



Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

**Desarrollo de un exergame con tecnología de Realidad Virtual y Neural
Trainer para monitorear la actividad física en escolares de Arequipa.**

Tesis presentada por:

Chavez Salas, Nadia Yunorvi

ORCID: 0000-0001-8034-0053

Valverde Riveros, Maria Fernanda

ORCID: 0009-0007-2828-6652

para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

Asesora:

Dra. Rosas Paredes, Karina

ORCID: 0000-0003-4650-7432

Arequipa - Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA DE SISTEMAS

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 08 de Abril del 2026

Dictamen: 015067-C-EPIS-2026

Visto el borrador del expediente 015067, presentado por:

2020201282 - CHAVEZ SALAS NADIA YUNORVI

2020803262 - VALVERDE RIVEROS MARIA FERNANDA

Titulado:

**DESARROLLO DE UN EXERGAME CON TECNOLOGÍA DE REALIDAD VIRTUAL Y NEURAL
TRAINER PARA MONITOREAR LA ACTIVIDAD FÍSICA EN ESCOLARES DE AREQUIPA.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO DE SISTEMAS

**29302116 - DELGADO DELGADO FREDY RAMIRO
DICTAMINADOR**



**29612305 - SULLA TORRES JOSE ALFREDO
DICTAMINADOR**



**43635330 - ESQUICHA TEJADA JOSE DAVID
DICTAMINADOR**



Desarrollo de un exergame con tecnología de Realidad Virtual y Neural Trainer para monitorear la actividad física en escolares de Arequipa.

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María	1%
	Trabajo del estudiante	
2	biblioteca.ciencialatina.org	1%
	Fuente de Internet	
3	www.risti.xyz	1%
	Fuente de Internet	
4	zagan.unizar.es	1%
	Fuente de Internet	
5	burjcdigital.urjc.es	1%
	Fuente de Internet	

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

Dedicatoria

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, por guiarme y darme la fortaleza necesaria para no rendirme y seguir adelante en cada etapa de este camino. A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio, que fueron el motor principal para alcanzar este logro. A mis hermanos, por su compañía y confianza. A mis sobrinos, con la esperanza de que este trabajo sea un ejemplo para que sigan sus sueños y nunca se rindan. A mi abuelita Elba, quien desde el cielo me cuida, me acompaña y sigue siendo una fuente de inspiración en cada paso de mi vida. Finalmente, a mis ingenieros, por sus enseñanzas, orientación y apoyo durante toda mi formación académica.

Nadia Yunorvi Chavez Salas

Dedico esta tesis, en primer lugar, a Dios, por acompañarme en todo momento y darme la fuerza para seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. A mis padres y a toda mi familia, por su confianza y amor constante, por creer siempre en mí y estar presentes en cada etapa de este proceso. A mi hermana y a mis primos, para que este logro sea una motivación y un ejemplo de que con esfuerzo y perseverancia los sueños se pueden cumplir. A mis abuelos, quienes desde el cielo me cuidan, me acompañan y sé que se sienten orgullosos de este logro. Finalmente, a mis ingenieros, por su guía, paciencia y enseñanzas que contribuyeron a mi crecimiento personal y profesional.

María Fernanda Valverde Riveros

Agradecimientos

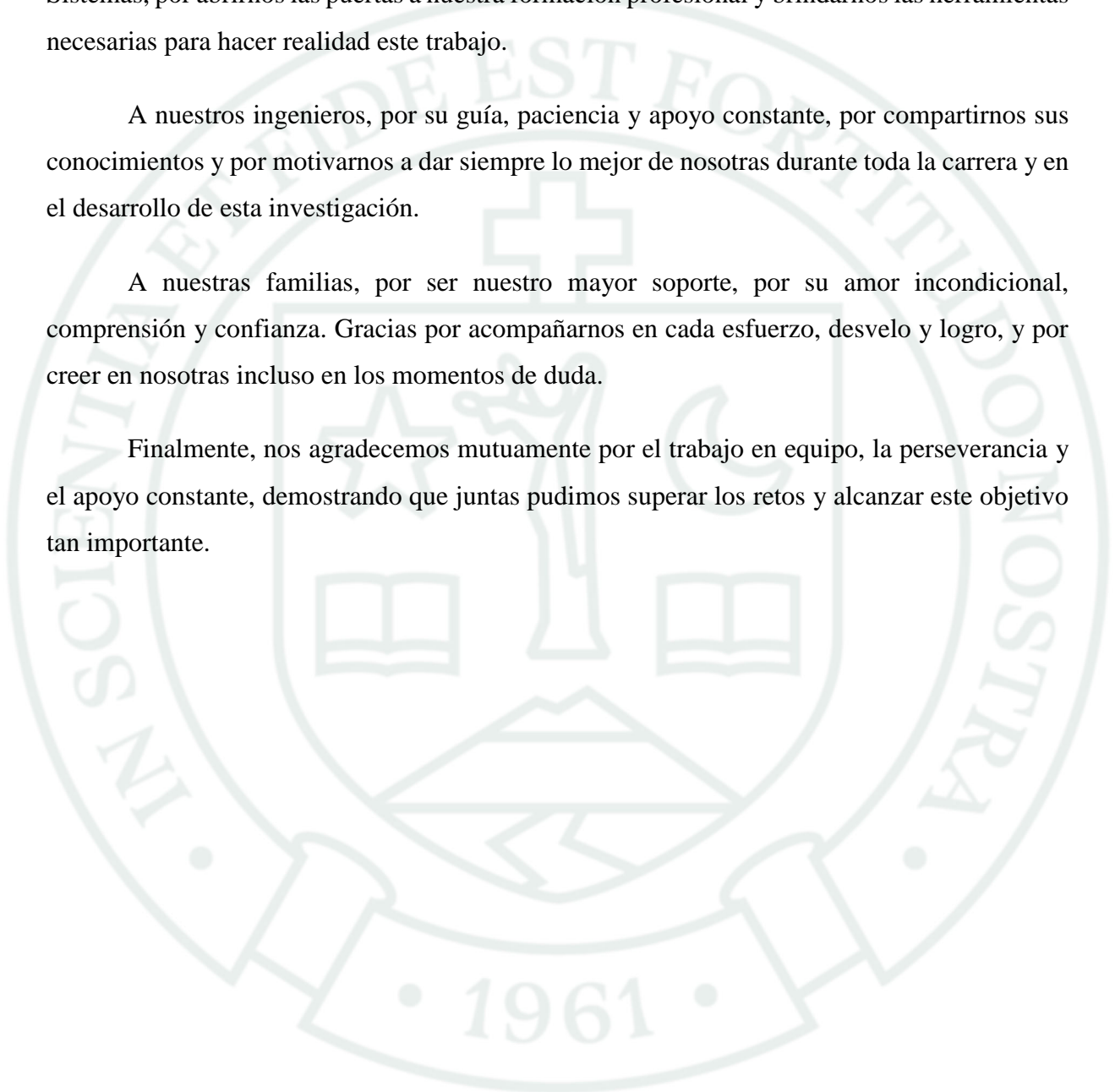
Agradecemos a Dios, por acompañarnos en cada paso de este camino, por darnos la fuerza para seguir adelante cuando parecía difícil y por no soltarnos nunca en este proceso.

A la Universidad Católica de Santa María y a la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, por abrirnos las puertas a nuestra formación profesional y brindarnos las herramientas necesarias para hacer realidad este trabajo.

A nuestros ingenieros, por su guía, paciencia y apoyo constante, por compartirnos sus conocimientos y por motivarnos a dar siempre lo mejor de nosotras durante toda la carrera y en el desarrollo de esta investigación.

A nuestras familias, por ser nuestro mayor soporte, por su amor incondicional, comprensión y confianza. Gracias por acompañarnos en cada esfuerzo, desvelo y logro, y por creer en nosotras incluso en los momentos de duda.

Finalmente, nos agradecemos mutuamente por el trabajo en equipo, la perseverancia y el apoyo constante, demostrando que juntas pudimos superar los retos y alcanzar este objetivo tan importante.



RESUMEN

El monitoreo de la actividad física en escolares continúa realizándose, en muchos casos, mediante métodos tradicionales que limitan la precisión del registro y la sistematización de los datos. Frente a este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo desarrollar un exergame con tecnología de realidad virtual basado en el sistema Neural Trainer, orientado al monitoreo de la actividad física y de los indicadores de desempeño en escolares de Arequipa durante el año 2025.

El estudio consistió en el diseño e implementación de un exergame inmersivo que replica la prueba de agilidad “Secuencia de 2 Colores” del Neural Trainer físico, utilizando dispositivos Oculus Quest y el motor de desarrollo Unity. La metodología aplicada fue de tipo no experimental, con un enfoque descriptivo-comparativo, evaluando a escolares entre 8 y 17 años mediante sesiones en dos modalidades: el sistema Neural Trainer tradicional y su equivalente en realidad virtual. Se registraron indicadores como aciertos, errores, tiempos de reacción y tiempo total de ejecución.

Los resultados evidenciaron que el exergame en realidad virtual presentó un desempeño comparable al sistema físico, sin diferencias estadísticamente significativas en las variables evaluadas ($p > 0.05$), y con una relación positiva entre ambos entornos. Asimismo, el análisis de regresión mostró un alto nivel de consistencia en las mediciones ($R^2 = 0.78$), evidenciando la estabilidad del sistema. La modalidad virtual permitió además la automatización del registro de datos y la reducción de la intervención manual.

Se concluye que el exergame desarrollado constituye una alternativa viable e innovadora para el monitoreo de la actividad física y de los indicadores de desempeño en contextos educativos.

Palabras claves: *Exergame, actividad física, escolares.*

ABSTRACT

The monitoring of physical activity among schoolchildren continues to be carried out, in many cases, using traditional methods that limit the accuracy of data collection and systematization. Against this backdrop, the objective of this study was to develop a virtual reality-based exergame using the Neural Trainer system, designed to monitor physical activity and performance indicators among schoolchildren in Arequipa in 2025.

The study involved the design and implementation of an immersive exergame that replicates the “2-Color Sequence” agility test from the physical Neural Trainer, using Oculus Quest devices and the Unity development engine. The methodology used was non-experimental, with a descriptive-comparative approach, evaluating schoolchildren aged 8 to 17 through sessions in two modalities: the traditional Neural Trainer system and its virtual reality equivalent. Indicators such as correct responses, errors, reaction times, and total execution time were recorded.

The results showed that the virtual reality exergame performed comparably to the physical system, with no statistically significant differences in the variables evaluated ($p > 0.05$), and a positive correlation between the two environments. Furthermore, the regression analysis revealed a high level of consistency in the measurements ($R^2 = 0.78$), demonstrating the system’s stability. The virtual modality also allowed for the automation of data recording and a reduction in manual intervention.

It is concluded that the exergame developed represents a viable and innovative alternative for monitoring physical activity and performance indicators in educational settings.

Keywords: *Exergame, physical activity, schoolchildren.*

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.1. Planteamiento del Problema	4
1.2. Objetivos de la Investigación	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos	6
1.3. Preguntas de Investigación	6
1.4. Formulación de la Hipótesis, Variables, Indicadores	6
1.5. Línea y Sub Línea de Investigación a la que corresponde el Problema	7
1.5.1. Línea de Investigación	7
1.5.2. Sub-línea de Investigación	7
1.6. Palabras Clave	7
1.7. Solución Propuesta.	8
1.7.1. Justificación e Importancia.....	8
1.7.2. Descripción de la Solución.....	8
1.7.3. Aporte.....	9
CAPÍTULO II	11
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	12
2.1. Antecedentes de la Investigación	12
2.1.1. Actividad física en escolares	12
2.1.2. Tecnologías en educación física.....	12
2.1.3. Realidad virtual para monitorear la actividad física.....	13
2.2. Estado del Arte	16
2.3. Bases Teóricas de la Investigación.....	26
2.3.1. Juego lúdico o exergame	26
2.3.2. Actividad Física en escolares	26
2.3.3. Realidad Virtual	27

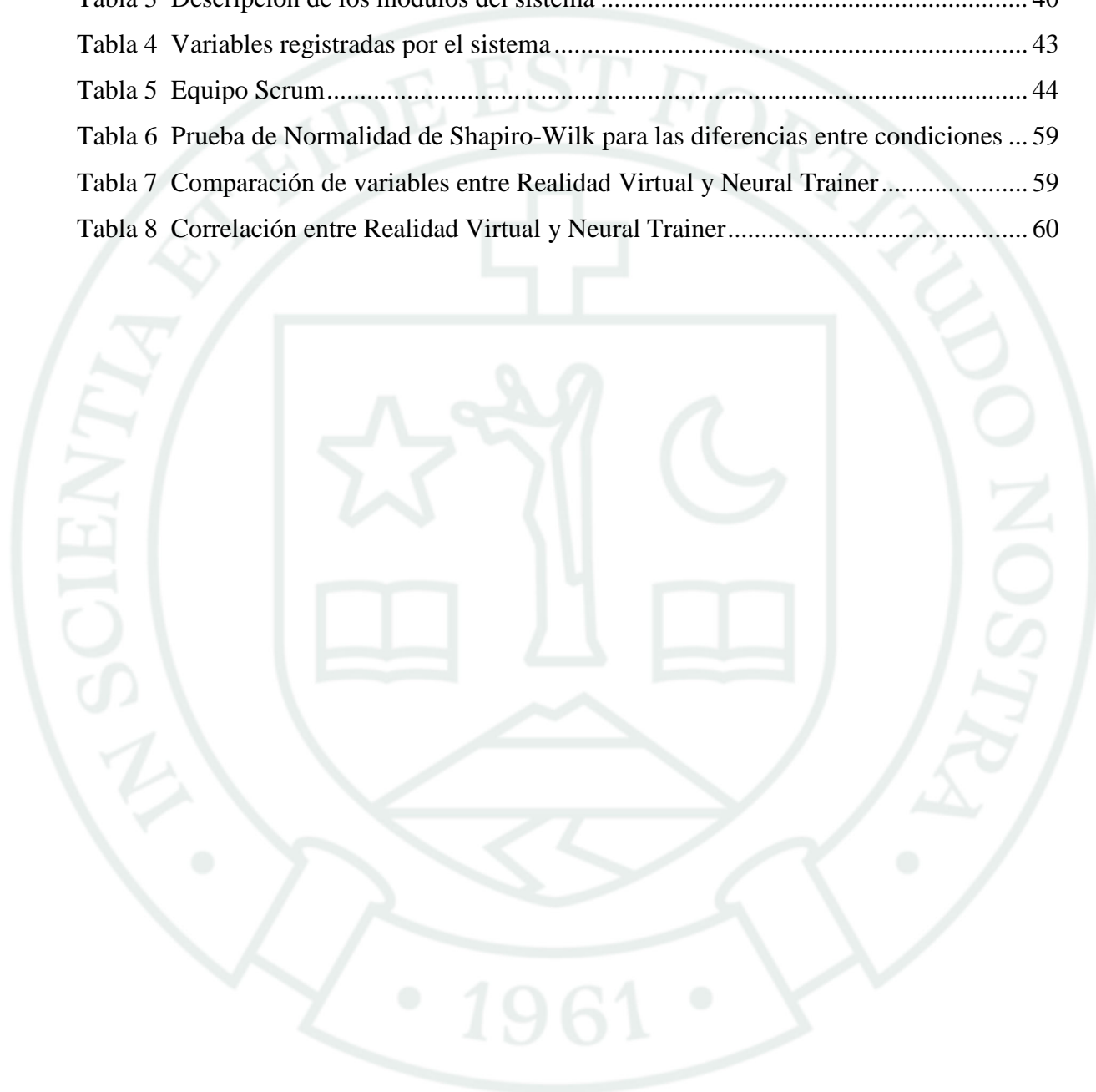
2.3.4. Neural Trainer	27
2.3.5. Scrum	28
CAPÍTULO III	30
3. MARCO METODOLÓGICO	31
3.1. Alcances y Limitaciones.....	31
3.1.1. Alcances	31
3.1.2. Limitaciones	31
3.2. Tipo y Nivel de la Investigación	32
3.2.1. Tipo de Investigación	32
3.2.2. Nivel de Investigación.....	32
3.3. Universo, Población y Muestra	33
3.4. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	33
3.4.1. Métodos.....	33
3.5. Plan de análisis estadístico de los datos	34
3.6. Plan del Proyecto.....	36
3.6.1. Diagrama de Gantt	36
CAPÍTULO IV	37
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	38
4.1. Arquitectura general del sistema	38
4.2. Descripción funcional de los módulos del sistema.....	39
4.3. Flujo de ejecución del sistema.....	41
4.4. Variables registradas por el sistema	42
4.5. Scrum.....	43
4.5.1. Equipo Scrum.....	44
4.5.2. Proceso de Scrum.....	44
4.5.3. Planificación de Sprints.....	45
CAPÍTULO V	55
5. ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS.....	56
5.1. Análisis de los datos	56
5.2. Relación entre la edad y el tiempo de reacción en el entorno de Realidad Virtual	57
5.3. Regresión lineal entre pruebas y el tiempo de reacción en el entorno de Realidad Virtual.....	58
5.4. Comparación entre el entorno de Realidad Virtual y el Neural Trainer físico.....	59
5.5. Regresión lineal: Realidad Virtual inicial vs Retest Realidad Virtual	60

5.6. Validación de la propuesta	61
DISCUSIÓN.....	63
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS	67



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Técnicas, definición e instrumento	34
Tabla 2	Diagrama de Gantt del proyecto	36
Tabla 3	Descripción de los módulos del sistema	40
Tabla 4	Variables registradas por el sistema	43
Tabla 5	Equipo Scrum.....	44
Tabla 6	Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para las diferencias entre condiciones ...	59
Tabla 7	Comparación de variables entre Realidad Virtual y Neural Trainer.....	59
Tabla 8	Correlación entre Realidad Virtual y Neural Trainer.....	60

