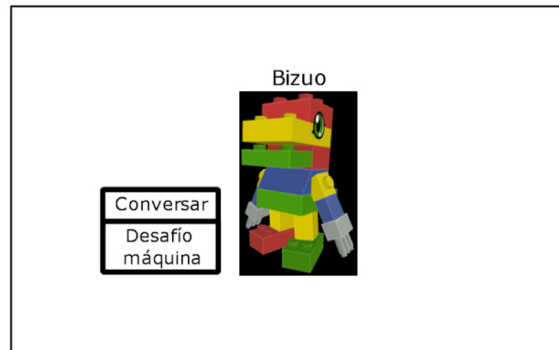
Figura 214. Storyboard 6 - HU-2019-0006,0010, 0011

Fuente: elaboración propia

En la Figura 215 se muestra la secuencia de la interacción con un personaje.

Project: Future Machine Storyboard 7: Opciones del personaje de la máquina

Date:



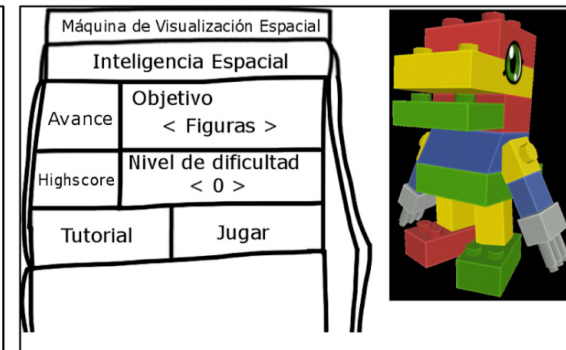
Shot #: RF-2018 (0011 1)

Al acercarse a un personaje aparecen opciones disponibles



Shot #: RF-2018 (0011 2)

Al elegir la opción de conversación, se inicia el diálogo con el personaje. Si presiona la opción "Continuar" continúa al siguiente, si no hay más diálogos se cierra el panel y reaparecen las opciones.



Shot #: RF-2018 (0011 4)

Al presionar la opción "Desafío de máquina" aparece esta pantalla, está es la versión con las opciones "Avance" y "Highscore" activos.

**Figura 215. Storyboard 7 - HU-2019-0012**  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 216 se muestra la secuencia de acciones del tutorial del minijuego de visualización espacial.

Project: Future Machine Storyboard 8 - Tutorial del minijuego de Visualización Espacial

Date:

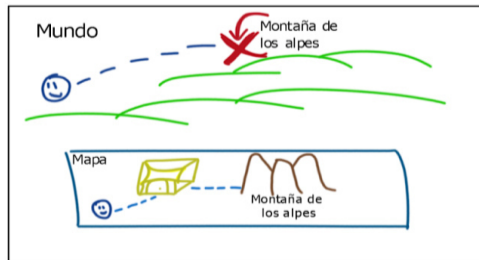
<p>Shot #RF-2018 (0012 1)</p> <p>Para iniciar el tutorial necesita presionar la opción "Tutorial" del menú de desafío de máquina</p>	<p>Shot #RF-2018 (0012 2)</p> <p>La primera indicación consiste en mostrar el bloque objetivo en el centro, debe presionar la opción para continuar (botón A o B VR, click al botón PC)</p>	<p>Shot #RF-2018 (0012 2)</p> <p>Luego el bloque objetivo va hacia la derecha y aparecen los bloques alternativa, el bloque de suma brilla y es el unico que se puede escoger. Al agarrarlo en frente de la puerta aparece un holograma cúbico</p>
<p>Shot #RF-2018 (0012 2)</p> <p>Al soltar el bloque alternativa en la puerta se realiza la operación y el resultado se almacena en el bloque constructible. Ahora el bloque de resta se ilumina y el holograma en el centro se sigue visualizando</p>	<p>Shot #RF-2018 (0012 2)</p> <p>Al enviar el bloque restante, se realiza la operación y se comparan en el centro, al ser iguales aumenta el score y finaliza el tiempo y el tutorial.</p>	<p>Shot #RF-2018 (0012 3)</p> <p>Al final aparece dos opciones para salir o reiniciar el tutorial</p>

Figura 216. Storyboard 8 - HU-2019-0013  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 217 se muestra la secuencia de mecánica comunes de todos los minijuegos, sobre progresión, avance del jugador y tabla de mejores resultados.