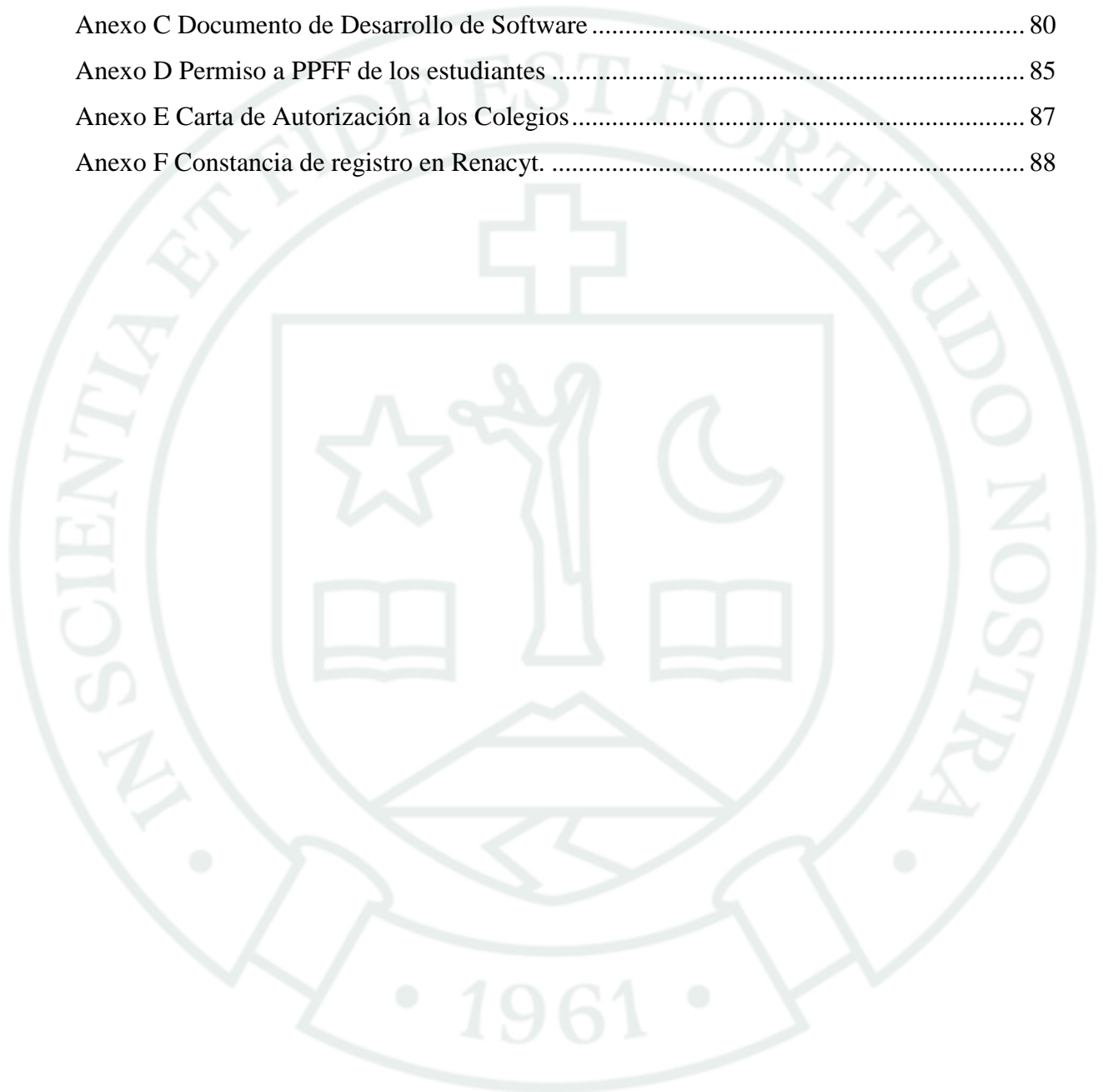


ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de desarrollo Scrum aplicado al exergame.....	29
Figura 2 Diagrama de Arquitectura del sistema basado en el modelo MVC.....	39
Figura 3 Diagrama de flujo de ejecución del sistema en el entorno de realidad virtual	42
Figura 4 Reunión con stakeholders	45
Figura 5 Entorno Virtual Unity	46
Figura 6 Entorno Unity en funcionamiento.....	47
Figura 7 Código fuente.....	49
Figura 8 Pruebas funcionales realizadas	50
Figura 9 Interfaz de visualización de puntaje y tiempo de ejecución	51
Figura 10 Validación del sistema mediante pruebas piloto con expertos	52
Figura 11 Aplicación del sistema de Realidad Virtual en instituciones educativas.....	53
Figura 12 Interacción del usuario con los estímulos del Neural Trainer	53
Figura 13 Relación entre edad y tiempo de reacción en el entorno de realidad virtual	57
Figura 14 Relación entre pruebas y tiempos de reacción.....	58
Figura 15 Regresión lineal Test inicial vs Retest.....	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Artículos publicados	72
Anexo B Poster en la V Semana de la Investigación	79
Anexo C Documento de Desarrollo de Software	80
Anexo D Permiso a PPF de los estudiantes	85
Anexo E Carta de Autorización a los Colegios.....	87
Anexo F Constancia de registro en Renacyt.	88



INTRODUCCIÓN

La actividad física durante la etapa escolar cumple un rol fundamental en el desarrollo integral de niños y adolescentes, ya que se relaciona directamente en aspectos como la coordinación motora, el rendimiento cognitivo, la atención y el bienestar general. Sin embargo, dentro del contexto educativo, los procesos de monitoreo de la actividad física suelen apoyarse en métodos tradicionales que ofrecen información limitada y poco sistematizada.

En este sentido, en los últimos años han surgido alternativas tecnológicas como los exergames y la realidad virtual, las cuales permiten integrar el ejercicio físico con entornos digitales interactivos. Estas tecnologías permiten combinar movimiento, estímulos visuales, facilitando el registro objetivo de indicadores de desempeño físico y cognitivo-motor. Sin embargo, su aplicación en contextos educativos peruanos, particularmente en la ciudad de Arequipa, aún es reducida, lo que evidencia una oportunidad para explorar nuevas estrategias de monitoreo de la actividad física escolar.

Bajo este contexto, la presente investigación se orienta al desarrollo de un exergame con tecnología de realidad virtual basado en el sistema Neural Trainer, con el propósito de monitorear la actividad física y los indicadores de desempeño en escolares de Arequipa durante el año 2025. Para ello, se plantea la implementación de una versión virtual de la prueba de agilidad “Secuencia de 2 Colores” como con la comparación de su desempeño con el sistema Neural Trainer físico, analizando indicadores como aciertos, errores y tiempos de reacción.

El propósito principal del estudio es diseñar e implementar un exergame en realidad virtual orientado al monitoreo de la actividad física en escolares. De manera complementaria, se busca analizar el desempeño obtenido en ambas modalidades y en establecer la consistencia y equivalencia funcional del entorno virtual como herramienta de apoyo en contextos educativos.

En el presente documento se desarrolla dicha investigación, en el capítulo I, se presenta el planteamiento de la investigación, se expone el contexto en el que surge el estudio, describiendo la problemática relacionada con el monitoreo de la actividad física en escolares, así como los objetivos que orientan el desarrollo del exergame propuesto, las preguntas de investigación, la hipótesis, variables e indicadores, así como la justificación y solución propuesta.

En el capítulo II, se presentan los antecedentes y fundamentos conceptuales vinculados a la actividad física escolar, el uso de exergames, la realidad virtual aplicada al ejercicio y el funcionamiento del sistema Neural Trainer, los cuales permiten sustentar teóricamente la investigación.

En el capítulo III, se detalla la metodología empleada, describiendo el diseño del exergame en realidad virtual, las herramientas tecnológicas utilizadas, las características de la población evaluada, los métodos, técnicas e instrumentos para la recolección de datos en ambas modalidades.

En el capítulo IV, se presenta el desarrollo de la propuesta, donde se detalla la arquitectura del sistema, módulos funcionales, el flujo de ejecución y la implementación del exergame bajo la metodología SCRUM.

En el capítulo V, se realiza el análisis y validación de los resultados obtenidos a partir de la aplicación del exergame y del sistema Neural Trainer físico, mediante técnicas estadísticas considerando indicadores como aciertos, errores y tiempos de reacción.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones y futuras investigaciones, orientados a fortalecer el uso de tecnologías de realidad virtual en el monitoreo de la actividad física en contextos educativos.



CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

En el año 2020, la Organización Mundial de la Salud informó que, a nivel global, una proporción significativa de la población no alcanza los niveles recomendados de actividad física para mantener una buena salud. En particular, se indicó que el 23% de los adultos y el 81% de los adolescentes entre 11 y 17 años no cumplen con dichas recomendaciones. (World Health Organization, 2020) Diversas investigaciones coinciden en resaltar la relevancia de la actividad física durante la etapa escolar, así como la limitada prioridad que suele recibir dentro de las instituciones educativas. En este periodo, la práctica de actividad física no solo contribuye al desarrollo corporal, sino que también influye de manera importante en el bienestar general, la prevención de enfermedades, el desempeño académico y la salud mental. Asimismo, favorece la interacción social y el desarrollo de habilidades relacionales entre los estudiantes (Freddy et al., 2020).

Un estudio realizado en la ciudad de Arequipa evidenció que la mayoría de los escolares entre 12 y 17 años presenta niveles insuficientes de actividad física, alcanzando el 80% de la población evaluada. En contraste, únicamente un 10% se ubica en un nivel moderado y otro 10% en un nivel alto. Asimismo, se observa que la práctica de actividad física suele realizarse con una frecuencia reducida, generalmente entre dos y tres veces por semana, y con una intensidad que no permite alcanzar un gasto energético adecuado para conservar una condición física saludable. Estos resultados ponen en evidencia la necesidad de implementar herramientas que faciliten un seguimiento más preciso y adecuado de la actividad física dentro del entorno escolar (María Angela Jáuregui Camacho, 2022).

A pesar de la evidencia existente, en diversas instituciones educativas el seguimiento de la actividad física en escolares aún se lleva a cabo mediante enfoques tradicionales, los cuales presentan deficiencias en la organización y exactitud de los datos registrados. Asimismo, se ha demostrado que la incorporación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) tiene un impacto relevante en la actividad física de los estudiantes (Erika Gutierrez Dueñas, 2020) En este sentido, el nivel de ejercicio que realizan los escolares influye directamente en su calidad de vida.

En los últimos años, los exergames junto con la tecnología de realidad virtual han cobrado relevancia como herramientas que permiten vincular la actividad física con entornos

digitales interactivos, favoreciendo la obtención objetiva de indicadores relacionados con el desempeño físico y cognitivo-motor. Sin embargo, su implementación en el ámbito educativo peruano, especialmente en la ciudad de Arequipa, sigue siendo reducida, lo que pone en evidencia la necesidad de plantear nuevas estrategias para el monitoreo de la actividad física en escolares.

Bajo este contexto, se reconoce como problemática la baja precisión y la escasa sistematización en el seguimiento de la actividad física en escolares, originadas por la dependencia de métodos tradicionales. Esta situación restringe la obtención de datos objetivos y dificulta la adecuada evaluación de los indicadores de desempeño dentro del entorno educativo. Frente a ello, el uso de herramientas como el sistema Neural Trainer permite incorporar sensores que actúan como dispositivos de medición, facilitando la evaluación del rendimiento físico de los estudiantes (Digby G. Sale, n.d.).

Por lo tanto, la presente investigación se orienta al diseño y desarrollo de un exergame basado en tecnología de realidad virtual, tomando como referencia el sistema Neural Trainer, con el propósito de evaluar la actividad física y los indicadores de desempeño en escolares de la ciudad de Arequipa durante el año 2025. Asimismo, la investigación contempla la implementación de una versión virtual de la prueba de agilidad denominada “Secuencia de 2 Colores”, junto con el análisis comparativo de los resultados obtenidos tanto en el entorno virtual como en el sistema físico. Para ello, se consideran variables como el número de aciertos, errores y los tiempos de reacción.

De esta manera, se busca aportar una alternativa tecnológica que permita el monitoreo automatizado y sistemático de la actividad física en el ámbito educativo, contribuyendo al uso de herramientas digitales aplicadas al seguimiento de los indicadores de desempeño en escolares de educación secundaria.

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar un exergame basado en tecnología de realidad virtual que replique el protocolo de agilidad del sistema Neural Trainer para monitorear la actividad física en escolares de Arequipa.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar y analizar el protocolo de agilidad “Secuencia de 2 colores” del sistema Neural Trainer, para su adaptación a un entorno de realidad virtual en escolares de Arequipa.
- Desarrollar un exergame en realidad virtual que replique el protocolo de agilidad “Secuencia de 2 colores” del sistema Neural Trainer.
- Aplicar el exergame mediante un estudio piloto con escolares de Arequipa, registrando indicadores de desempeño.
- Comparar los resultados obtenidos de la intervención en la actividad física de los escolares, analizando la consistencia y equivalencia funcional del registro de datos en el entorno de realidad virtual en comparación con el entrenamiento físico convencional.

1.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cómo se puede adaptar el protocolo de agilidad “Secuencia de 2 Colores” del sistema Neural Trainer a un entorno de realidad virtual para escolares de Arequipa?
- ¿Qué características presenta el exergame en realidad virtual desarrollado a partir del protocolo de agilidad del sistema Neural Trainer?
- ¿Qué resultados se obtienen en los indicadores de desempeño al aplicar el exergame en escolares de Arequipa?
- ¿Existen diferencias significativas en los resultados de desempeño entre el uso del sistema Neural Trainer físico y el exergame en realidad virtual?.

1.4. Formulación de la Hipótesis, Variables, Indicadores

a) Hipótesis

Es posible que, con la implementación de un exergame basado en realidad virtual que replica el protocolo de agilidad del sistema Neural Trainer permita el monitoreo de la actividad física en escolares de Arequipa mediante el registro de indicadores de desempeño.

b) Variable dependiente

Monitoreo de la actividad física en escolares.

Indicadores:

- Número de aciertos
- Número de errores
- Tiempo de reacción promedio (en segundos)
- Tiempo total de ejecución (en segundos)

c) Variable independiente

Uso de la realidad virtual en la aplicación del protocolo de agilidad del sistema Neural Trainer.

Indicadores:

- Modalidad de aplicación del protocolo (Neural Trainer físico / Realidad Virtual)
- Duración de la sesión por modalidad (en segundos)
- Tipo de protocolo aplicado (Agilidad – Secuencia de 2 Colores)

1.5. Línea y Sub Línea de Investigación a la que corresponde el Problema

1.5.1. Línea de Investigación

Inteligencia Artificial.

1.5.2. Sub-línea de Investigación

Inteligencia Artificial para videojuegos.

1.6. Palabras Clave

Actividad física, escolares, realidad virtual, neural trainer, exergame.

1.7. Solución Propuesta.

1.7.1. Justificación e Importancia

La importancia de esta investigación radica en la necesidad de contar con herramientas tecnológicas que permitan el monitoreo sistemático y objetivo de la actividad física y de indicadores de desempeño en escolares. En el contexto educativo, el seguimiento de la actividad física continúa realizándose, en muchos casos, mediante métodos tradicionales que presentan limitaciones en cuanto a la precisión y sistematización del registro de datos.

En este sentido, el uso de exergames y tecnologías de realidad virtual representa una alternativa tecnológica que permite integrar el movimiento corporal con entornos digitales interactivos, facilitando el registro automatizado de indicadores de desempeño. La comparación entre el sistema Neural Trainer físico y su versión en realidad virtual permite analizar la consistencia y equivalencia funcional del registro de datos, contribuyendo al desarrollo de nuevas estrategias de monitoreo de la actividad física en el ámbito escolar.

Los resultados que se obtengan no solo serán útiles para informar programas que promuevan la salud y la educación física al proveer información sobre estrategias innovadoras para fomentar la actividad física en estudiantes, sino que también podrían ser importantes para desarrolladores de juegos en realidad virtual al demostrar el potencial de los exergames en el ámbito educativo, investigadores y profesionales de la salud interesados en nuevas metodologías para evaluar y mejorar la salud y el bienestar escolar.

1.7.2. Descripción de la Solución

La actividad física cumple un rol importante en el desarrollo integral de los escolares. Diversos estudios señalan que su práctica influye de manera significativa en el desarrollo de la inteligencia, especialmente durante la etapa de la adolescencia. Esto evidencia la necesidad de fomentar su incorporación dentro del entorno educativo, promoviendo hábitos que contribuyan al bienestar y desarrollo de los estudiantes (Ruiz-Ariza et al., 2023).

La solución propuesta se estructura en diversas fases orientadas al monitoreo sistemático y objetivo de la actividad física y de los indicadores de desempeño de los escolares, mediante el uso de tecnologías de realidad virtual. En una etapa inicial, se realizó la recopilación

de información básica de los participantes a través de fichas de registro, con el fin de obtener datos generales como edad y características relevantes para el desarrollo del estudio.

Posteriormente, se procedió al desarrollo de un exergame en realidad virtual basado en el sistema Neural Trainer. La solución replica el protocolo de agilidad “Secuencia de 2 Colores”, el cual consiste en la activación y desactivación de estímulos visuales de colores específicos, trasladando su lógica de funcionamiento a un entorno tridimensional inmersivo. En este entorno, las interacciones del usuario son registradas mediante controladores hápticos y colisiones virtuales, eliminando la necesidad de sensores físicos externos.

El exergame permite el registro automatizado de indicadores de desempeño, tales como aciertos, errores y tiempos de reacción, durante la ejecución del protocolo. La implementación del sistema se llevó a cabo mediante pruebas piloto con escolares de colegios seleccionados de Arequipa, en sesiones supervisadas que permitieron la aplicación del protocolo tanto en el sistema Neural Trainer físico como en su versión en realidad virtual.

Finalmente, se realizó la comparación de los registros obtenidos en ambas modalidades, con el propósito de analizar la consistencia y equivalencia funcional del entorno virtual respecto al sistema físico. De esta manera, la solución propuesta se orienta a ofrecer una herramienta tecnológica que facilite el monitoreo de la actividad física y de indicadores de desempeño en el ámbito escolar, contribuyendo al uso de entornos virtuales como apoyo en contextos educativos.

1.7.3. Aporte

Esta investigación busca aportar al conocimiento científico sobre la efectividad de la realidad virtual en la promoción del ejercicio físico y desarrollo cognitivo en escolares, evaluando su impacto tanto en el rendimiento físico como en el desarrollo cognitivo. Se espera que los resultados obtenidos brinden herramientas prácticas a los educadores y profesionales de la salud para mejorar el monitoreo y la promoción de hábitos saludables en escolares mediante el uso de tecnologías innovadoras. Por otro lado, esta investigación también podría ser beneficiosa para los desarrolladores de juegos en realidad virtual, lo que ofrece una base sólida para crear juegos que no solo sean entretenidos, sino científicamente efectivos para la salud. Esto incluiría detalles sobre el diseño de las experiencias de juego, las características interactivas que resultan más atractivas para los escolares y cómo integrar la tecnología de manera efectiva para motivar la participación activa. Además, al comprender mejor cómo la

realidad virtual puede influir en el comportamiento físico de los escolares, los desarrolladores tendrían una base sólida para crear juegos más impactantes y beneficiosos para la salud. Finalmente, para los ingenieros de sistemas, el aporte radica en la creación de una arquitectura modular y reproducible en 3D. La implementación de scripts especializados permite la documentación automatizada del rendimiento en formatos digitales, eliminando la necesidad de sensores vestibles externos y demostrando cómo la integración de software y hardware de bajo costo puede revolucionar los sistemas de evaluación física en entornos escolares.





CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de la Investigación

En esta sección se presentan estudios previos para entender el uso de tecnologías innovadoras como la realidad virtual y exergames, así como investigaciones sobre la importancia de la actividad física en escolares. Estos antecedentes permiten contextualizar la presente investigación y evidenciar la relevancia del desarrollo de herramientas tecnológicas orientadas al monitoreo de la actividad física en escolares.

2.1.1. Actividad física en escolares

(Katherine Alvis-Chirinos et al., 2017) desarrollaron un estudio orientado a evaluar la actividad física en escolares de tres ciudades del Perú, en el cual se identificó que aproximadamente el 50% de los estudiantes cumple con la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de realizar al menos 60 minutos diarios de actividad física de intensidad moderada a vigorosa. No obstante, los resultados evidencian diferencias entre las ciudades analizadas, registrándose un cumplimiento del 40% en Chiclayo, 56% en Tarapoto y 66% en Huaraz. Asimismo, se observó que los niveles más altos de intensidad en la actividad física se presentan en escolares de menor edad y en el sexo masculino. Por otro lado, se identificaron diversos factores asociados a una menor práctica de actividad física, entre los que destacan la mayor edad, el sexo femenino, la presencia de obesidad, el nivel educativo superior de la madre y la residencia en ciudades como Chiclayo y Tarapoto. A partir de estos resultados, los autores plantean la importancia de diseñar e implementar estrategias específicas que fomenten la práctica de actividad física, especialmente en los grupos que presentan menor nivel de actividad.

Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, ya que evidencia la existencia de niveles insuficientes de actividad física en escolares y refuerza la necesidad de contar con herramientas que permitan realizar un monitoreo más objetivo y sistemático en el contexto educativo.

2.1.2. Tecnologías en educación física

En la investigación de (Condori Tarapaca & Almiron Choque, 2021) analizaron el impacto de las clases virtuales de educación física en la ejecución de actividades físicas realizadas en el hogar por estudiantes de la I.E. María Auxiliadora 40167, ubicada en la

provincia de La Unión. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, considerando una muestra de 59 estudiantes, y utilizando el software SPSS para el procesamiento y análisis de los datos. Los resultados evidenciaron que los estudiantes perciben un adecuado desempeño docente en aspectos como la comunicación, la planificación de las sesiones, la creatividad y el uso de herramientas tecnológicas. Asimismo, mediante la prueba de Chi cuadrado se determinó que existe una relación positiva y significativa entre las clases virtuales de educación física y el nivel de ejecución de las actividades físicas en casa. En consecuencia, se concluye que la modalidad virtual contribuyó favorablemente en la práctica de actividad física de los estudiantes, reflejándose en una mayor calidad y constancia en su realización.

Por su parte, la investigación de (Anchante Ríos, 2021) analizó la enseñanza de la educación física a través de entornos virtuales en instituciones públicas revela resultados significativos obtenidos mediante entrevistas cualitativas y análisis interpretativo. Es rescatable que, a pesar de las limitaciones de conectividad y recursos, los docentes lograron desarrollar sesiones continuas y adaptadas a las circunstancias, complementadas por el Ministerio de Educación con clases programadas por TV, radio y medios digitales. Se evidencian cambios en las metodologías y estrategias de enseñanza, con tareas creativas y una adaptación flexible a las necesidades de los estudiantes. La empatía del docente y la interacción en sesiones virtuales se consideran esenciales para favorecer el aprendizaje. En términos de mejoras, se recomienda un mayor respaldo institucional para proporcionar recursos tecnológicos y capacitación, así como la adaptación continua de las metodologías para mantener la motivación de los estudiantes y asegurar una participación activa en las actividades físicas.

Ambos estudios demuestran que la incorporación de tecnologías en educación física puede favorecer la continuidad y el fortalecimiento de la práctica física escolar. En ese sentido, constituyen un sustento para el uso de herramientas tecnológicas más inmersivas, como la realidad virtual, orientadas no solo a promover la actividad física, sino también a monitorearla de manera más precisa.

2.1.3. Realidad virtual para monitorear la actividad física

El potencial de la realidad virtual como herramienta de entrenamiento para la inactividad física en niños es alto, en una investigación destaca la importancia de las intervenciones tempranas para fomentar niveles saludables de actividad física desde la infancia hasta la adultez. La realidad virtual, cumple un rol importante, promoviendo el desarrollo motor

en la juventud de manera similar al entorno real, y servir como un antecedente para intervenciones más complejas en el mundo real. Si bien es cierto, se necesitan más investigaciones para su completa comprensión, este enfoque tiene el potencial de monitorear la salud física y mental de los niños, aumentando su confianza y disfrute en la actividad física (Kiefer et al., 2017).

La investigación sobre las percepciones de adolescentes más jóvenes sobre la actividad física, los exergames y la realidad virtual realizada por (Faric et al., 2019) dentro de los resultados, se identificó que el 58% de los participantes correspondía al sexo femenino. Asimismo, se evidenció que la mayoría no tenía conocimiento sobre las recomendaciones relacionadas con la actividad física; sin embargo, mostraron interés en recibir mayor información al respecto. De igual manera, los participantes manifestaron una actitud favorable hacia la incorporación de la realidad virtual en actividades físicas. Entre los elementos considerados importantes en este tipo de juegos se mencionaron la presencia de recompensas, el incremento progresivo de la dificultad y la inclusión de dinámicas sociales o multijugador. Por otro lado, se identificaron limitaciones asociadas al alto costo de los dispositivos tecnológicos; no obstante, la posibilidad de realizar ejercicio desde casa resultó atractiva para los participantes. Finalmente, la realidad virtual fue percibida como una alternativa capaz de reducir diversas barreras sociales y culturales relacionadas con la práctica de actividad física, especialmente en el caso de las adolescentes. En este sentido, el estudio plantea que esta tecnología tiene un alto potencial como herramienta para fomentar la actividad física en distintos contextos.

En otro estudio desarrollado por (Rincker & Misner, 2017) desarrollaron un videojuego activo de danza cultural AVG (Active video game) para promover la aptitud física en niños de primaria, en el que compararon la efectividad del AVG con clases presenciales de danza irlandesa y una combinación de ambos enfoques. Los resultados en base a objeto de estudio de 404 niños experimentaron frecuencias cardíacas significativamente elevadas y altos niveles de satisfacción. Lo que sugiere un aumento en la actividad física durante la participación en el juego de danza cultural. Además, los altos niveles de satisfacción indican un mayor interés y participación por parte de los estudiantes en este enfoque de educación física, lo que resalta el potencial del active video game para mejorar la motivación y el compromiso de los niños con la actividad física.

Por otro lado, (Mokmin & Jamiat, 2021) desarrollaron una aplicación de un trainer fitness virtual, dicha app presenta 5 distintos entrenadores con diferentes movimientos y dificultad en niveles de condición física. Al evaluar la efectividad en relación a motivación y compromiso mediante la escala motivacional situacional (SIMS) y entrevistas estructuradas con un grupo de 54 estudiantes. Concluyeron que los estudiantes son conscientes de su incremento de motivación, así como encontrar las actividades interesantes, divertidas y beneficiosas para su salud. En cuanto a los datos, se vio una participación más amplia en mujeres y la mayoría de estudiantes con un nivel de actividad física moderado o bajo.

La investigación realizada por (Benzing et al., 2016), se destaca que el tema central del estudio es explorar cómo las características cualitativas de la actividad física, específicamente el nivel de compromiso cognitivo, influyen en las funciones ejecutivas de los adolescentes. Las funciones ejecutivas, como la inhibición, la fluidez y la flexibilidad cognitiva, son cruciales para el rendimiento académico, la salud mental y el desarrollo general. Investigaciones previas han demostrado que la actividad física beneficia la cognición, pero no todos los tipos de actividad son igualmente efectivos. Este estudio se enfoca en la hipótesis de la estimulación cognitiva, que sugiere que las actividades que requieren esfuerzo mental adicional (como los exergames) pueden "preactivar" las regiones cerebrales involucradas en las funciones ejecutivas, potenciando así sus beneficios. Para probar esto, los investigadores utilizaron exergames como herramienta, ya que permiten controlar tanto la intensidad física como el nivel de desafío cognitivo. Los resultados cuantitativos mostraron que el grupo Shape Up, con alto compromiso cognitivo, tuvo un rendimiento significativamente mejor en flexibilidad cognitiva ($F(2,61) = 3.50, p = 0.036, \eta^2 = 0.103$) en comparación con Running y el grupo control. Además, la HRV post-intervención fue mayor en Shape Up (25.99 ms) que en Running (16.67 ms), lo que respalda la idea de que el esfuerzo cognitivo durante la actividad física influye en los resultados cognitivos. Este estudio aporta evidencia de que la combinación de actividad física y desafíos mentales es más efectiva para mejorar funciones ejecutivas complejas en adolescentes.

En una investigación desarrollada por (Makransky et al., 2021), se analizó la efectividad del aprendizaje en entornos de realidad virtual inmersiva en comparación con medios tradicionales como el video. El estudio se realizó con estudiantes de educación secundaria mediante simulaciones científicas en realidad virtual y evaluó variables como disfrute, presencia, conocimiento declarativo, conocimiento procedimental y transferencia del

aprendizaje. Los resultados evidenciaron que la realidad virtual incrementa significativamente la motivación y la sensación de presencia en los participantes; sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento cognitivo en comparación con el video tradicional. Asimismo, los autores señalaron que el desempeño y los tiempos de respuesta en entornos virtuales están condicionados principalmente por el diseño de la tarea, la carga cognitiva y el contexto del entorno virtual, más que por características individuales como la edad. Estos hallazgos sugieren que el rendimiento cognitivo-motor en entornos virtuales depende de factores contextuales y cognitivos, lo que respalda la importancia de considerar el diseño de las tareas en estudios relacionados con exergames y desempeño cognitivo.

En conjunto, estos antecedentes muestran que la realidad virtual y los exergames poseen potencial para promover la actividad física, incrementar la motivación y registrar indicadores de respuesta física y cognitiva. No obstante, también evidencia la necesidad de seguir investigando aplicaciones específicas en población escolar y en contextos educativos concretos, lo cual justifica la presente propuesta.

2.2. Estado del Arte

El estado del arte evidencia un creciente interés por el uso de exergames, realidad virtual y tecnologías digitales en educación física y salud escolar. Diversos estudios recientes muestran que estas herramientas tecnológicas pueden contribuir a incrementar la motivación, mejorar la participación de los estudiantes y favorecer el desarrollo de habilidades físicas y cognitivas.

Salas Noain y Delgado Del Casillo (Salas Noain, 2024), llevaron a cabo una investigación para el desarrollo de un videojuego de realidad virtual para realizar ejercicios en bicicletas estacionarias mediante el uso de un sistema de detección de movimiento y el visor Google Cardboard. El estudio aborda la problemática de la falta de motivación para realizar ejercicio regularmente, especialmente en contextos de tiempo limitado y pandemia. Su objetivo fue establecer una base de conocimiento para la implementación de un exergame de realidad virtual que influya positivamente en las necesidades psicológicas de las personas, para fomentar la actividad física en entornos limitados por el tiempo y las restricciones de movimiento. Mediante la comparación de dispositivos de hardware y software, determinaron la viabilidad de utilizar Unity como motor de juego debido a su fácil curva de aprendizaje y amplia disponibilidad de complementos. Para mejorar la experiencia del usuario, se implementaron estrategias de gamificación, como la personalización del entorno virtual y la retroalimentación

de la actividad física. Además, se propuso una arquitectura cliente-servidor para habilitar el modo multijugador, lo que contribuye a mantener el interés de los usuarios a largo plazo, considerando el público objetivo en la ciudad de Lima. El estudio contribuye significativamente al diseño y la implementación de videojuegos de realidad virtual para promover la actividad física.

Una revisión sistemática realizada por (Espoz-Lazo et al., 2021) sobre el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en la Educación Física en el contexto de la educación primaria revela una escasez de estudios específicos. A pesar del potencial de las TICs para promover la actividad física y motivar a los estudiantes, se observa una resistencia por parte de algunos maestros, atribuida a la falta de formación y al desconocimiento sobre su integración efectiva en la enseñanza. Sobre todo, el período 2020-2021, marcado por la pandemia de COVID- 19 se ha resaltado la importancia de las TICs para mantener la educación, incluida la educación física, a través de plataformas digitales. Sin embargo, persisten barreras en la formación del profesorado, lo que limita la implementación de estas tecnologías en las escuelas. Se identifican soluciones potenciales, como el Flipped Learning y el uso de videojuegos activos, que pueden mejorar la motivación de los estudiantes y facilitar la adaptación de las clases de educación física al entorno digital. Además, se destaca la utilidad de las aplicaciones móviles y las páginas web como recursos accesibles para fortalecer la educación física en la educación primaria. Aunque existe una variedad de tecnologías disponibles, todas convergen en mejorar la motivación y la participación de los estudiantes, lo que resalta la necesidad de más investigación para guiar a los maestros en la integración efectiva de las TICs en la educación física en primaria.

En la tesis realizada por (Hijós et al., n.d.) analizaron el uso de los exergames y la gamificación en el contexto de la educación primaria, considerando su aplicación como herramientas de apoyo en el aprendizaje desde un enfoque interdisciplinario. Tuvo como objetivo el evaluar la utilidad y aplicabilidad de la gamificación educativa y los exergames como herramientas didácticas en la educación primaria, a través de una intervención interdisciplinar de educación física y musical. La investigación se realizó mediante cuatro estudios científicos, utilizando metodologías mixtas y técnicas cuantitativas y cualitativas para evaluar variables motrices, psicológicas y neurofuncionales en alumnos de primaria. Los resultados mostraron que la intervención aumentó la diversión, motivación, afinidad por el baile, creatividad y autonomía en el aprendizaje, aunque no mejoró el trabajo en equipo ni

promovió significativamente el hábito de ejercicio físico tradicional. En cuanto a las variables psicológicas, se observó un aumento en la motivación intrínseca, la percepción de relaciones sociales y el rendimiento académico asociado al ritmo corporal-musical. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la desmotivación, el estado de flow disposicional, la percepción de autonomía y la competencia. El estudio concluyó que la gamificación y los exergames tienen un impacto positivo en ciertas áreas educativas, pero su aplicabilidad y utilidad son parciales y dependen de diversos factores, como la disponibilidad de recursos tecnológicos y la formación del colegio por parte de los docentes.

(Conde Cortabitarte Igor, 2020) desarrolló un estudio orientado a analizar el potencial educativo de los exergames en el área de Educación Física en el nivel primario, considerando las exigencias curriculares y organizativas del contexto educativo. La investigación se estructuró en dos etapas. En la primera, se realizó un análisis exploratorio mediante entrevistas a docentes, con el fin de conocer sus percepciones sobre el uso de exergames. En la segunda fase, se aplicó un estudio de caso en dos aulas de Cantabria, empleando técnicas como la observación participante, el registro en diarios de campo, grabaciones en video, grupos de discusión y entrevistas semiestructuradas. Los resultados, de enfoque cualitativo, evidenciaron que los exergames pueden contribuir a incrementar la motivación de los estudiantes, promover innovaciones en las estrategias de enseñanza, mejorar el ambiente en el aula y ampliar las formas de evaluación. No obstante, también se identificaron ciertas limitaciones, como la reducción de la actividad motriz y algunas dificultades relacionadas con la organización.

(Castillo-Paredes et al., 2021) analizaron la relación entre la práctica de actividad física y la calidad de vida en niños y adolescentes diagnosticados con TDAH. El estudio tuvo como propósito evaluar el impacto de distintas intervenciones basadas en ejercicio físico sobre el bienestar de esta población. Para ello, se llevó a cabo una revisión narrativa de investigaciones publicadas entre los años 2015 y 2020, considerando diversos tipos de estudios, entre ellos ensayos clínicos, estudios de caso y trabajos de enfoque experimental y cuasi experimental, además de tesis académicas. En total, se seleccionaron ocho investigaciones que cumplieran con los criterios establecidos. Los hallazgos evidenciaron que la aplicación de programas de actividad física, con una duración que oscila entre 15 y 90 minutos, genera mejoras significativas en la calidad de vida de niños y adolescentes con TDAH, impactando positivamente en dimensiones físicas, emocionales y cognitivas.

En la investigación de (Abarca Torres Javier Andrés, 2020) analizó el efecto de una intervención educativa gamificada basada en exergames, aplicada de manera interdisciplinaria en las áreas de Educación Física y Educación Musical, sobre el desarrollo de habilidades motrices en estudiantes de nivel primario. Entre las competencias evaluadas se consideraron aspectos como la coordinación rítmica, el uso del espacio, la expresión corporal y la comunicación. El estudio se desarrolló mediante un diseño observacional no participante en una institución educativa de Zaragoza, donde se evaluó el desempeño de estudiantes de 5° y 6° grado a partir de coreografías grupales, luego de implementar una unidad didáctica basada en el exergame Just Dance. Los resultados evidenciaron que los estudiantes de 6° grado alcanzaron un rendimiento superior en comparación con los de 5°, mostrando además mayor consistencia en sus calificaciones. Asimismo, las habilidades trabajadas mediante el uso de exergames, especialmente la coordinación y el ritmo, presentaron resultados favorables sin diferencias significativas en función del género o grado. En base a estos hallazgos, se concluye que los exergames constituyen una herramienta útil para fortalecer habilidades motrices y rítmicas, además de contribuir a la motivación y a la inclusión en el contexto de la educación física escolar. No obstante, no todas las capacidades evaluadas evidenciaron el mismo nivel de desarrollo.

(López-Serrano et al., 2021) analizaron el impacto de los exergames en el desarrollo cognitivo de niños y adolescentes, a partir de una revisión sistemática complementada con una guía práctica para su aplicación. El estudio se centró en evaluar tanto los efectos inmediatos como los de largo plazo del uso de distintos exergames en jóvenes entre 6 y 18 años, además de considerar posibles factores que podrían influir en los resultados y proponer orientaciones para su implementación en contextos educativos y extracurriculares. Como resultado, se incluyeron 13 estudios que cumplían con los criterios establecidos, los cuales evidenciaron efectos positivos en la cognición. Se identificaron mejoras a corto plazo en funciones ejecutivas, así como beneficios sostenidos en áreas como el cálculo matemático, el autoconcepto, el comportamiento en el aula y las relaciones interpersonales. A partir de estos hallazgos, se resalta el potencial de los exergames como una herramienta motivadora que contribuye al desarrollo cognitivo en estudiantes, evidenciando cómo el uso de la tecnología puede generar efectos favorables en distintos procesos mentales dentro del ámbito educativo.

En un estudio de (Augusto et al., n.d.) investigaron sobre el efecto agudo de una sesión de ejercicios de realidad virtual en el tiempo de reacción de los niños de escuela primaria. La

investigación se realizó con 17 escolares de una escuela en Montes Claros, Brasil utilizando el paquete Wii Sports Resort para realizar la sesión de exergames. La metodología utilizada fue evaluando variables como la frecuencia cardíaca en reposo y durante las actividades, así como el tiempo de reacción simple y complejo antes y después de utilizar los exergames. Los resultados mostraron una reducción en el tiempo de reacción de los niños, con un efecto moderado en la velocidad de procesamiento de datos y el tiempo de reacción de elección no mostró cambios significativos. Esta investigación sugiere que los exergames pueden ser una herramienta efectiva para mejorar la cognición en niños de primaria, y esta investigación ofrece perspectivas relevantes para la investigación propuesta sobre la evaluación de la actividad física en niños mediante tecnología de realidad virtual.

La investigación realizada por (Marin-Suelves et al., 2022) en su trabajo "Exergame en Educación Física: mapeando la investigación" tiene como objetivo analizar los efectos del uso de exergames en el entorno escolar, utilizando un enfoque bibliométrico y de análisis de contenido. Emplearon bases de datos como Scopus y WOS para identificar documentos, analizando 92 artículos y seleccionando 43 para el análisis de contenido. Destacan el uso de exergames relacionados con danza o juegos deportivos en educación primaria, con 5 sesiones de 15 a 45 minutos, y reportaron beneficios psicológicos y físicos.

(Souza et al., 2022) analizaron el uso de los exergames como estrategia para fomentar la actividad física en niños, enfocándose en identificar sus principales beneficios. Para ello, realizaron una revisión de estudios publicados entre 2011 y 2021, considerando investigaciones experimentales y revisiones relacionadas con el uso de este tipo de herramientas en población infantil menor de 11 años. A partir del análisis de ocho estudios seleccionados, se evidenció que los exergames contribuyen a incrementar la actividad física, mejorar la motivación, elevar el gasto energético y la frecuencia cardíaca, así como favorecer la composición corporal. Asimismo, se identificó que juegos como Wii Sports, Dance Dance Revolution, Just Dance y Wii Fit resultan efectivos para reducir el sedentarismo y la obesidad en niños. En base a estos resultados, se reconoce a los exergames como una alternativa útil para promover la actividad física; sin embargo, se recomienda su uso complementario con prácticas físicas tradicionales con el fin de potenciar sus beneficios.

El siguiente artículo de (Li et al., 2022) explora los efectos de la inteligencia artificial y realidad virtual en la práctica de deportes artes marciales, en esencia en la salud física y salud mental de los estudiantes. Concluyeron que integrando la IA y RV en las artes marciales puede

aumentar la capacidad pulmonar en un 14% en niños y un 16% en niñas, así como mejorar la fuerza del cuerpo inferior en un 3% en niños y la flexibilidad en un 30% en niñas, promoviendo un desarrollo físico y mental más saludable.

La programación didáctica realizada por (Romero & Cristina, 2022) de Educación Física para el primer curso de Educación Secundaria Obligatoria plantean una propuesta didáctica en el área de Educación Física para estudiantes del primer año de educación secundaria, en la que se destaca la importancia de integrar conocimientos, habilidades y destrezas vinculadas al cuerpo y la actividad física dentro del proceso formativo. A través de esta propuesta, se busca que los estudiantes desarrollen una comprensión más profunda de su cuerpo y sus capacidades, favoreciendo su desempeño en distintos contextos, así como la mejora de su calidad de vida. Asimismo, se promueve el aprovechamiento del tiempo libre mediante actividades que contribuyan al fortalecimiento de sus relaciones sociales.