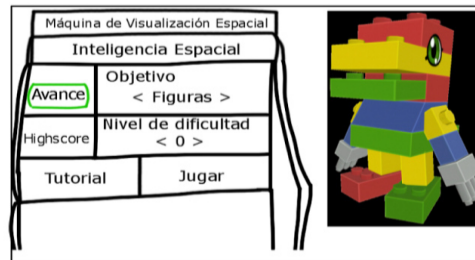
Project: Future Machine Storyboard 9 - Progresión, avance y highscores

Date:



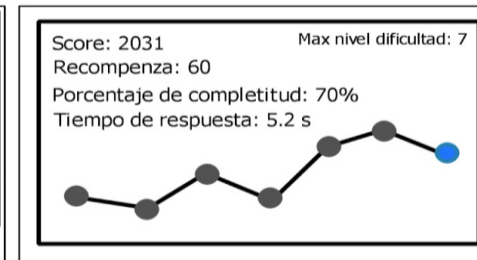
Shot #RF-2018 (0013 2)

Al llegar un área de importancia se guarda como área explorable, donde se puede acceder a través del mapa



Shot #RF-2018 (0013 4)

Al estar al lado de un personaje máquina, seleccionada la opción "Avance" para ver su avance en el minijuego



Shot #RF-2018 (0013 4)

Está es el histograma de los últimos 7 resultados, cada punto en el, es un botón, al presionarlo muestra más detalles del intento.



Shot #: RF-2018 (0015 1)

Al finalizar un intento, se compara con su mayor resultado previo y si es el mayor, se muestra un mensaje.



Shot #:RF-2018 (0015 2)

Si es el mejor resultado se compara con los mejores resultados globales y se recalculan las posiciones

7 Elias 7777
8 Moises 7134
9 Esther 6782
10 Isaac 6315
11 Gedeón 5723
12 Tomas 5123
13 Ruth 4870
14 José 4520
15 Juan 3900
16 Judas 2031

Shot #: RF-2018 (0015 3)

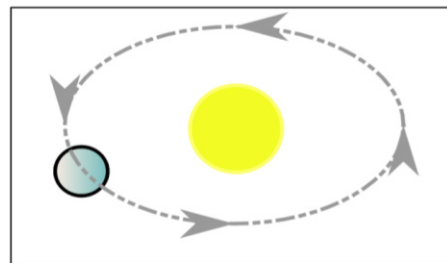
Está es la tabla de mejores resultados. Se muestran 10 resultados, 5 mejores y 4 menores.

**Figura 217. Storyboard 9 - HU-2019-0014,0015,0016**  
Fuente: elaboración propia

En la Figura 218 se muestra la secuencia de la mecánica de selección de planetas (dentro están los personajes de las máquinas de videojuegos) y la secuencia de teletransportación a largas distancias.

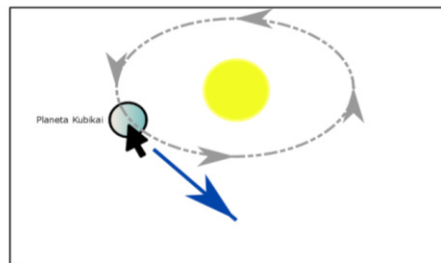
Project: Future Machine Storyboard 10 - Selección de planetas y transporte a largas distancias

Date:



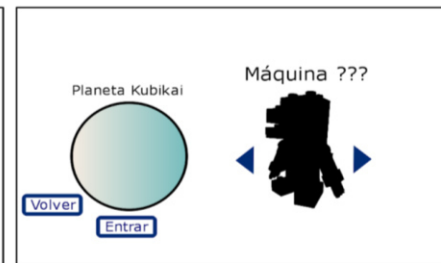
Shot #: RF-2018 (0016 1)

Al ingresar a la escena de selección de planetas (base), aparece un mini sistema planetario donde orbitan los planetas donde puede viajar



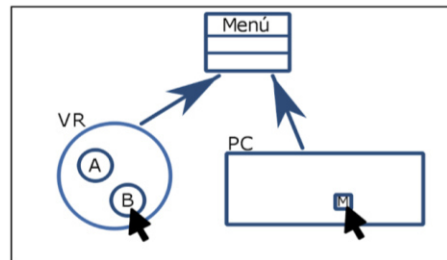
Shot #: RF-2018 (0016 2)

Al seleccionar un planeta se visualizan sus detalles.