Esta programación, que incluye diversas Unidades, se enfoca en fomentar los beneficios de la actividad física, así como en trabajar los deportes y la condición física de manera equilibrada y significativa. Se subraya la importancia de que los profesionales de la Educación Física se comprometan a desarrollar todos los aspectos motores de sus alumnos, convirtiendo esta disciplina en una formación integral dentro del contexto educativo y social. En un estudio (Feng et al., 2022) se destaca el potencial de la realidad virtual para mejorar el interés y la participación de los estudiantes en el aprendizaje y la práctica deportiva. El estudio propone un modelo de aplicación basado en la tecnología de realidad virtual web, utilizando la conexión a Internet y la tecnología de Internet de las cosas para recopilar datos relevantes y mejorar la enseñanza de la educación física, concluyendo la gran importancia para mejorar el interés y participación de los estudiantes en el deporte mediante el uso de tecnología innovadora.

La investigación realizada por (Ketelhut et al., 2022) tuvo como objetivo investigar los efectos de una intervención escolar basada en exergaming en parámetros antropométricos y condición física. El estudio reclutó 58 estudiantes entre 8 – 10 años, el 48% niñas y los asignó aleatoriamente a un grupo de intervención y grupo de control. Durante 3 meses, ambos grupos participaron en clases regulares de educación física, mientras que el grupo de intervención recibió dos sesiones de exergaming adicionales de 20 minutos por semana. Se realizaron mediciones de índice de masa corporal, relación cintura-altura y pruebas de rendimiento físico. Los resultados mostraron mejoras significativas en el rendimiento en el salto de contramovimiento, la prueba de sprint y la distancia recorrida en la prueba de carrera de shuttle

en el grupo de intervención. Aunque no se observaron efectos significativos en el índice de masa corporal y la relación cintura-altura, el estudio concluyó que el exergaming escolar es una herramienta adecuada para influir positivamente en la condición física de los estudiantes. Este trabajo respalda la relevancia de integrar el exergaming en el contexto escolar para promover un estilo de vida activo y saludable desde una edad temprana evitando problemas de salud relacionados con la inactividad física.

Bae, Myeong-Hun (Bae, 2023) realizó un estudio en Corea durante ocho semanas en el cual examinó un programa de educación física usando realidad virtual en estudiantes de primaria. Encontrando mejoras significativas en la salud física de los escolares, específicamente, entre los participantes masculinos, se observaron diferencias significativas en la resistencia cardiorrespiratoria, fuerza y resistencia muscular, y potencia, mientras que entre las participantes femeninas, se destacaron diferencias en la resistencia cardiorrespiratoria, flexibilidad, y fuerza y resistencia muscular. Estos descubrimientos destacan la efectividad de la realidad virtual para mejorar la aptitud física en niños en tiempos de crisis como la pandemia de covid-19, donde observaron un deterioro en la actividad física.

El objetivo del estudio realizado por (Jiménez-Díaz et al., 2023) analizaron el impacto de los videojuegos activos (VJA) en la salud mental mediante un enfoque metaanalítico. Para el procesamiento de los datos, se aplicó un modelo de efectos aleatorios con el fin de estimar el tamaño de efecto (TE) a partir de diferencias de medias estandarizadas. El análisis incluyó once estudios, que en conjunto abarcaron una muestra de 560 participantes y generaron 88 tamaños de efecto distribuidos en tres grupos: videojuegos activos, control activo y control pasivo. Los resultados evidenciaron que tanto el uso de videojuegos activos (TE = 0.21, n = 48, IC95% = 0.11–0.31, I² = 20.15%) como la actividad física estructurada sin uso de videojuegos (TE = 0.21, n = 20, IC95% = 0.07–0.35, I² = 32.08%) producen efectos positivos en la salud mental. En contraste, la ausencia de actividad física no mostró beneficios significativos (TE = -0.03, n = 20, IC95% = -0.20–0.14, I² = 13.30%). A partir de estos resultados, se plantea que los videojuegos activos, cuando son utilizados de forma planificada, contribuyen a mejorar aspectos como la autopercepción, la calidad de vida, las funciones ejecutivas y el estado de ánimo en personas de distintas edades y condiciones de salud..

(Gongora Sinisterra Andres Felipe, 2023) analizó la relación entre la práctica de la actividad física y el rendimiento académico en estudiantes de educación primaria. El estudio se desarrolló bajo un enfoque descriptivo de carácter cualitativo, empleando la revisión

documental como principal técnica para la recopilación de información. A partir del análisis realizado, se evidenció una relación positiva entre la actividad física y el desempeño académico, especialmente en áreas como lectura y matemáticas. Asimismo, se reconoce que la práctica de actividad física aporta beneficios a nivel físico, emocional, social y cognitivo. Sin embargo, también se identificaron diversas limitaciones que dificultan su práctica, entre ellas la falta de tiempo, el bajo interés y la escasa disponibilidad de apoyo. Frente a esta situación, se plantean estrategias orientadas a fomentar la actividad física, con el propósito de contribuir a la mejora del rendimiento académico y la calidad de vida de los estudiantes.

El siguiente estudio realizado por (Dávila-Morán et al., 2024) analizaron el impacto de los videojuegos activos en las conductas sedentarias de estudiantes en edad escolar pertenecientes a una institución educativa peruana. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de nivel explicativo. La población estuvo conformada por 121 estudiantes de segundo, tercero y cuarto grado de primaria de una institución educativa en Lima, junto con sus respectivos padres. Para la recolección de información se emplearon cuestionarios previamente validados. Los resultados evidenciaron que el 39.67% de los participantes presentó un nivel medio en el uso de videojuegos activos, mientras que el 45.45% registró niveles bajos de conductas sedentarias. Asimismo, el análisis de regresión lineal ($R = 0.274$) indicó que los videojuegos activos explican aproximadamente el 27.4% de la variación en las conductas sedentarias. En base a estos hallazgos, se plantea que el uso de videojuegos activos puede contribuir a disminuir la inactividad física y fomentar hábitos de vida más activos y saludables en la población infantil, considerándose como una alternativa viable para enfrentar el sedentarismo.

En una investigación de (Rubio-Arias et al., 2024) realizaron un estudio cruzado aleatorizado y comparativo para evaluar los efectos de tres sesiones de actividad física, dos utilizando realidad virtual inmersiva con los juegos BOXVR y Beat Saber, y una sesión de ejercicio físico tradicional (entrenamiento de circuito de intensidad moderada), sobre la frecuencia cardíaca, variabilidad de la frecuencia cardíaca, calidad del sueño y percepción de disfrute, esfuerzo, dolor y motivación. Participaron 22 adultos saludables, realizando cada sesión durante 30 minutos. Se observó que la respuesta cardíaca fue significativamente mayor durante la actividad física tradicional en comparación con los juegos BOXVR y Beat Saber. Aunque las sesiones se planificaron para una intensidad moderada, BOXVR generó una intensidad moderada, Beat Saber una intensidad ligera y la sesión de circuito una intensidad

vigorosa. Además, el ejercicio tradicional reportó una mayor percepción de esfuerzo y dolor con menos disfrute. Estos hallazgos sugieren que tanto BOXVR como el ejercicio tradicional pueden conducir a actividad física de intensidad moderada, pero el ejercicio tradicional parece menos atractivo debido a que se percibe como más difícil y menos divertido.

El estudio realizado por (Zhao et al., 2024) examina el impacto de los exergames en el aprendizaje de educación física de los estudiantes en la era de la inteligencia artificial. Utilizando el método Picos, incluyeron 16 ensayos controlados aleatorios con 2962 sujetos en el metanálisis. Los resultados mostraron que los exergames mejoraron significativamente el desempeño de los estudiantes en educación física, (SMD = 0,45, IC 95%: 0,27–0,63, $P < 0,00001$) en el cual el valor de SMD (Diferencia Estandarizada de Medias) de 0.45 indica que, en promedio, el desempeño de los estudiantes en educación física mejoró en casi medio desvío estándar cuando se utilizaron exergames en comparación con aquellos que no los usaron. El intervalo de confianza fue del 95% de 0.27 a 0.63 indicando que hay una alta probabilidad de que el verdadero efecto de los exergames esté dentro de este rango. Por último, el valor de P, que es menor que 0.00001, indica que la mejora en el desempeño de los estudiantes con exergames es altamente significativa y no se debe al azar, especialmente en clases pequeñas, durante 1 a 2 meses. Concluyeron que los exergames pueden ser una herramienta efectiva para promover el aprendizaje de educación física y recomendaron a los profesores adaptar los juegos al nivel cognitivo de los estudiantes y limitar su uso a corto plazo para maximizar su impacto, sugiriendo la integración de técnicas de IA para personalizar aún más la experiencia de aprendizaje.

La investigación realizada por (Kapidis et al., 2024) compara la eficacia de dos programas de entrenamiento para mejorar las habilidades de percepción visual (VP) seguimiento visual y atención selectiva en 40 estudiantes griegos de 10 a 12 años. La investigación sigue una metodología de diseño experimental. Los autores destacan que las VP son críticas en deportes y educación física, ya que permiten procesar estímulos visuales rápidamente y tomar decisiones precisas. Tradicionalmente, estas habilidades se entrenan con actividades físicas convencionales, como deportes de coordinación, pero tecnologías emergentes, como la realidad virtual (VR), ofrecen entornos inmersivos que podrían optimizar este aprendizaje. El estudio aborda la brecha investigativa sobre la eficacia de la VR frente a métodos tradicionales en niños, proponiendo una solución dual: exergames en Oculus Quest 2 (que combinan actividad física con retroalimentación interactiva) y actividades tradicionales

basadas en prácticas pedagógicas establecidas (bádminton y ejercicios de reacción). Los resultados cuantitativos, obtenidos mediante un diseño pre-test/post-test con prueba de retención a un mes revelan mejoras significativas en ambos grupos: los puntajes VP aumentaron de 62.2 (pre-test) a 78.8 (post-test) en el grupo de VR (OQ) y a 76.6 en el grupo de actividades típicas (TA), manteniéndose estables tras un mes (74.9 en OQ y 74.4 en TA). El análisis estadístico (ANOVA de dos vías con medidas repetidas) mostró un efecto principal del tiempo ($F=31.94$, $p<0.001$), pero no diferencias significativas entre grupos ($p=0.143$) ni interacción grupo-tiempo ($p=0.899$), lo que sugiere que ambos métodos son igualmente efectivos. Los autores concluyen que, aunque la VR no supera a los métodos tradicionales, ofrece una alternativa válida, innovadora y potencialmente motivadora para entornos educativos, con beneficios sostenibles en habilidades cognitivo-motoras.

El estudio realizado por (Erita et al., 2024) examinan el uso de la realidad virtual (VR) y la inteligencia artificial (IA) en el ámbito de la educación primaria, destacando su aporte en el desarrollo de habilidades propias del siglo XXI, cada vez más necesarias en un entorno digitalizado. El estudio se basó en una revisión sistemática de la literatura, lo que permitió analizar distintas investigaciones relacionadas con estas tecnologías. En cuanto a la realidad virtual, se resalta su capacidad para generar entornos inmersivos que facilitan la comprensión de contenidos complejos, al permitir que los estudiantes interactúen de forma más directa con los conceptos. Esto contribuye a mejorar tanto la motivación como el proceso de aprendizaje. En particular, se menciona que su aplicación en cursos como ciencias ha mostrado mejores resultados en comparación con métodos tradicionales. Por otro lado, la inteligencia artificial se presenta como una herramienta que favorece la personalización del aprendizaje, permitiendo adaptar contenidos, automatizar procesos como la evaluación y ofrecer retroalimentación inmediata a los estudiantes. Asimismo, se evidencia un crecimiento en el interés por la realidad virtual, reflejado en el incremento de publicaciones durante el año 2023. Adicionalmente, se identifican beneficios como la reducción de la ansiedad y la carga cognitiva en los estudiantes mediante el uso de VR, mientras que la IA contribuye a mejorar la eficiencia en los procesos de evaluación y personalización educativa. No obstante, también se reconocen ciertas limitaciones, principalmente relacionadas con la falta de capacitación docente y los costos asociados a su implementación. En general, el estudio resalta el potencial de estas tecnologías para fortalecer tanto las habilidades cognitivas de los estudiantes como los procesos de enseñanza y aprendizaje. A pesar de los desafíos identificados, la integración de la realidad

virtual y la inteligencia artificial representa una oportunidad relevante para innovar en el ámbito educativo.

A partir de la revisión realizada, se identifica que existe evidencia sobre los beneficios de los exergames y la realidad virtual en la promoción de actividad física, motivación, aprendizaje y habilidades cognitivas. Sin embargo, todavía son limitados los estudios enfocados en el desarrollo de entornos virtuales que repliquen protocolos específicos de evaluación física o cognitiva-motora en escolares y que, además comparen el comportamiento del entorno virtual con un sistema físico de referencia. En este sentido la presente investigación aporta al proponer el desarrollo de un exergame basado en el sistema Neural Trainer, orientado al monitoreo de la actividad física en escolares de Arequipa mediante la comparación funcional entre el entorno físico y el entorno virtual.

2.3. Bases Teóricas de la Investigación

2.3.1. Juego lúdico o exergame

Un juego lúdico o exergame es un videojuego activo que integra movimiento corporal con interacción digital, de manera que el usuario participa físicamente mientras ejecuta acciones dentro del entorno del juego. Según (Khan et al., 2023), el uso de exergames ha sido analizado como una estrategia tecnológica aplicada a distintos grupos poblacionales, destacando su impacto en la actividad física y la interacción digital en la que se aborda cómo la tecnología, especialmente la gamificación, puede integrarse en el sector de la salud para mejorar el bienestar de los usuarios. A pesar de la percepción común de que los juegos son una distracción, este enfoque demuestra que los videojuegos pueden tener beneficios significativos cuando se aplican a la salud.

2.3.2. Actividad Física en escolares

La actividad física en escolares constituye un componente esencial para el desarrollo físico, cognitivo y social. Según el (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), 2019), los niños y adolescentes entre 5 y 17 años deberían realizar como mínimo 60 minutos diarios de actividad física de intensidad moderada a vigorosa. Asimismo, se recomienda que la mayor parte de estas actividades sea de tipo aeróbico, complementándose con ejercicios de mayor intensidad que contribuyan al fortalecimiento muscular y óseo, al menos tres veces por semana.

En el contexto peruano, (Katherine Alvis-Chirinos et al., 2017) analizaron la actividad física en escolares de distintas ciudades del país, evidenciando que aproximadamente el 50% cumple con las recomendaciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud (2019) respecto a la práctica diaria de actividad física. No obstante, se identificaron diferencias entre las ciudades evaluadas, registrándose niveles de cumplimiento del 40% en Chiclayo, 56% en Tarapoto y 66% en Huaraz. Asimismo, se observó que los niveles de intensidad en la actividad física tienden a ser mayores en escolares de menor edad y en el sexo masculino. Por otro lado, factores como la mayor edad, el sexo femenino, la obesidad, el nivel educativo de la madre y la residencia en determinadas ciudades se asocian con una menor práctica de actividad física de intensidad moderada a vigorosa. En base a estos resultados, se resalta la importancia de implementar estrategias específicas que fomenten hábitos adecuados de actividad física, especialmente en los grupos con menor nivel de participación.

2.3.3. Realidad Virtual

La Realidad Virtual es una tecnología que permite generar entornos tridimensionales simulados en los que es usuario puede interactuar de forma inmersiva. (Escartín Instituto Superior Politécnico & Echeverría, 2000) la definen como una simulación computarizada de un ambiente tridimensional en el que el usuario puede visualizar y manipular elementos del entorno. En el ámbito educativo y del entrenamiento físico, la realidad virtual facilita la creación de escenarios controlados, interactivos y repetibles, lo que favorece tanto la experiencia del usuario como el registro de variables durante la ejecución de tareas.

2.3.4. Neural Trainer

Neural Trainer es un sistema de entrenamiento tecnológico desarrollado por un grupo de uruguayos, orientado a mejorar la velocidad de reacción, la coordinación y la toma de decisiones mediante la presentación de estímulos visuales. Estos dispositivos pueden emitir diferentes estímulos, como números, colores, letras y formas, y se colocan en diversas posiciones en función de un protocolo determinado. Los deportistas deben desactivar los dispositivos encendidos pasando una parte de su cuerpo sobre ellos, lo que activa otro dispositivo en una secuencia continua de entrenamiento registrando datos sobre la reacción y toma de decisiones de los atletas en tiempo real. De acuerdo con la publicación de (*Neural Trainer, Cuando La Neurociencia Es El Mejor Aliado Del Deportista - EL País Uruguay*, 2018), este sistema permite registrar información en tiempo real sobre la reacción y la respuesta

del usuario, lo que lo convierte en una herramienta útil para el entrenamiento y el seguimiento del desempeño.

Para la presente investigación, Neural Trainer constituye la base funcional del protocolo que será replicado en el entorno de realidad virtual, específicamente en la prueba de agilidad “Secuencia de 2 Colores”.

2.3.5. Scrum

Scrum es un marco de trabajo ágil orientado a la gestión y desarrollo de proyectos de manera iterativa, ampliamente utilizado en el ámbito del software. De acuerdo con (Schwaber & Sutherland, 2020) este enfoque se basa en los principios del empirismo y el pensamiento Lean, promoviendo ciclos de trabajo cortos que permiten la revisión constante y la mejora continua. El enfoque empírico plantea que el conocimiento se construye a partir de la experiencia y la observación, lo que facilita la toma de decisiones informadas. Por su parte, el pensamiento Lean busca optimizar los procesos mediante la reducción de desperdicios y el enfoque en actividades que generen valor. En este contexto, Scrum adopta un modelo iterativo e incremental que contribuye a mejorar la previsibilidad del proyecto y a gestionar de manera eficiente los riesgos. Para su adecuada implementación, se requiere la figura del Scrum Master, quien se encarga de facilitar el trabajo del equipo y promover un entorno colaborativo.

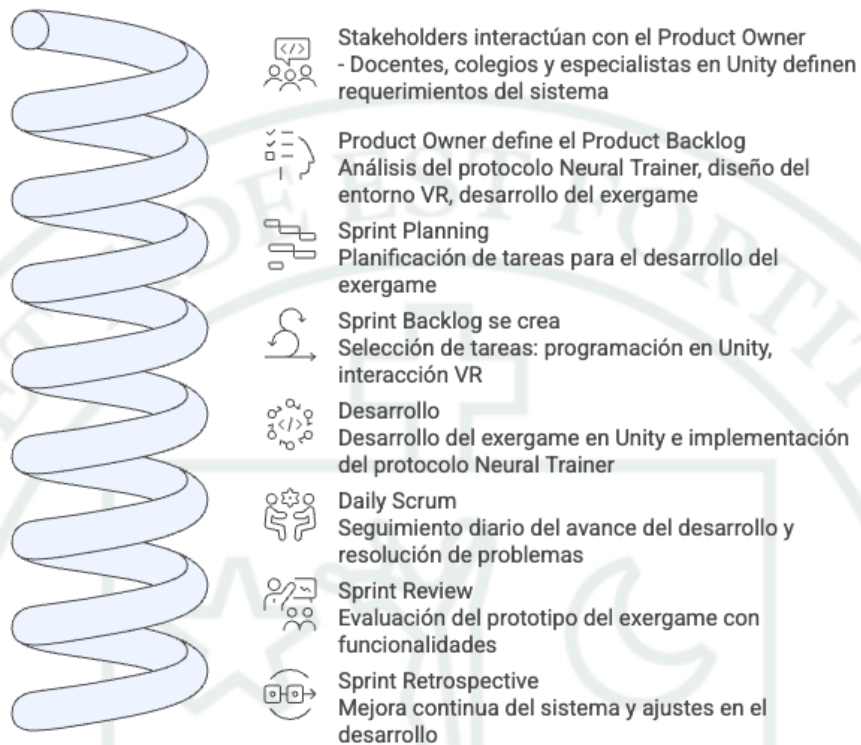
Dentro del marco Scrum, se desarrollan las siguientes actividades principales:

- El Product Owner organiza y prioriza el trabajo en un Product Backlog.
- El equipo de Scrum transforma una selección del trabajo en un Incremento de valor durante cada Sprint.
- Tanto el equipo de Scrum como los stakeholders inspeccionan los resultados y ajustan las estrategias para el siguiente Sprint.
- Este ciclo se repite continuamente.

Figura 1

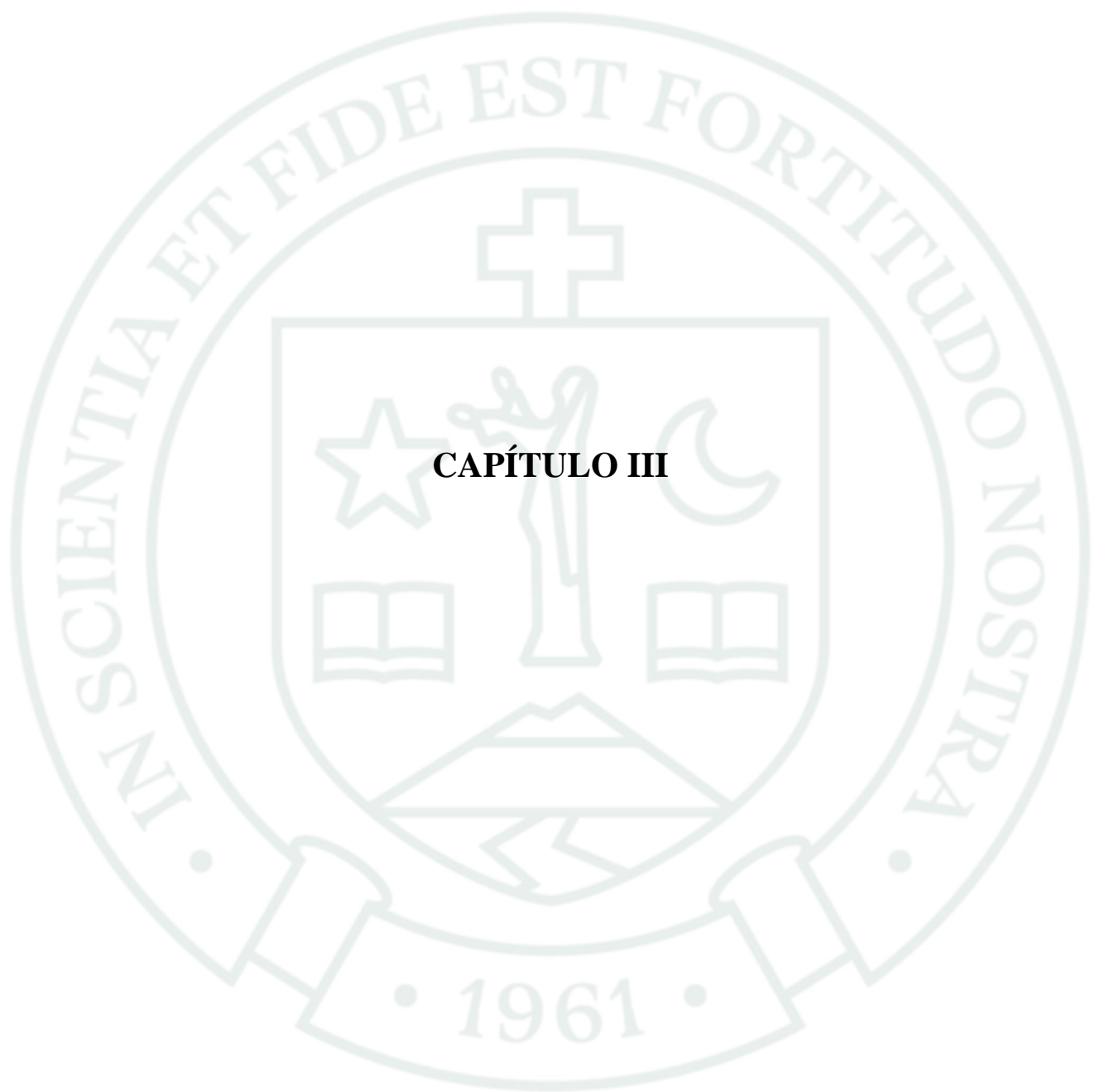
Proceso de desarrollo Scrum aplicado al exergame.

Proceso de Desarrollo Scrum para Exergame



Nota. Adaptado del marco Scrum para el desarrollo del exergame. Elaboración propia

Como se muestra en la Figura 1 la presente investigación, Scrum se adopta como metodología de desarrollo del exergame, ya que permite organizar de manera incremental el diseño, implementación, pruebas y mejora del sistema de realidad virtual, favoreciendo la adaptación del producto a los requerimientos funcionales del protocolo Neural Trainer.



CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Alcances y Limitaciones

3.1.1. Alcances

- **Viabilidad:** Se ha identificado una base significativa de literatura y estudios previos que servirán de apoyo y alcance del proyecto. Además, se cuenta con el acceso a tecnologías avanzadas y a una muestra representativa para llevar a cabo el estudio.
- **Lugar:** Centros educativos de Arequipa.
- **Tiempo:** Se proyecta que la duración total será de 1 año.
- **Recursos tecnológicos:** Sensores del sistema Neural Trainer y dispositivos de realidad virtual.
- **Financiación:** El proyecto cuenta con el respaldo financiero de la universidad, que proporcionará asesoramiento y los dispositivos necesarios, bajo la resolución N.º 30580-R-2024.

3.1.2. Limitaciones

- Algunas fuentes bibliográficas y artículos necesarios para la investigación requieren suscripciones pagadas, lo cual podría representar un obstáculo presupuestal. Sin embargo, se prevé la superación de esta limitación mediante el acceso a bases de datos universitarias y recursos bibliográficos gratuitos.
- La implementación del proyecto se limita únicamente a probar el juego lúdico en una prueba piloto lo que limita a aquellos profesores de colegios que accedieron a dicha investigación.
- La participación de los colegios dependerá de la disponibilidad y apoyo de directores y docentes, lo que podría afectar el éxito del proyecto.
- La aceptación y adaptabilidad del juego lúdico entre los escolares pueden variar, influenciando los resultados del estudio. Se realizarán pruebas preliminares para optimizar la usabilidad del juego.
- La duración de la evaluación por cada escolar está condicionada a los ciclos escolares y la disponibilidad de tiempo de las clases para participar en las actividades del proyecto. Se trabajará en coordinación con los colegios para integrar las sesiones del juego dentro del horario escolar, minimizando interrupciones en el proceso educativo regular.

- Al tratarse de menores de edad, se requerirá el consentimiento informado de los padres o tutores, lo que podría retrasar el proceso de recolección de datos y reducir el tamaño de la muestra si algunos padres no otorgan los permisos.
- Se establecerán protocolos estrictos para la recolección y el análisis de datos para garantizar su validez y fiabilidad.

3.2. Tipo y Nivel de la Investigación

3.2.1. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que se enfoca en el desarrollo e implementación de un exergame basado en tecnología de realidad virtual para el monitoreo de la actividad física en escolares. Esta herramienta no solo busca contribuir al bienestar físico de los estudiantes, sino también proporcionar datos precisos sobre su rendimiento en tiempo real, con el objetivo de que pueda ser adoptada en instituciones educativas y centros de salud.

El diseño es no experimental de tipo comparativo, ya que se evalúa el desempeño de los participantes en dos entornos (físico y virtual) sin manipulación de variables independientes, con el fin de analizar la equivalencia funcional entre ambos sistemas.

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a partir de indicadores de desempeño, tales como aciertos, errores y tiempos de reacción, con el fin de evaluar y comparar el monitoreo de la actividad física en escolares mediante el uso de un exergame en realidad virtual.

3.2.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es descriptivo-comparativo, ya que se describen y comparan los resultados obtenidos en el entorno físico (Neural Trainer) y en el entorno virtual (Realidad Virtual).

3.3. Universo, Población y Muestra

Universo

El universo está compuesto por los estudiantes de instituciones educativas de la ciudad de Arequipa.

Población

La población objetivo son escolares matriculados en los centros educativos seleccionados para el estudio, estimada en 540 estudiantes.

Muestra

Se utilizará una muestra no probabilística por conveniencia, conformada por 127 escolares entre 8 y 17 años de edad.

3.4. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1. Métodos

La investigación emplea un método comparativo de corte transversal. Este enfoque permite contrastar el desempeño de los escolares en dos entornos distintos:

- **Método Tradicional/Físico:** Basado en el uso del sistema Neural Trainer con nodos físicos para establecer una línea base de desempeño del estudiante.
- **Método Virtual:** Basado en la transferencia del protocolo "Secuencia de 2 colores" a un entorno inmersivo desarrollado en Unity 3D. Se comparan métricas de aciertos, errores y tiempos totales para evaluar la efectividad y precisión de la Realidad Virtual (RV) frente al dispositivo físico.

La implementación del proyecto se limita únicamente a probar el juego lúdico en una prueba piloto lo que limita a aquellos profesores de colegios que accedieron a dicha investigación

Tabla 1*Técnicas, definición e instrumento*

Técnica	Definición	Instrumento
Documental	Análisis y revisión sistemática de literatura y protocolos existentes para la evaluación.	Fichas bibliográficas (Excel) y bases de datos científicas (Scopus, WoS).
Evaluación Física	Medición de la coordinación y tiempo de reacción mediante estímulos visuales	Nodos de Neural Trainer (LED) y mandos de Oculus Quest
Registro	Documentación automatizada del rendimiento generada por el software durante las sesiones de juego	Script NeuralData.cs y Aplicativo Neural Trainer.
Evaluación	Análisis estadístico para determinar la validez y correlación entre los datos del entorno físico y el entorno virtual	Informes de evaluación y software estadístico (Python)

Nota. Elaboración propia.

3.5. Plan de análisis estadístico de los datos

El análisis estadístico de los datos se realizará con el propósito de evaluar y comparar los indicadores de desempeño de los participantes en el entorno físico (Neural Trainer) y en el entorno virtual (Realidad Virtual), conforme a los objetivos planteados en la investigación.

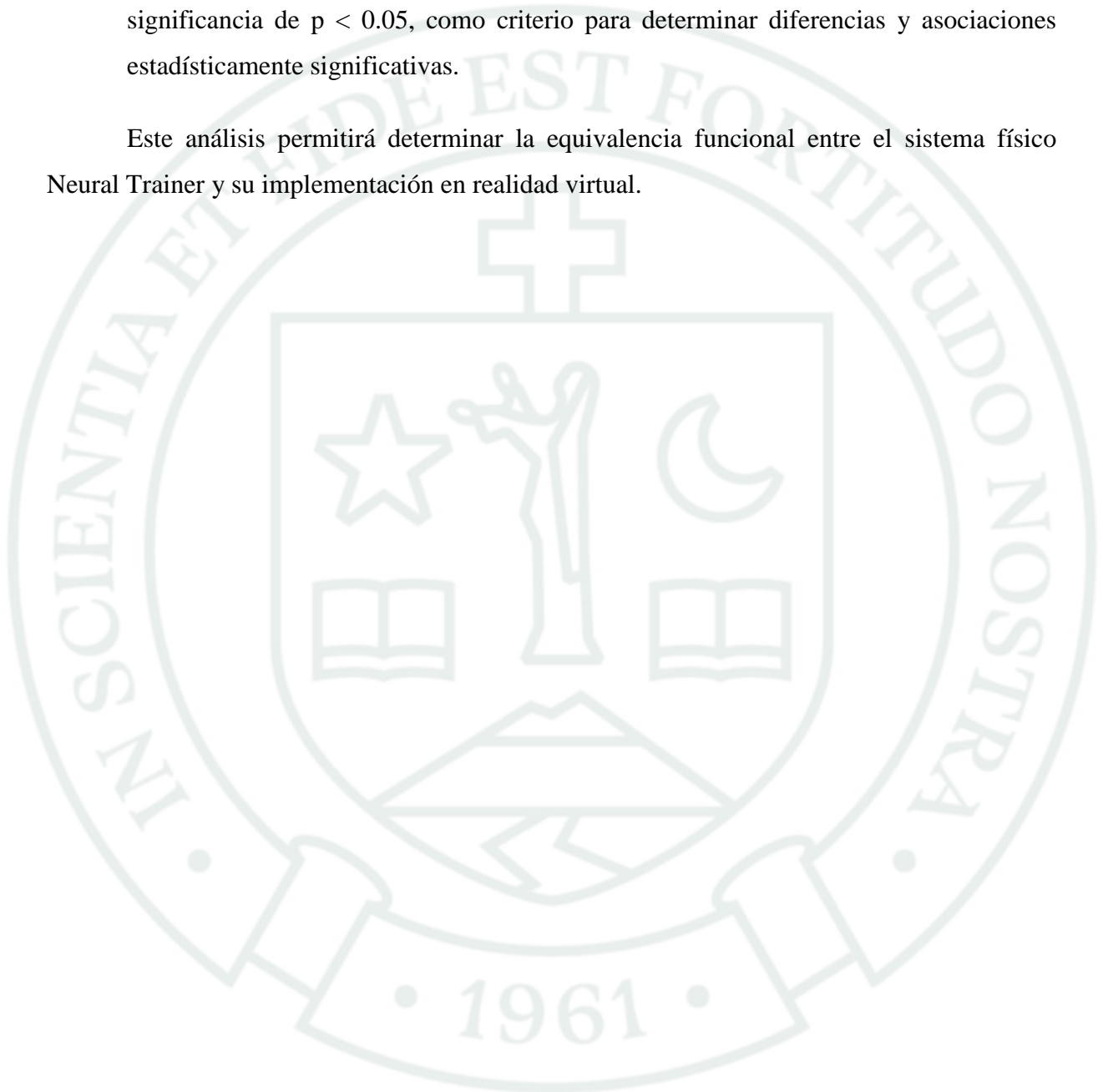
Los datos recolectados serán procesados mediante software estadístico basado en Python, utilizando las librerías NumPy, Pandas y SciPy, mientras que la visualización de resultados se efectuará con Matplotlib

El plan de análisis se estructurará en las siguientes etapas:

- **Análisis Descriptivo:** Se calcularán medidas de tendencia central y dispersión (media, desviación estándar, valores mínimos y máximos) para las variables de estudio.
- **Análisis de normalidad:** Se aplicará la prueba de Shapiro–Wilk con la finalidad de evaluar la distribución de los datos y definir el uso de pruebas estadísticas paramétricas o no paramétricas en los análisis comparativos.
- **Análisis comparativo:** Para contrastar el desempeño entre el entorno físico y el entorno virtual, se emplearán pruebas estadísticas para muestras relacionadas, considerando la naturaleza de los datos y los supuestos estadísticos correspondientes.

- **Análisis de correlación:** Se utilizará el coeficiente de correlación de Pearson para analizar la relación entre las variables registradas en ambos entornos, permitiendo evaluar la consistencia y equivalencia funcional entre el sistema físico y su implementación en Realidad Virtual.
- **Nivel de significancia:** En todos los análisis estadísticos se adoptará un nivel de significancia de $p < 0.05$, como criterio para determinar diferencias y asociaciones estadísticamente significativas.

Este análisis permitirá determinar la equivalencia funcional entre el sistema físico Neural Trainer y su implementación en realidad virtual.



3.6. Plan del Proyecto

3.6.1. Diagrama de Gantt

Tabla 2

Diagrama de Gantt del proyecto

Elemento	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<i>Fase 1: Investigación y Planificación</i>												
DDG-01 Revisión Bibliográfica	X	X										
DDG-02 Planteamiento del Problema		X	X									
DDG-03 Estado del Arte			X	X								
DDG-04 Marco Teórico				X								
DDG-05 Antecedentes				X								
DDG-06 Bases Teóricas					X							
DDG-07 Hipótesis					X							
DDG-08 Matriz de Operacionalización de Variables					X							
DDG-09 Marco Metodológico					X							
<i>Fase 2: Diseño de la Solución</i>												
DDG-10 Configuración de lentes de RV oculus						X						
DDG-11 Configuración paquetes Unity						X						
DDG-12 Reunión Especialistas						X	X					
DDG-13 Diseño de réplica del protocolo "Secuencia de Colores"								X				
DDG-14 Desarrollo del exergame (Unity + Oculus)						X	X	X	X			
DDG-15 Validación inicial del exergame								X	X			
DDG-16 Reunión Especialistas									X			
DDG-17 Levantamiento de Observaciones y Feedback									X	X		
<i>Fase 3: Implementación y Pruebas Piloto</i>												
DDG-18 Integración de hardware y software										X		
DDG-19 Configuración de sensores y dispositivos de vr											X	
DDG-20 Pruebas de Neural Trainer y realidad virtual											X	
DDG-21 Prueba Piloto en colegios											X	X
<i>Fase 4: Análisis de Resultados y Conclusiones</i>												
DDG-22 Interpretación de Resultados												X
DDG-23 Documentación Final y Entrega												X



CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La propuesta desarrollada consiste en un exergame inmersivo en Realidad Virtual (RV) diseñado para replicar funcional y lógicamente el protocolo de agilidad “Secuencia de 2 colores” del sistema Neural Trainer, trasladándolo a un entorno tridimensional interactivo implementado en Unity 3D y ejecutado mediante dispositivos Oculus Quest.

El sistema tiene como finalidad monitorear los indicadores de desempeño de escolares, registrando de forma automática y objetiva variables como aciertos, errores y tiempos de reacción, eliminando la dependencia de sensores físicos externos y reduciendo la intervención manual durante la recolección de datos.

El desarrollo se realizó bajo un enfoque iterativo e incremental, permitiendo validar progresivamente la funcionalidad del sistema durante su construcción.

4.1. Arquitectura general del sistema

El sistema desarrollado sigue una arquitectura basada en el patrón Modelo–Vista–Controlador (MVC), lo que permite una adecuada separación de responsabilidades entre la gestión de datos, la lógica del sistema y la interacción con el usuario. Esta estructura facilita el mantenimiento del sistema, la escalabilidad y la correcta organización del flujo de información durante la ejecución del protocolo en Realidad Virtual.

El Modelo se encarga del almacenamiento local de los datos generados durante cada sesión, utilizando formatos estructurados como JSON y CSV, donde se registran los resultados de los estudiantes, incluyendo aciertos, errores y tiempos de ejecución. Estos datos son utilizados posteriormente para el análisis estadístico de la investigación.

El Controlador está implementado en Unity 3D mediante scripts desarrollados en C#, y constituye el núcleo del sistema. Este componente gestiona la lógica del protocolo Neural Trainer, procesa las entradas del usuario, valida las respuestas, controla la secuencia de estímulos y envía los resultados al módulo de almacenamiento.

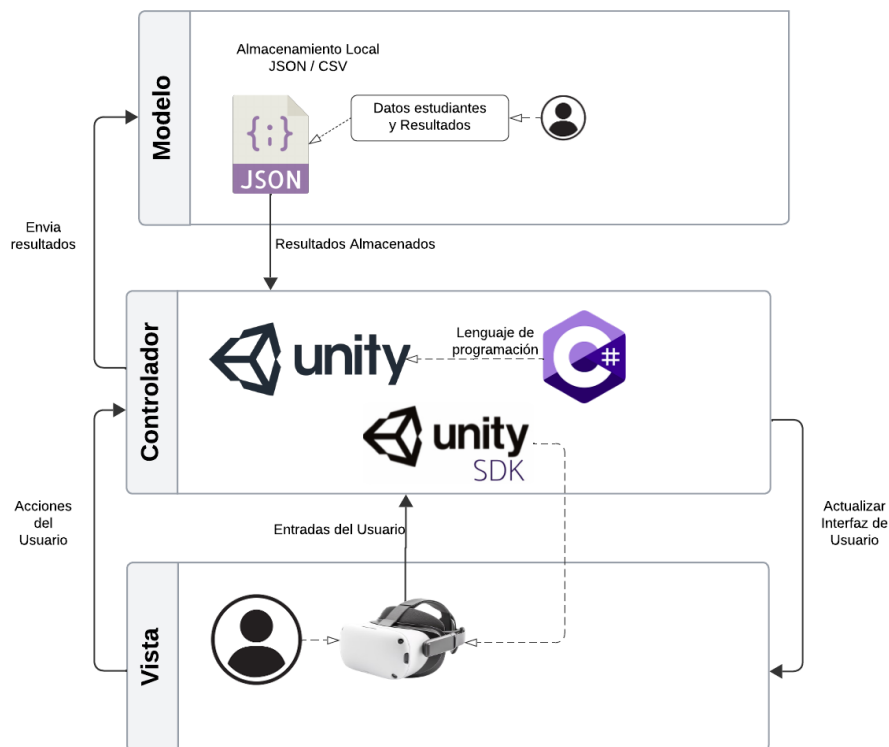
La Vista corresponde al entorno de Realidad Virtual ejecutado en dispositivos Oculus Quest, donde el usuario interactúa directamente con los estímulos visuales a través de los controladores. Este componente se encarga de mostrar el entorno tridimensional, presentar los estímulos y reflejar la retroalimentación del sistema en tiempo real.