Shot #: RF-2018 (0016 2)

Se muestra la lista de Future machines disponibles y las opciones para Entrar y Volver.



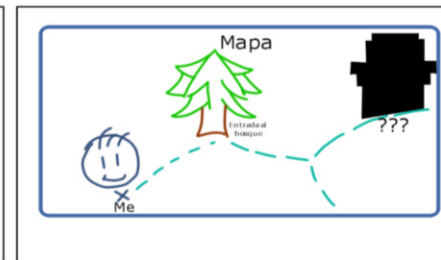
Shot #: RF-2018 (0017 1)

Al presionar los botones respectivos, si es la versión de realidad virtual o no, se abre el menú con opciones.



Shot #: RF-2018 (0017 1)

Está es la lista de opciones en el Menú. Abrir el mapa y volver a la base, la escena de selección de planetas



Shot #: RF-2018 (0017 2)

Al abrir el mapa y seleccionar un lugar descubierto, el personaje es transportado ahí.

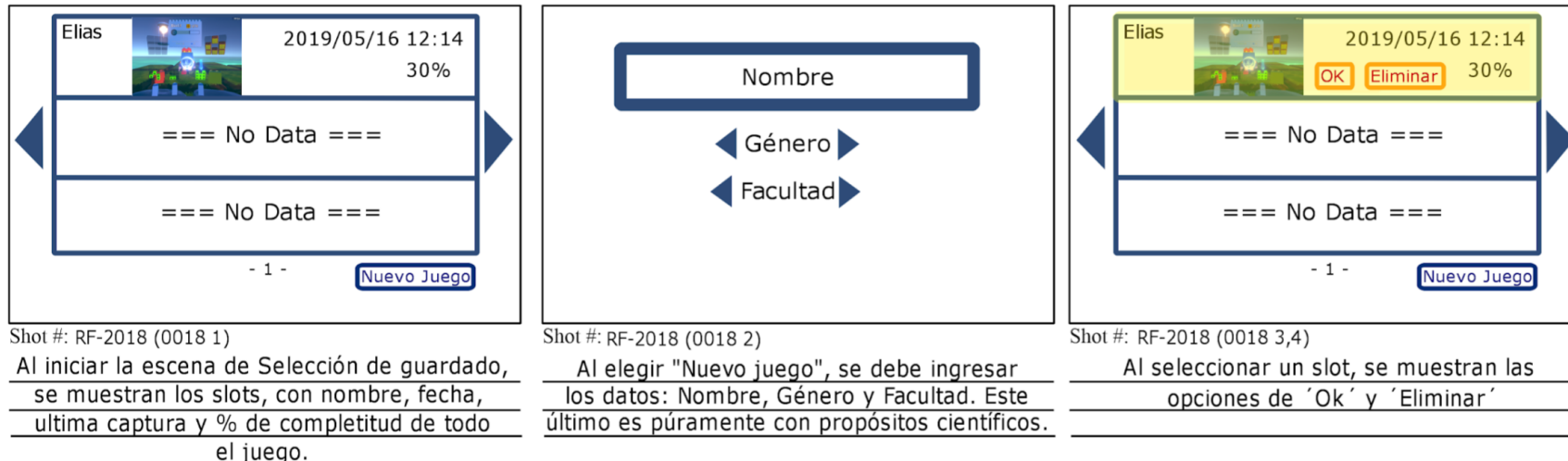
**Figura 218. Storyboard 10 - HU-2019-0017,0018,0019**

**Fuente: elaboración propia**

En la Figura 219 se muestra la secuencia de registro de un nuevo jugador

Project: Future Machine Storyboard 11: Slots de guardado de datos

Date:



**Figura 219. Storyboard 11 - RF-2018-0020**  
**Fuente: elaboración propia**

## Anexo 5. Encuesta de Jugabilidad (Satisfacción y Seguridad)

### DATOS DE PERFIL:

1. Género:
  - A) Varón
  - B) Mujer
2. Edad:
  - A) 14 años o menos
  - B) 15 - 17 años
  - C) 18 - 20 años
  - D) 20 años o más
3. Horas dedicadas a videojuego en una semana:
  - A) 1 hora o menos
  - B) 2 – 3 horas
  - C) 4 – 5 horas
  - D) 6 – 7 horas
  - E) 8 horas o más
4. ¿Tiene experiencia en videojuegos de inteligencias?
  - A) Sí
  - B) No
5. ¿Ha usado antes aplicaciones para plataformas de Realidad Virtual?
  - A) Sí
  - B) No

### PREGUNTAS DE SATISFACCIÓN

Las siguientes preguntas clasifíquelas del 1 (más

negativo) al 10 (más positivo).

Marque una sola opción con X:

6. ¿Las mecánicas le parecieron divertidas e interesantes? (las reglas, las opciones, el mundo, la dificultad)?

① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

7. ¿Volvería a utilizar el videojuego?

① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

8. ¿El juego le pareció fácil de aprender?

① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

9. ¿El juego tuvo diferentes niveles de dificultad que se adaptó a sus habilidades?

① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

10. ¿El videojuego tuvo diversidad (el mundo, los diálogos, los desafíos)?

① ② ③ ④ ⑤  
⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

11. ¿El videojuego usó correctamente el dispositivo

para el cual fue desarrollado (teclado o controles touch de Oculus)?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

**12.** ¿El juego le ofreció ayuda textual y dinámica a los retos presentados?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

**13.** ¿El juego le permitió interactuar con los diferentes elementos del mundo virtual?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦  
⑧ ⑨ ⑩

**14.** ¿Los movimientos que realizó con el teclado o los touch de oculus (Manos virtuales) se plasmaron inmediatamente en el videojuego y fueron precisos?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

**15.** No se percibieron caídas o lentitud en las animaciones al interactuar con un gran número de elementos

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

**16.** ¿El sistema de cámara le ayudó a captar correctamente la

acción del juego?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

**17.** ¿El sistema de control (botones), paneles y diálogos le parecieron atractivos?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

**18.** ¿Fue fácil aprender y memorizar los controles (teclado o touch de Oculus)?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

**19.** ¿El sistema le mostró retroalimentación (estado, puntuación, acciones correctas e incorrectas) por cada acción que realizó cuando fue debido?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦  
⑧ ⑨ ⑩

**20.** ¿El uso de colores y sonidos fue adecuado a las acciones del juego y al mundo virtual?

- ① ② ③ ④ ⑤  
⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

**21.** ¿Los elementos visuales y sonoros fueron de su agrado?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦  
⑧ ⑨ ⑩



22. ¿Le interesaría invertir su tiempo y llegar al nivel final del videojuego?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦  
⑧ ⑨ ⑩

23. ¿Si tuviera que elegir preferiría el videojuego frente a la prueba en papel?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

24. ¿Cuál es su valoración final del videojuego?

- ① ② ③ ④ ⑤ ⑥  
⑦ ⑧ ⑨ ⑩

**PREGUNTAS DE SEGURIDAD Y LIBERTAD DE RIESGOS:**

25. ¿Identificó algún problema o daño que le ocasiono a usted al usar el videojuego? (Lesiones, golpes, etc.)

- A) Sí  
B) No

En caso de "Sí", especifíquelos por favor:

26. ¿Identificó algún error propio del videojuego que le impidió usarlo y continuar como es debido?

- A) Sí

B) No

En caso de "Sí" lístelos por favor:




## Anexo 6. Prueba de visualización espacial

Tiene 15 minutos para resolver las siguientes preguntas de visualización espacial.

En cada caso cuenta con un **modelo (parte superior)** y hasta 6 alternativas que **SUMAN (+)** y **RESTAN (-)** bloques. El objetivo es elegir **TODAS** las alternativas necesarias y escribir el orden que eligió para formar **exactamente** el modelo presentado.