La comunicación entre los componentes se realiza de forma bidireccional: las acciones del usuario son enviadas desde la Vista al Controlador, el cual procesa la información y actualiza tanto el Modelo como la interfaz visual, garantizando una ejecución fluida y consistente del protocolo. Como se muestra en la Figura 2, esta arquitectura permite una adecuada integración de los módulos del sistema.

Figura

2

Diagrama de Arquitectura del sistema basado en el modelo MVC



Nota: Elaboración propia.

4.2. Descripción funcional de los módulos del sistema

El sistema fue estructurado en módulos funcionales independientes, lo que permitió organizar el desarrollo, facilitar el mantenimiento del código y asegurar una correcta ejecución del protocolo de agilidad “Secuencia de 2 Colores” del sistema Neural Trainer en un entorno de Realidad Virtual.

- Módulo de estimulación visual:

Encargado de presentar los estímulos o nodos visuales (colores y secuencias) en el entorno tridimensional, replicando el protocolo original del Neural Trainer. Este módulo controla la activación, desactivación y cambio de estímulos según los tiempos definidos.

- **Módulo de interacción:**
Permite la detección de las acciones del usuario mediante los controladores de Realidad Virtual. Registra las respuestas del participante frente a los estímulos, validando si corresponden a aciertos o errores en función de las reglas del protocolo.
- **Módulo de lógica del protocolo:**
Gestiona la secuencia del protocolo, definiendo:
 - Intervalos entre estímulos
 - Condiciones de inicio y finalización
 - Reglas de validación de respuestas
- **Módulo de registro de datos:**
Registra:
 - Número de aciertos
 - Número de errores
 - Tiempo de reacción
 - Duración total de la sesión
- **Módulo de visualización de resultados:**
Muestra al usuario y al investigador los resultados finales de cada sesión en tiempo real.

Tabla 3
Descripción de los módulos del sistema

Módulo	Función principal
Estimulación visual	Presentación de estímulos visuales (nodos de colores)
Interacción	Detección y validación de respuestas del usuario
Lógica del protocolo	Control de secuencia, tiempos y reglas del protocolo
Registro de datos	Almacenamiento de aciertos, errores y tiempos
Resultados	Visualización de desempeño

Nota. Elaboración propia

4.3. Flujo de ejecución del sistema

El sistema desarrollado sigue un flujo de ejecución secuencial y controlado que permite aplicar el protocolo Neural Trainer en un entorno de Realidad Virtual, garantizando la correcta generación y registro de los datos.

El flujo inicia cuando el usuario se coloca el visor Oculus Quest y accede al entorno virtual. Al comenzar la sesión, el sistema carga el escenario tridimensional y ejecuta la inicialización de las variables internas, tales como número de intentos, aciertos, errores y tiempo total de ejecución.

Una vez iniciado el protocolo, el sistema presenta los estímulos visuales correspondientes a la secuencia definida. En cada intento, el usuario debe responder siguiendo el orden establecido del protocolo, el cual consiste en interactuar primero con el estímulo de color rojo y, de manera consecutiva, con el estímulo de color azul.

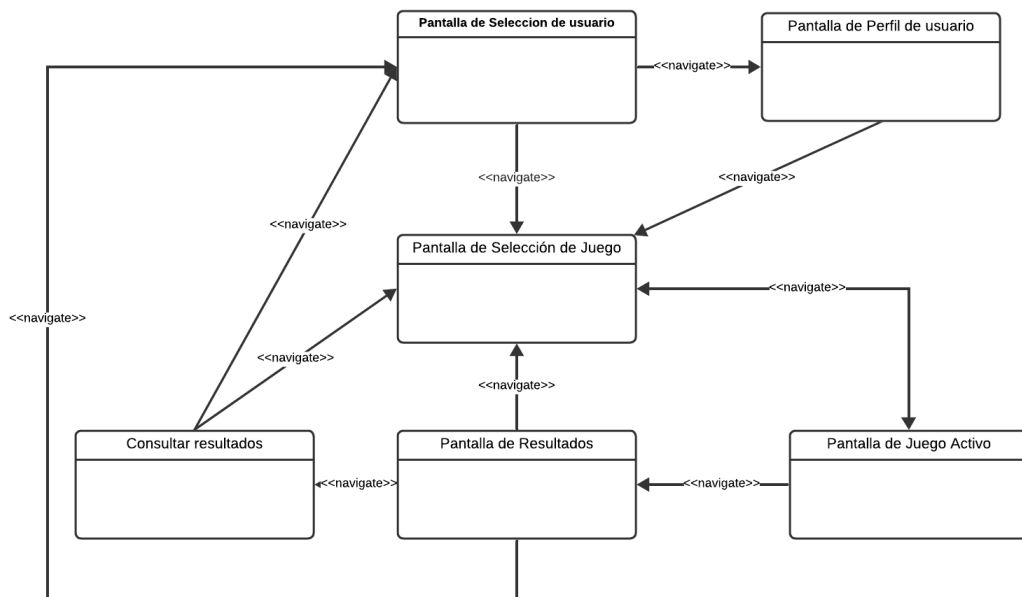
Si el usuario realiza la interacción respetando correctamente la secuencia rojo-azul dentro del intervalo de tiempo establecido, el sistema registra la respuesta como un acierto. En caso de que el usuario interactúe con un estímulo incorrecto, altere el orden de la secuencia o no responda dentro del tiempo permitido, la acción es registrada automáticamente como un error.

Cada interacción válida genera el registro del tiempo de reacción correspondiente, calculado desde la activación del estímulo hasta la respuesta del usuario. Este proceso se repite de forma iterativa hasta completar el número de intentos definidos para la sesión.

Al finalizar la ejecución del protocolo, el sistema muestra en pantalla los resultados obtenidos, incluyendo el número de aciertos, errores y la duración total de la sesión. Finalmente, toda la información generada es almacenada de manera automática en archivos estructurados, los cuales son utilizados posteriormente para el análisis estadístico de la investigación.

Figura 3

Diagrama de flujo de ejecución del sistema en el entorno de realidad virtual



Nota. Elaboración propia

Como se muestra en la Figura 3, el diagrama de flujo ilustra el proceso completo de ejecución del sistema, desde el inicio de la sesión en realidad virtual, la presentación de estímulos, validación de la secuencia rojo-azul, registro de aciertos y errores, hasta el almacenamiento final de los datos.

4.4. Variables registradas por el sistema

Durante la ejecución del exergame, el sistema registra de manera automática y objetiva un conjunto de variables relacionadas con los indicadores de desempeño del participante, eliminando la intervención manual durante la recolección de datos.

Las variables registradas permiten evaluar la precisión, velocidad de respuesta y rendimiento general del usuario durante la ejecución del protocolo. Estas variables son almacenadas en formatos estructurados (CSV y JSON), lo que facilita su posterior procesamiento estadístico. Las variables registradas por el sistema se presentan a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4
Variables registradas por el sistema

Variable	Descripción
Aciertos	Número de secuencias correctas
Errores	Número de secuencias incorrectas
Tiempo de reacción	Tiempo transcurrido entre estímulo y respuesta
Duración Total	Tiempo total de la sesión
Estado de finalización	Indica si la sesión fue completada correctamente.
Mareo	Indica si el usuario presentó mareo durante la sesión

Nota. Elaboración propia

4.5. Scrum

Para el desarrollo del exergame se adoptó la metodología Scrum, debido a su flexibilidad, adaptabilidad a proyectos de software interactivo y capacidad para gestionar requisitos cambiantes durante el proceso de desarrollo. En este contexto, Scrum permitió:

- Iterar rápidamente sobre prototipos funcionales.
- Integrar retroalimentación temprana de especialistas.
- Reducir riesgos técnicos asociados a la interacción humano-computadora.
- Priorizar funcionalidades críticas del sistema.

4.5.1. Equipo Scrum

El equipo Scrum estuvo conformado por los siguientes roles:

Tabla 5
Equipo Scrum

Puesto	Persona a Cargo	Descripción
Product Owner	Nadia Chavez; Maria Valverde	Definieron la visión del producto, priorizaron requerimientos del sistema, y validaron que cada incremento desarrollado cumpliera con lo esperado.
Equipo de desarrollo	Nadia Chavez; Maria Valverde	Se encargaron del diseño, desarrollo e implementación del sistema, así como el correcto rendimiento del exergame en dispositivos de realidad virtual.
Scrum Master	Responsable del desarrollo técnico del sistema	Planificó los sprints, coordinó las reuniones de seguimiento y se aseguró la correcta aplicación del marco Scrum.
Stakeholders	Profesores de Educación Física; Investigador especialista en Unity	Brindaron retroalimentación para validar el protocolo correcto para escolares y optimizar la arquitectura y rendimiento del exergame.

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 5 se detallan los roles asignados, los cuales se definieron considerando las capacidades y nivel de participación de cada integrante.

4.5.2. Proceso de Scrum

El proceso de Scrum se desarrolló de manera iterativa a lo largo del desarrollo del proyecto, desde el 2024, permitiendo una evolución progresiva de este. En cada Sprint se establecieron objetivos, se desarrollaron funcionalidades concretas y se validaron los resultados obtenidos antes de continuar al siguiente Sprint.

Cada Sprint tuvo actividades de análisis, desarrollo, pruebas técnicas y validación funcional del sistema. Las observaciones, comentarios de expertos y resultados de las pruebas piloto realizadas en instituciones educativas, fueron documentados y usados como base para

introducir mejoras en los siguientes Sprints. Este enfoque permitió que el exergame se ajustara a las necesidades reales del contexto educativo.

Scrum no se limitó solo a la fase de programación, sino que se mantuvo activa durante la etapa de recolección de datos, permitiendo realizar ajustes oportunos para mejorar la estabilidad del sistema y optimizar la comprensión de la prueba por parte de los escolares.

4.5.3. Planificación de Sprints

El desarrollo del sistema se organizó en varios Sprints, con objetivos y entregables específicos

Primer Sprint: Levantamiento de requerimientos y validación inicial

Durante el primer sprint realizamos reuniones con los stakeholders y expertos externos, con el objetivo de comprender el protocolo Neural Trainer y definir su adaptación al entorno virtual. Analizamos las variables que serían medidas, condiciones de ejecución de la prueba y limitaciones propias del contexto escolar. A partir de estas reuniones se definieron los requerimientos funcionales y el Product Backlog del proyecto.

Figura 4

Reunión con stakeholders



Nota. Registro fotográfico de las reuniones con stakeholders durante el desarrollo del exergame.

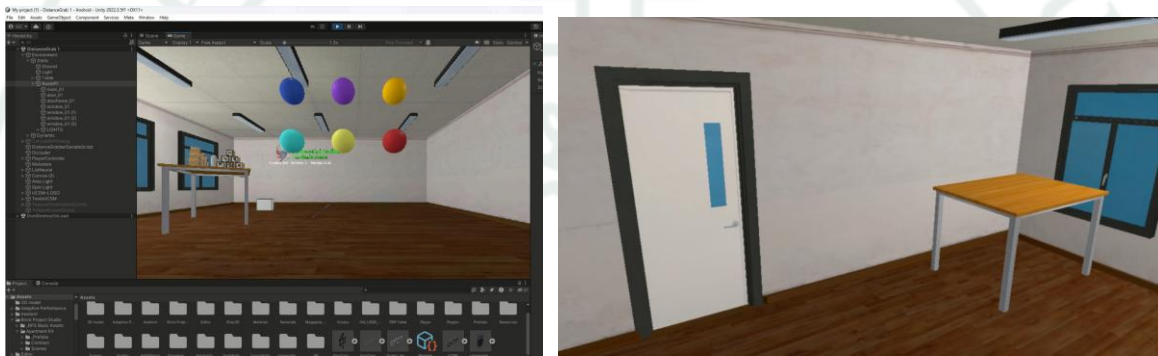
Como se muestra en la Figura 4, se presenta al equipo de investigación junto a los stakeholders y expertos externos que participaron en diferentes etapas del proyecto. Estas interacciones, desarrolladas a lo largo de varios sprints, contribuyeron a la validación técnica y

metodológica del sistema, así como a la consolidación progresiva del Product Backlog y de las decisiones de diseño.

Segundo sprint: Desarrollo del entorno virtual

En este sprint se configuró el proyecto en Unity, se integró el SDK de Oculus Quest y se desarrolló el entorno virtual donde se ejecutaría el protocolo. Asimismo, se realizaron pruebas de despliegue con el objetivo de asegurar su correcto funcionamiento y estabilidad inicial.

Figura 5
Entorno Virtual Unity



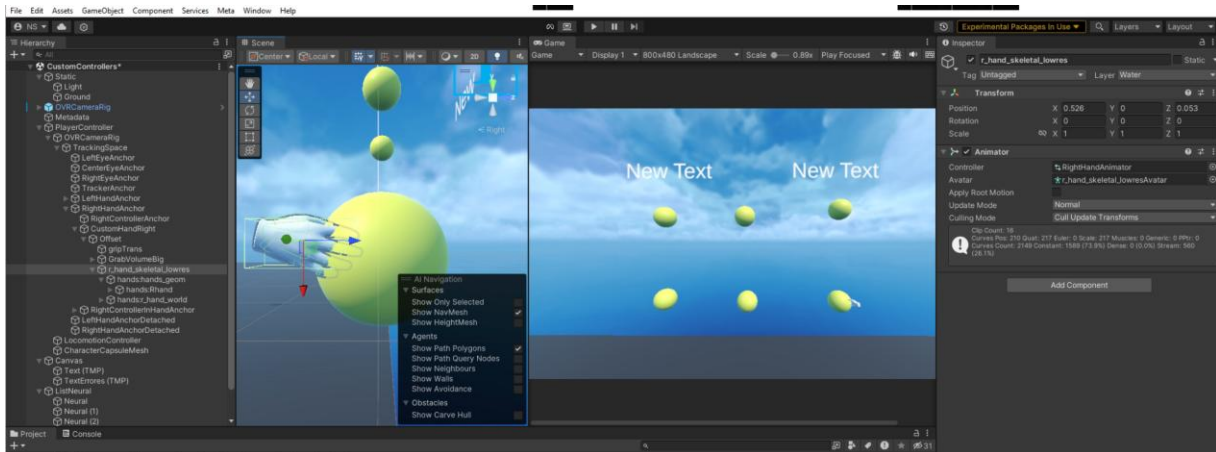
Nota. Capturas del entorno virtual implementado durante el segundo sprint del proyecto.

Como se muestra en la Figura 5, se presenta una vista del entorno virtual desarrollado durante el segundo sprint, el cual replica un espacio controlado para la aplicación del protocolo. Este escenario fue utilizado para realizar pruebas de despliegue y verificar la correcta visualización, navegación y estabilidad inicial del sistema en dispositivos de realidad virtual.

Tercer sprint: Implementación de la lógica del sistema

En este sprint, se desarrolló la lógica principal del sistema, definiendo los tiempos de activación, los intervalos entre estímulos y las condiciones de validación de las respuestas del usuario.

Figura 6
Entorno Unity en funcionamiento



Nota. Captura del entorno en Unity durante la ejecución del protocolo y registro de variables.

Como se muestra en la Figura 6, el entorno virtual se encuentra en funcionamiento durante el tercer sprint, donde se ejecuta el protocolo con estímulos visuales y se registran variables como aciertos, errores y tiempo de respuesta. En esta etapa se validó la correcta activación de los estímulos y la visualización de resultados en tiempo real.

A continuación, se presenta un fragmento del código desarrollado en C#, correspondiente a la lógica principal del sistema, encargado de la gestión de estímulos, control de intentos y registro de resultados:

```
public class NeuralColorController : MonoBehaviour
{
    public static NeuralColorController Instance; // Singleton instance
    public List<GameObject> ListNeural = new List<GameObject>();
    public List<Material> ListMaterial = new List<Material>();
    public TMP_Text Texto;
    public TMP_Text TextoErrores; //texto para errores
    public int Puntaje = 0;
    public int Intentos = 0;
    public int Errores = 0; //variable para errores
    public float TiempoEspera = 0.75f;
    // Start is called before the first frame update
    private void Awake()
    {
        // Singleton pattern
        if (Instance == null)
        {
            Instance = this;
            DontDestroyOnLoad(gameObject); // Persist through scenes
        }
        else
        {

```

```

        Destroy(gameObject); // Ensure only one instance exists
    }
} public void CambiarColor()
{
    bool opc = true;
    Shuffle(ListNeural);
    for (int i = 0; i < ListNeural.Count; i++)
    {
        ListNeural[i].GetComponent<NeuralColor>().ChangeVal(ListMaterial[i],
opc);
        if (i == 0)
        {
            opc = false;
        }
    }
}
public void CambiarEsperar()
{
    StartCoroutine(WaitAndChange());
}
private IEnumerator WaitAndChange()
{
    // Wait for 0.5 seconds
    Intentos++;
    for (int i = 0; i < ListNeural.Count; i++)
    {
        ListNeural[i].gameObject.GetComponent<SphereCollider>().enabled=false;
    }
    yield return new WaitForSeconds(TiempoEspera);

    for (int i = 0; i < ListNeural.Count; i++)
    {
        ListNeural[i].gameObject.GetComponent<SphereCollider>().enabled = true;
    }
    // Perform the action after waiting
    CambiarColor();
}
private void Shuffle(List<GameObject> list)
{
    for (int i = 0; i < list.Count; i++)
    {
        // Elegir un índice aleatorio
        int randomIndex = Random.Range(0, list.Count);
        // Intercambiar los elementos
        GameObject temp = list[i];
        list[i] = list[randomIndex];
        list[randomIndex] = temp;
    }
}
}

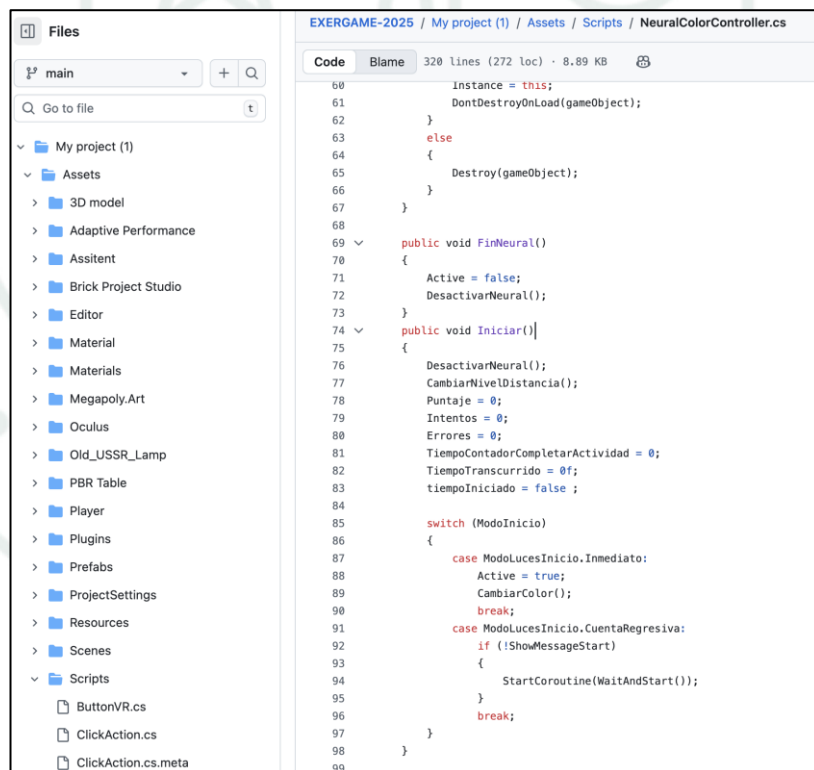
```

```
public void GetPuntos ()
{
    Puntaje++;
}

public void GetErrores ()
{
    Errores++;
}

void Start ()
{
    CambiarColor ();
}
// Update is called once per frame
void Update ()
{
    Texto.text = "Puntaje :"+ Intentos + "/" + Puntaje;
    TextoErrores.text = "Errores : " + Errores;
}
}
```

Figura 7
Código fuente



Nota. Captura del código fuente desarrollado en Unity correspondiente.

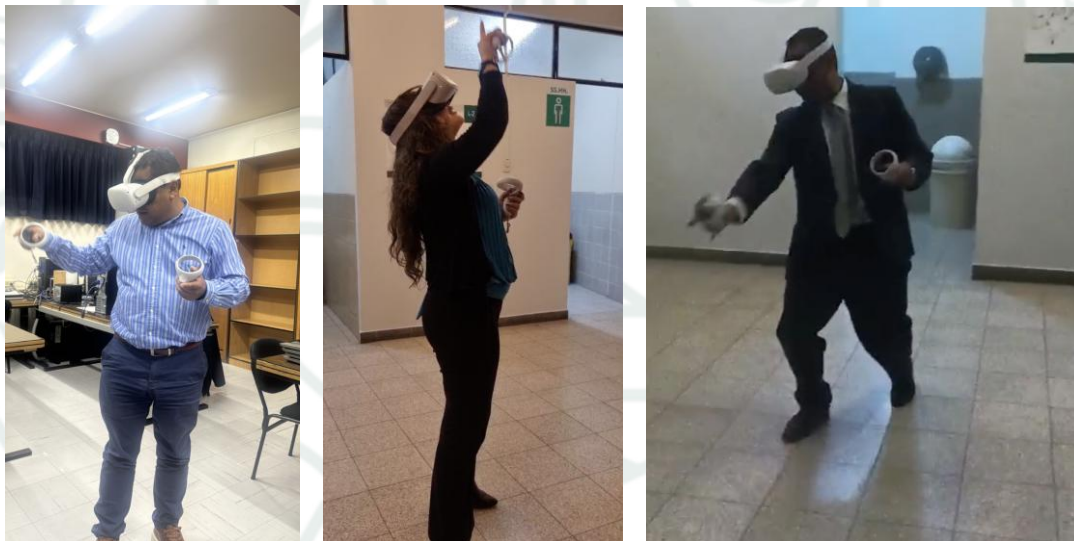
Como se muestra en la Figura 7, se presenta una vista del código fuente desarrollado durante el tercer sprint, correspondiente a la lógica principal del sistema. En esta etapa se definieron los tiempos de activación, los intervalos entre estímulos, las condiciones de validación de la respuesta y el control del flujo de la actividad, permitiendo el registro estructurado de los datos generados por el usuario.

Cuarto sprint: Implementación de la interacción y pruebas funcionales

En este sprint, desarrollamos el sistema de interacción mediante los controladores de realidad virtual, permitiendo que el usuario responda a los estímulos presentados. Se implementó la detección de interacción, aciertos, errores, y la retroalimentación al usuario.

Asimismo, se realizaron pruebas iterativas con el objetivo de ajustar la sensibilidad de la interacción y asegurar una respuesta consistente del sistema.

Figura 8
Pruebas funcionales realizadas



Nota. Registro fotográfico de las pruebas de interacción realizadas

Como se muestra en la Figura 8, se presenta la ejecución de pruebas de interacción realizadas durante el cuarto sprint, en las que los usuarios utilizaron los controladores de realidad virtual para responder a los estímulos presentados en el entorno virtual. En esta etapa se evaluó la detección de acciones, el registro de aciertos y errores, y la retroalimentación inmediata del sistema.

Quinto sprint: Implementación del módulo de gestión de datos

En este sprint se implementó el módulo de gestión de datos del sistema, desarrollando la funcionalidad de registro automático de aciertos, errores y la duración total de cada sesión.

Figura 9

Interfaz de visualización de puntaje y tiempo de ejecución



Nota. Captura de la interfaz de resultados del sistema, donde se muestran los indicadores de desempeño del usuario

Como se muestra en la Figura 9, se presenta la interfaz de resultados implementada durante el quinto sprint, donde se visualiza el puntaje obtenido, el número de errores y la duración total de la sesión. En esta etapa se desarrolló el módulo de gestión de datos, permitiendo el registro automático y estructurado de las variables generadas durante la ejecución del protocolo.

Sexto sprint: Pruebas piloto y validación del sistema.

Durante este sprint, se realizaron pruebas piloto del sistema, evaluando su correcto funcionamiento en pruebas de campo. Asimismo, se llevaron a cabo reuniones con expertos en educación física, quienes brindaron observaciones sobre la duración de la prueba, comprensión del protocolo y su adecuada adaptación en escolares.

A partir de estas observaciones, se realizaron los ajustes correspondientes al sistema.

Figura 10

Validación del sistema mediante pruebas piloto con expertos



Nota. Registro fotográfico de las pruebas piloto realizadas con expertos en educación física durante el sexto sprint.

Como se muestra en la Figura 10, se presenta la realización de pruebas piloto del sistema de realidad virtual con la participación de expertos en educación física durante el sexto sprint. Estas sesiones permitieron evaluar el funcionamiento del sistema, la comprensión del protocolo y la interacción del usuario, así como recoger observaciones que sirvieron para realizar ajustes finales orientados a su correcta adaptación en el contexto escolar.

Séptimo sprint: Aplicación del sistema y recolección de datos.

Durante este sprint, se utilizó el sistema en tres instituciones educativas para la recolección de datos. Se coordinaron las sesiones, se aplicó el protocolo y se supervisó el uso del sistema en un entorno real. Asimismo, se registraron incidencias y se verificó el correcto funcionamiento del sistema, así como la adecuada generación de los datos.

Figura 11

Aplicación del sistema de Realidad Virtual en instituciones educativas



Nota. Registro fotográfico de la aplicación del sistema durante la fase de recolección de datos en instituciones educativas

Como se muestra en la Figura 11, se presenta la aplicación del sistema de realidad virtual durante la fase de recolección de datos en instituciones educativas. En esta etapa se aplicó el protocolo con estudiantes en un entorno real, supervisando el correcto uso del sistema y la ejecución adecuada de las actividades propuestas.

Figura 12

Interacción del usuario con los estímulos del Neural Trainer



Nota. Registro fotográfico de la interacción de los participantes con los estímulos durante la recolección de datos

Como se muestra en la figura 12, se evidencia la interacción directa de los participantes con los estímulos del sistema durante la recolección de datos. Esta etapa permitió validar la comprensión del protocolo y la respuesta del sistema ante las acciones del usuario en un contexto educativo real.





CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis de los datos

En el presente capítulo se analizan y validan los resultados obtenidos a partir de la implementación del sistema desarrollado en Realidad Virtual, comparándolos con los registros obtenidos mediante el entorno físico Neural Trainer. El objetivo de este análisis es evaluar los indicadores de desempeño de los participantes y determinar la consistencia y equivalencia funcional entre ambos entornos de evaluación.

Los datos analizados corresponden a los registros recolectados durante las sesiones de aplicación del protocolo en instituciones educativas de nivel primario y secundario, realizadas en condiciones controladas y bajo la supervisión de especialistas en educación física. Cada registro incluye variables demográficas básicas, así como métricas de indicadores de desempeño, tales como número de aciertos, errores y tiempos de reacción, tanto en el entorno virtual como en el entorno físico.

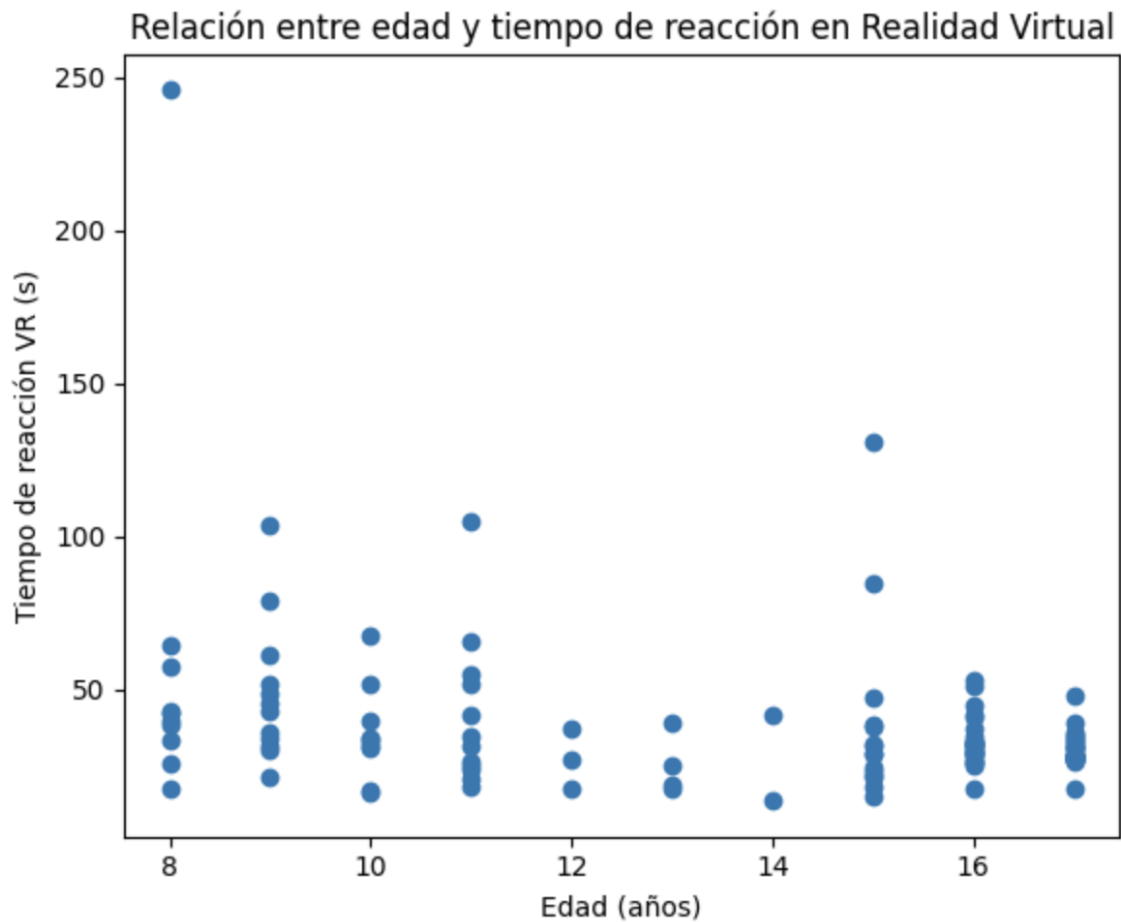
Previo al análisis estadístico, se llevó a cabo un proceso de depuración y estructuración de los datos, el cual incluyó la corrección de encabezados, la eliminación de filas completamente vacías generadas por el formato original del archivo y la conversión de las variables cuantitativas a formato numérico. Este procedimiento permitió obtener un conjunto de datos consistente, compuesto por 127 registros, garantizando la integridad de la información utilizada en los análisis posteriores.

El análisis estadístico se realizó empleando el lenguaje de programación Python, utilizando las librerías NumPy y Pandas para el procesamiento de los datos, SciPy para la aplicación de pruebas estadísticas y Matplotlib para la visualización de resultados. Se adoptó un nivel de significancia estadística de $p < 0.05$ para todos los análisis inferenciales.

5.2. Relación entre la edad y el tiempo de reacción en el entorno de Realidad Virtual

Figura 13

Relación entre edad y tiempo de reacción en el entorno de realidad virtual



Nota. Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del sistema.

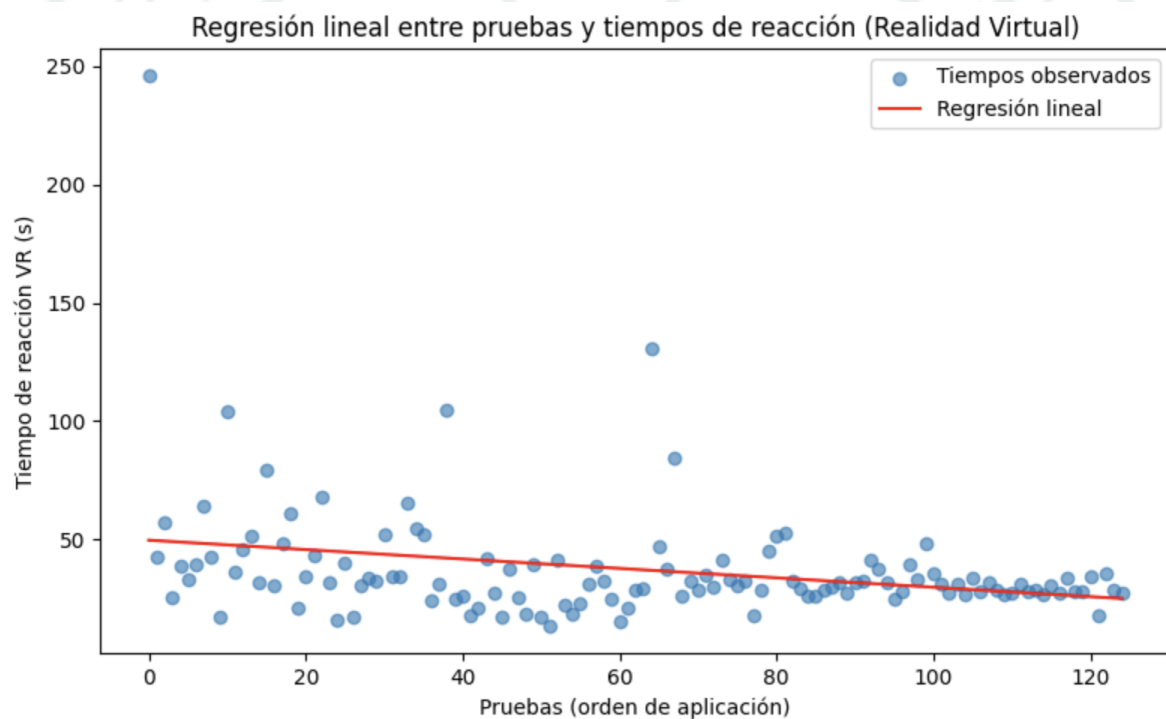
Como se muestra en la Figura 13, se presenta la relación entre la edad de los participantes y el tiempo de reacción registrado en el entorno de realidad virtual. En el eje horizontal se representa la edad cronológica expresada en años, mientras que en el eje vertical se presenta el tiempo de reacción medido en segundos. Cada punto del gráfico corresponde al desempeño individual de un participante durante la ejecución de la tarea de desempeño en el sistema desarrollado.

La distribución de los datos evidencia una alta variabilidad en los tiempos de reacción dentro de un mismo rango etario, especialmente en los grupos de menor edad. Asimismo, se observan valores atípicos en edades tempranas, principalmente en edades tempranas, lo que sugiere diferencias individuales en el desempeño dentro del entorno virtual evaluado.

Estos resultados sugieren que, dentro del rango evaluado, la edad por sí sola no evidencia una influencia significativa del tiempo de reacción en el entorno de realidad virtual, lo que refuerza la necesidad de considerar otros factores asociados a los indicadores de desempeño. Asimismo, el comportamiento observado respalda la aplicabilidad del sistema en distintos grupos etarios del contexto educativo, sin que se evidencien sesgos significativos atribuibles a la edad.

5.3. Regresión lineal entre pruebas y el tiempo de reacción en el entorno de Realidad Virtual

Figura 14
Relación entre pruebas y tiempos de reacción



Nota. Elaboración propia a partir de los datos obtenidos durante la aplicación del protocolo.

Como se muestra, en la Figura 14 se presenta la relación entre el orden de aplicación de las pruebas y los tiempos de reacción registrados en el entorno de realidad virtual. Se observa una ligera tendencia descendente en la línea de regresión, lo que sugiere una disminución progresiva de los tiempos de reacción conforme avanza la aplicación del protocolo. Este comportamiento podría estar asociado a un efecto de aprendizaje o adaptación de usuario al sistema.

No obstante, la dispersión de los datos evidencia una variabilidad individual considerable, especialmente en las primeras pruebas, lo que indica diferencias en la adaptación inicial de los participantes al entorno de la realidad virtual.

5.4. Comparación entre el entorno de Realidad Virtual y el Neural Trainer físico

Con el objetivo de evaluar la equivalencia funcional entre el exergame desarrollado en realidad virtual y el entorno físico Neural Trainer, se realizó una comparación estadística de las variables de desempeño registradas en ambos entornos. Para este análisis se consideraron mediciones pareadas correspondientes al mismo participante, lo que permitió una comparación directa entre ambas condiciones de evaluación.

Previo a la aplicación de pruebas inferenciales, se evaluó la normalidad de las diferencias entre las mediciones mediante la prueba de Shapiro–Wilk. Como se muestra en la Tabla 6, los resultados indicaron que las diferencias para la variable aciertos no siguen una distribución normal ($W = 0.931$; $p = 0.00001$), al igual que las diferencias correspondientes a la variable errores ($W = 0.938$; $p = 0.00002$). Dado que en ambos casos el valor de p fue menor a 0.05, se rechazó el supuesto de normalidad.

Tabla 6
Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk para las diferencias entre condiciones

Variable	W	p-valor	Distribución
Diferencia de aciertos (RV–NT)	0.931	0.00001	No normal
Diferencia de errores (RV–NT)	0.938	0.00002	No normal

Nota. Elaboración propia

En consecuencia, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para comparar las variables aciertos y errores entre el entorno de Realidad Virtual y el Neural Trainer físico. Asimismo, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para evaluar el grado de asociación entre ambos entornos.

Tabla 7
Comparación de variables entre Realidad Virtual y Neural Trainer

Variable	n pares	Media RV	DE RV	Media NT	DE NT	Diferencia media (RV–NT)	Prueba	p-valor
Aciertos	125	6.864	2.049	7.048	2.358	–0.184	Wilcoxon	0.117
Errores	125	3.088	1.955	2.896	2.348	0.192	Wilcoxon	0.132

Nota. Elaboración propia

Como se muestra en la Tabla 7, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos entornos para las variables aciertos ($p = 0.117$) y errores ($p = 0.132$), dado que en ambos casos el valor de p fue mayor a 0.05. ($p > 0.05$).

Estos resultados indican que el desempeño de los participantes es comparable en ambos entornos, lo que evidencia la equivalencia funcional del sistema desarrollado en realidad virtual respecto al entorno físico tradicional.

Tabla 8
Correlación entre Realidad Virtual y Neural Trainer

Variable	Tipo de correlación	r	p-valor
Aciertos	Spearman	0.295	< 0.01
Errores	Spearman	0.260	< 0.01

Nota. Elaboración propia

Como se muestra en la Tabla 8, el análisis de correlación evidencia una relación positiva y estadísticamente significativa entre los resultados obtenidos en ambos entornos para las variables aciertos ($r = 0.295$; $p < 0.01$) y errores ($r = 0.260$; $p < 0.01$).