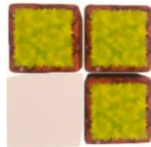



- **Género:**            ( ) Varón    ( ) Mujer
- **Edad:**  
     ( ) 14 años o menos    ( ) 15 – 17 años    ( ) 18 – 20 años    ( ) 20 años o más
- **Facultad/Carrera:** \_\_\_\_\_

**Ejemplo:**

a)                      b)



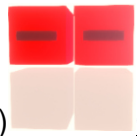
**Orden:** a b

a)                      b)                      c)

**Orden:** \_\_\_\_\_

1.

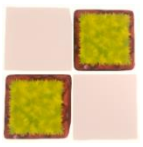

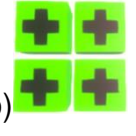


  

  


a)                      b)

**Orden:** \_\_\_\_\_

2.

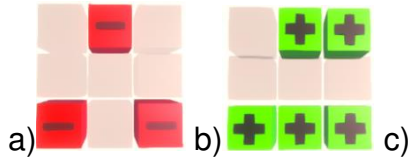
3.

a)                      b)                      c)

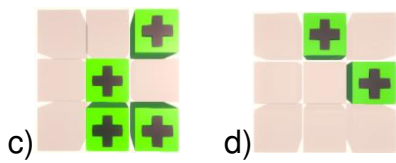
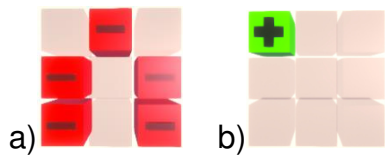
**Orden:** \_\_\_\_\_

4.



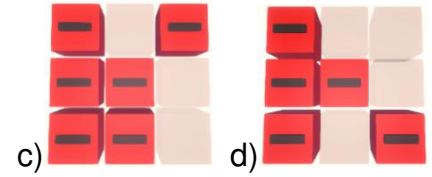
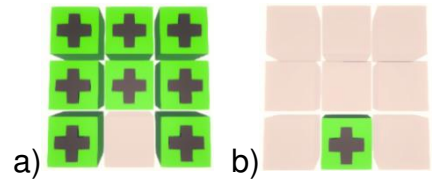
**Orden:** \_\_\_\_\_

5.



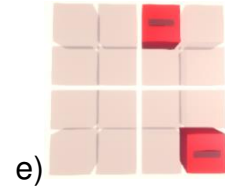
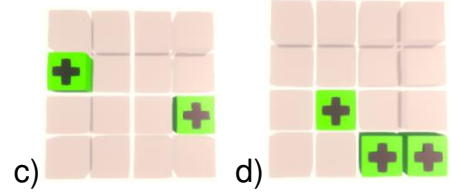
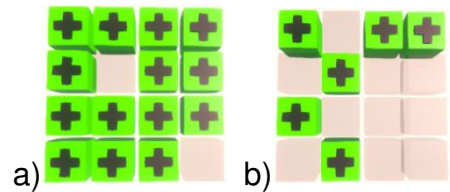
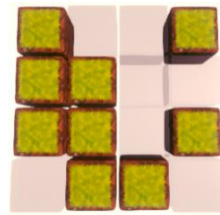
**Orden:** \_\_\_\_\_

6.



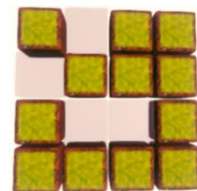
**Orden:** \_\_\_\_\_

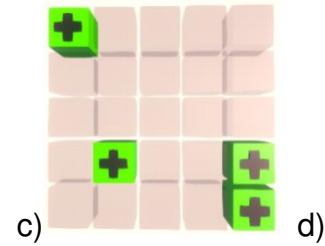
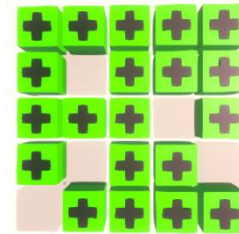
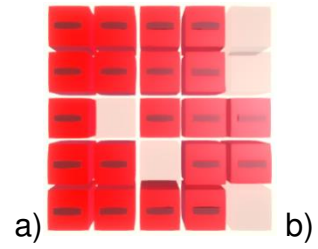
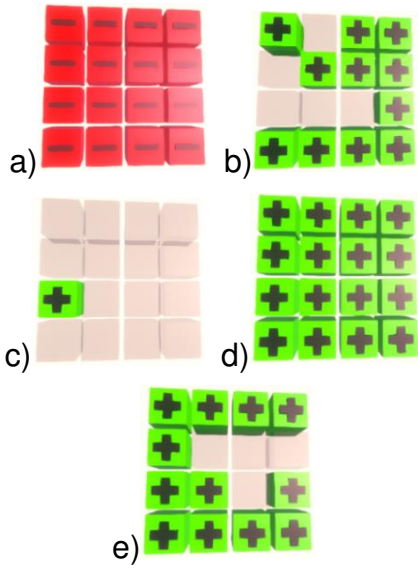
7.