Estos resultados indican que, a medida que los participantes obtienen determinados niveles de desempeño en el entorno físico, tienen a presentar resultados similares en el entorno de realidad virtual, lo que refuerza la consistencia de las mediciones entre ambos sistemas.

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que el sistema desarrollado en realidad virtual presenta un comportamiento equivalente al de Neural Trainer físico, tanto en términos de comparación de medias como en la relación entre variables. Esto respalda la validez del exergame como herramienta alternativa para la evaluación de la actividad física en contextos educativos.

5.5. Regresión lineal: Realidad Virtual inicial vs Retest Realidad Virtual

Como se muestra en la Figura 15, se presenta la relación entre los tiempos de reacción registrados en la evaluación inicial en realidad virtual y los obtenidos en el retest. El análisis de regresión evidencia una relación lineal positiva, con una pendiente de 0.67 y un coeficiente de determinación $R^2 = 0.78$, lo que indica un alto grado de consistencia entre ambas mediciones.

Este resultado sugiere que los participantes tienden a mantener un comportamiento consistente en sus tiempos de reacción entre evaluaciones, lo que evidencia una adecuada

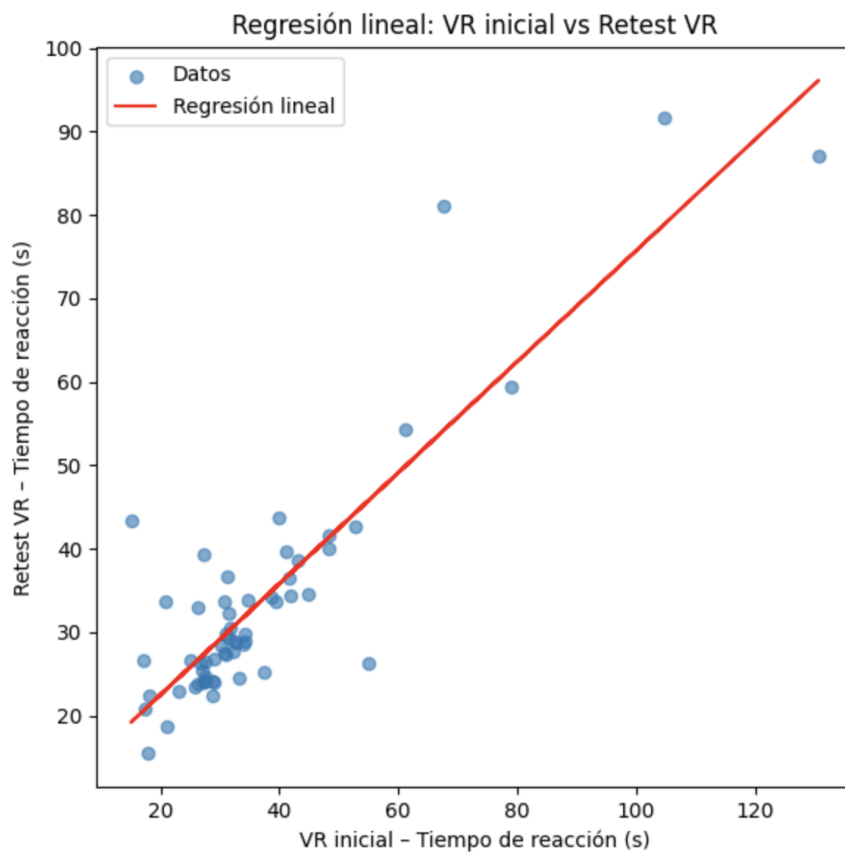
estabilidad y fiabilidad en la medición del tiempo de reacción ante evaluaciones repetidas, lo que constituye un indicador relevante de la confiabilidad del sistema desarrollado.

En ese sentido, los resultados obtenidos permiten afirmar que el sistema desarrollado presenta un adecuado nivel de confiabilidad en la medición del tiempo de reacción, constituyéndose como una herramienta estable para evaluaciones repetidas en entornos de realidad virtual. Esto refuerza la validez del exergame no solo como instrumento de evaluación, sino también como una alternativa confiable frente a métodos tradicionales.

Figura 15

Regresión lineal Test inicial vs Retest

Pendiente: 0.6650834643856716
R²: 0.7768253652666017



Nota. Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en la aplicación del sistema.

5.6. Validación de la propuesta

La validación de la propuesta se realizó considerando la consistencia estadística de los resultados, la equivalencia funcional con el entorno físico Neural Trainer y la estabilidad de las mediciones ante aplicaciones repetidas del protocolo.

Los análisis comparativos no evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre el entorno de Realidad Virtual y el Neural Trainer físico para las variables de indicadores de desempeño evaluadas. Asimismo, las correlaciones positivas y significativas observadas confirman que ambos entornos generan patrones de desempeño similares en los participantes.

Por otro lado, los resultados obtenidos en el análisis de regresión entre la evaluación inicial y el retest en Realidad Virtual evidencian un alto nivel de fiabilidad del sistema, demostrando que las mediciones se mantienen estables ante evaluaciones repetidas.

En conjunto, los resultados obtenidos permiten validar la propuesta desarrollada, demostrando que el exergame en Realidad Virtual constituye una herramienta válida, confiable y funcional para la evaluación de los indicadores de desempeño en escolares, replicando adecuadamente el protocolo Neural Trainer sin requerir sensores físicos externos y facilitando su aplicación en contextos educativos.



DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que el exergame desarrollado en Realidad Virtual logra replicar de manera funcional y consistente el protocolo de agilidad “Secuencia de 2 colores” del sistema Neural Trainer, permitiendo el monitoreo de los indicadores de desempeño de escolares bajo condiciones controladas. Los hallazgos muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas en las variables de aciertos y errores entre ambos entornos de aplicación, lo cual respalda la equivalencia funcional del sistema desarrollado.

Estos resultados coinciden con lo reportado por estudios previos que han analizado la integración de la inteligencia artificial y la realidad virtual en actividades físico-deportivas. Investigaciones como la de (Li et al., 2022) señalan que el uso de entornos virtuales permite estructurar tareas motrices de manera controlada y adaptada a las características de los participantes, favoreciendo el seguimiento del desempeño físico y cognitivo durante la ejecución de la tarea.

En relación con la estabilidad de las mediciones, el análisis de regresión entre la aplicación inicial y el retest en Realidad Virtual mostró una relación lineal positiva elevada, lo que evidencia un alto nivel de consistencia en el registro de los indicadores. Este comportamiento se vincula con lo señalado por (Parsons et al., 2017), quienes destacan que los sistemas de evaluación basados en Realidad Virtual permiten la creación de escenarios controlados, repetibles y diversificables, favoreciendo la estabilidad de las mediciones cuando se mantienen constantes las condiciones de ejecución.

La ausencia de una relación lineal clara entre la edad y el tiempo de reacción sugiere que los indicadores de desempeño observados no dependen exclusivamente de la edad cronológica, sino de factores asociados al procesamiento cognitivo y al contexto de la tarea. Este resultado puede interpretarse a partir de lo señalado por (Makransky et al., 2021), quienes indican que el rendimiento en entornos de realidad virtual está fuertemente condicionado por el diseño de la tarea, la carga cognitiva y el contexto del entorno virtual, más que por características individuales de los participantes.

En conjunto, estos resultados permiten sustentar la propuesta desarrollada y evidencian que el exergame en realidad virtual constituye una alternativa viable para el monitoreo de los indicadores de desempeño en contextos educativos, aportando además ventajas operativas

como la automatización del registro de datos y la reducción de la intervención manual, aspectos que han sido ampliamente reportados en la literatura reciente sobre el uso de sistemas de realidad virtual aplicados al seguimiento de tareas cognitivas y motoras en entornos educativos.



CONCLUSIONES

PRIMERO, se identificó y analizó el protocolo de agilidad “Secuencia de 2 colores” del sistema Neural Trainer, permitiendo su adecuada adaptación a un entorno de realidad virtual, conservando la lógica estímulo-respuesta y las condiciones de ejecución del protocolo original

SEGUNDO, se desarrolló un exergame en Realidad Virtual que replica de manera funcional el protocolo de agilidad, integrando estímulos visuales, interacción del usuario y registro automático de indicadores de desempeño.

TERCERO, se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas en las variables de aciertos y errores entre el entorno de Realidad Virtual y el Neural Trainer físico ($p>0.05$), lo que confirma la equivalencia funcional del sistema desarrollado.

CUARTO, se estableció que existe una relación positiva y significativa entre los resultados obtenidos en el entorno virtual y el entorno físico, evidenciando consistencia en el desempeño de los participantes en ambos contextos.

QUINTO, se evidenció que el sistema en realidad virtual presenta estabilidad en el registro del tiempo de reacción entre la aplicación inicial y el retest, lo que demuestra su fiabilidad para evaluaciones repetidas.

SEXTO, se determinó que no existe una relación lineal significativa entre la edad y el tiempo de reacción, indicando que los indicadores de desempeño no dependen exclusivamente de la edad cronológica.

SÉPTIMO, se concluyó que el exergame en realidad virtual desarrollado constituye una herramienta válida, confiable y viable para el monitoreo de los indicadores de desempeño en escolares, ofreciendo ventajas como el registro automático de datos, la reducción de la intervención manual y la facilidad de aplicación en entornos educativos.

RECOMENDACIONES

PRIMERO, implementar el exergame en Realidad Virtual como herramienta complementaria al Neural Trainer físico para la evaluación de los indicadores de desempeño en contextos educativos, facilitando la recolección automatizada de datos y promoviendo el uso de tecnologías innovadoras en el ámbito escolar.

SEGUNDO, ampliar el uso del sistema a otros protocolos del Neural Trainer, con el fin de extender su aplicación a la evaluación de diferentes habilidades físicas y cognitivas en escolares, tales como la coordinación, la atención y velocidad de procesamiento.

TERCERO, utilizar los datos generados por el exergame como base para futuras investigaciones orientadas al análisis comparativo y longitudinal de los indicadores de desempeño, permitiendo estudiar la evolución de los estudiantes a lo largo del tiempo.

CUARTO, integrar el sistema en programas de educación física escolar, aprovechando la automatización del registro de datos y la facilidad de aplicación y el potencial motivacional de Realidad Virtual en los estudiantes.

QUINTO, se recomienda continuar con el desarrollo y mejora del sistema, incorporando nuevas funcionalidades, optimizando la experiencia de usuario y ampliando su aplicación a diferentes contextos educativos, con el fin de consolidarlo como una herramienta tecnológica innovadora para la evaluación y monitoreo del desempeño en escolares.

SEXTO, se sugiere que futuras investigaciones amplíen la muestra de estudio e incluyan diferentes contextos educativos y grupos etarios, con el propósito de fortalecer la validez externa de los resultados y analizar el comportamiento del sistema en diversas poblaciones.

REFERENCIAS

- Abarca Torres Javier Andrés. (2020). Rendimiento Escolar en una intervención educativa gamificada con exergames. Universidad de Zaragoza.
- Augusto, C., Vagheti, O., Carneiro, L., Sobral Monteiro-Junior, R., Oliveira Barbosa, E., De Oliveira Barbosa, E., Frankly, D., Sales, O., De Moraes Pimentel, D., Otero Vagheti, C. A., Carneiro, L. S. F., & Rodrigues-Sobral, M. M. (n.d.). Virtual Reality-Based Exercise Reduces Children's Simple Reaction Time. *International Journal of Sports Science*, 2020(5), 112–116. <https://doi.org/10.5923/j.sports.20201005.03>
- Bae, M. H. (2023). The Effect of a Virtual Reality-Based Physical Education Program on Physical Fitness among Elementary School Students. *Iranian Journal of Public Health*, 52(2), 371. <https://doi.org/10.18502/IJPH.V52I2.11890>
- Castillo-Paredes, A., Montalva Valenzuela, F., & Nanjarí Miranda, R. (2021). Actividad Física, Ejercicio Físico y Calidad de Vida en niños y adolescentes con Trastorno por déficit de atención y/o hiperactividad. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. <http://www.revhabanera.sld.cu/index.php/rhab/article/view/3714>
- Conde Cortabitarte Igor. (2020). Las potencialidades educativas de los exergames: estudio de caso en dos aulas de Educación Física. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA.
- Condori Tarapaca, A. L., & Almiron Choque, M. (2021). El dictado de clases de educación física y su influencia en el nivel de ejecución de las actividades físicas en casa por parte de los alumnos de la I.E. María Auxiliadora 40167 provincia de la Unión, 2021.
- Dávila-Morán, R. C., Ruiz Nizama, J. L., Castillo-Sáen, R. A., Torres Sime, C. L., Saldaña Narro, J. B., & Peña Huertas, J. G. (2024). Impacto de los videojuegos activos en conductas sedentarias en niños en edad escolar. Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF).
- Digby G. Sale. (n.d.). Neural Adaptation to resistance training. *MEDICINE AND SCIENCE IN SPORTS AND EXERCISE*. <https://doi.org/10.1249/00005768-198810001-00009>
- Erika Gutierrez Dueñas. (2020). INFLUENCIA DEL USO DE LAS TIC EN LA ACTIVIDAD FÍSICA DE LOS ESTUDIANTES DEL TERCER GRADO DE

EDUCACIÓN SECUNDARIA DE LA I.E. EUSEBIO CORAZAO DE LAMAY-CALCA, CUSCO 2020.

Erita, Y., Miaz, Y., Jupriani, J., Hevria, S., & Fauzi, R. (2024). Using Virtual Reality to Enhance Twenty-First-Century Skills in Elementary School Students: A Systematic Literature Review. In *Open Education Studies* (Vol. 6, Number 1). Walter de Gruyter GmbH. <https://doi.org/10.1515/edu-2024-0030>

Escartín Instituto Superior Politécnico, E. R., & Echeverría, J. A. (2000). LA REALIDAD VIRTUAL, UNA TECNOLOGÍA EDUCATIVA A NUESTRO ALCANCE. Pixel-Bit. *Revista de Medios y Educación*.

Espoz-Lazo, S., Jiménez-Rodríguez, J. D., Álvarez-Arangua, S. ;, Arcila-Arango, J. C., FariásValenzuela, C. ;, & Valdivia-Moral, P. (2021). Las Tics y la educación física en la educación primaria: una revisión sistemática (2016-2021). *Journal of Sport and Health Research*.

Feng, Y., You, C., Li, Y., Zhang, Y., & Wang, Q. (2022). Integration of Computer Virtual Reality Technology to College Physical Education. *Journal of Web Engineering*, 21(7), 2049–2072. <https://doi.org/10.13052/JWE1540-9589.2173>

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2019). *La actividad Física en niños, niñas y adolescentes*.

Freddy, Á., Torres, R., Carolina, J., Alvear, R., Rodrigo, E., Moreno, A., Paredes Alvear, A. E., Alexander, V., & Vaca, C. (2020). Physical activity benefits for children and adolescents in the school. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 36(2), 1535.

Gongora Sinisterra Andres Felipe. (2023). *Actividad física y rendimiento académico: una perspectiva en estudiantes de 1 a 5 de primaria*.

Hijós, A. Q., Bustamante, J., Carlos, P., & De La Fuente, F. (n.d.). Análisis de la aplicabilidad y utilidad del exergame y la gamificación en Educación Primaria: diseño e implementación desde la perspectiva de innovación educativa interdisciplinar / Alejandro Quintás Hijós. Retrieved <http://zagan.unizar.es>

- Jiménez-Díaz, J., Salazar-Cruz, P., & Castillo-Hernández, I. (2023). Videojuegos activos y salud mental: una revisión sistemática con metaanálisis. *Revista Iberoamericana de Ciencias de La Actividad Física y El Deporte*, 12(1), 114–136. <https://doi.org/10.24310/riccafd.2023.v12i1.15805>
- Kapidis, P., Giannousi, M., Vernadakis, N., Papastergiou, M., Zetou, E., & Antoniou, P. (2024). Enhancing Elementary School Students' Visual Perceptual Skills: A Comparative Study of Oculus Quest 2 Exergames and Conventional Activities. *Sport Mont*, 22(2), 139–146. <https://doi.org/10.26773/smj.240719>
- Katherine Alvis-Chirinos, Lucio Huamán-Espino, Jenny Pillaca, & Juan Pablo Aparco. (2017). Medición de la actividad física mediante acelerómetros triaxiales en escolares de tres ciudades del Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 34(1), 28–35. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2017.341.2764>
- Ketelhut, S., Ketelhut, R. G., Weisser, B., & Nigg, C. R. (2022). Interval Training in Sports Medicine: Current Thoughts on an Old Idea. In *Journal of Clinical Medicine* (Vol. 11, Number 18). MDPI. <https://doi.org/10.3390/jcm11185468>
- Khan, S., Kannapiran, T., Muthiah, A., & Shetty, S. (2023). *Exergaming Intervention for Children, Adolescents, and Elderly People*. IGI Global. https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=pyzCEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=libro+exergame&ots=VNeGwHmfgT&sig=roKW5ycg4aNnF1WAaPomYJbiPTE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Kiefer, A. W., Pincus, D., Richardson, M. J., & Myer, G. D. (2017). Virtual Reality As a Training Tool to Treat Physical Inactivity in Children. *Frontiers in Public Health*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00349>
- Li, J., Wang, X., Wang, L., & Kang, H. (2022). Effects of Artificial Intelligence and Virtual Reality in Martial Arts Sports on Students' Physical and Mental Health. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1359243>
- López-Serrano, S., Ruiz-Ariza, A., De, M., Torre-Cruz, L., & Martínez-López, E. J. (2021). Improving cognition in school children and adolescents through exergames. A

systematic review and practical guide. *South African Journal of Education*, 41(1).
<https://doi.org/10.15700/saje.v41n1a1838>

Makransky, G., Andreasen, N. K., Baceviciute, S., & Mayer, R. E. (2021). Immersive virtual reality increases liking but not learning with a science simulation and generative learning strategies promote learning in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 113(4), 719–735. <https://doi.org/10.1037/edu0000473>

María Angela Jáuregui Camacho. (2022). Nivel de actividad física en los estudiantes del Colegio Stanford en tiempos de COVID-19, Arequipa - 2021.

Marin-Suelves, D., Guzmán Francisco, J., & Ramon-Llin, J. (2022). Exergame en Educación Física: mapeando la investigación (Vol. 44).
<https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index>

Neural Trainer, cuando la neurociencia es el mejor aliado del deportista - EL País Uruguay. (2018). <https://www.elpais.com.uy/ovacion/neural-trainer-cuando-la-neurociencia-es-el-mejor-aliado-del-deportista>

Organización Mundial de la Salud. (2019). Un nuevo estudio dirigido por la OMS indica que la mayoría de los adolescentes del mundo no realizan suficiente actividad física, y que eso pone en peligro su salud actual y futura. *The Lancet Child & Adolescent Health* . <https://www.who.int/es/news/item/22-11-2019-new-who-led-study-says-majority-of-adolescents-worldwide-are-not-sufficiently-physically-active-putting-their-current-and-future-health-at-risk>

Parsons, T. D., Riva, G., Parsons, S., Mantovani, F., Newbutt, N., Lin, L., Venturini, E., & Hall, T. (2017). Virtual Reality in Pediatric Psychology. In *PEDIATRICS* (Vol. 140).
http://publications.aap.org/pediatrics/article-pdf/140/Supplement_2/S86/908224/peds_20161758i.pdf

Romero, R., & Cristina, A. (2022). Programación Didáctica de educación física.

Rubio-Arias, J., Verdejo-Herrero, A., Andreu-Caravaca, L., & Ramos-Campo, D. J. (2024). Impact of immersive virtual reality games or traditional physical exercise on cardiovascular and autonomic responses, enjoyment and sleep quality: a randomized crossover study. *Virtual Reality*, 28(1). <https://doi.org/10.1007/s10055-024-00981-6>

- Ruiz-Ariza, A., Suárez-Manzano, S., López-Serrano, S., & Martínez-López, E. J. (2023). La actividad física como medio para cultivar la inteligencia en el contexto escolar. *Revista Española de