**Orden:** \_\_\_\_\_

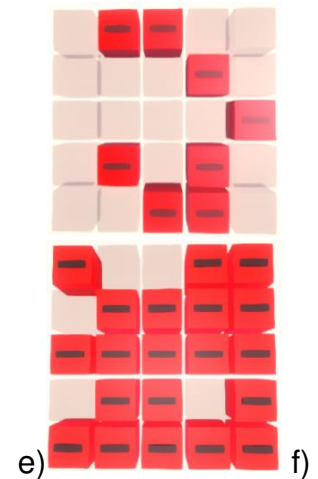
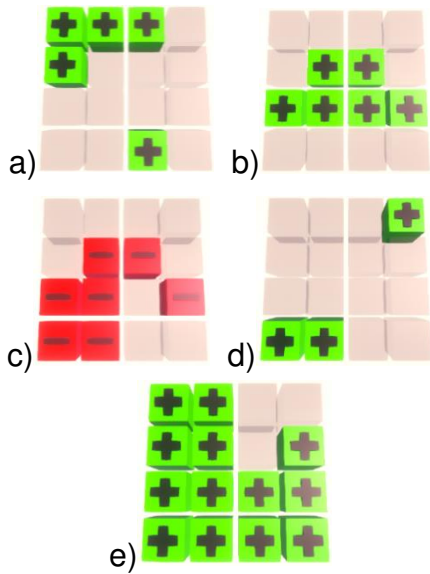
8.





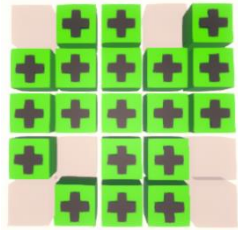
**Orden:** \_\_\_\_\_

9.



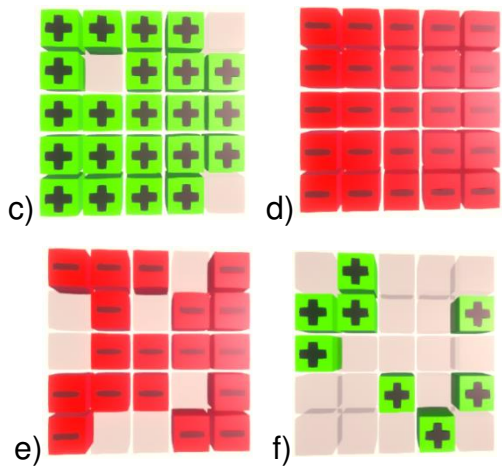
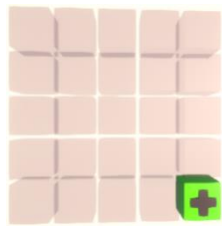
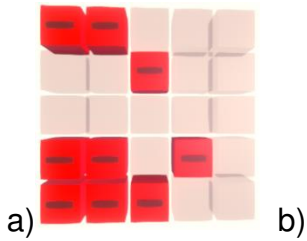
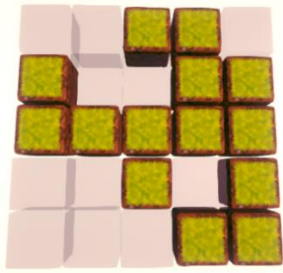
**Orden:** \_\_\_\_\_

10.



**Orden:** \_\_\_\_\_

11.



**Orden:** \_\_\_\_\_

**Anexo 7. Usuario interactuando con el videojuego (versión realidad virtual)**



**Anexo 8. Usuarios interactuando con el videojuego (versión no realidad virtual)**

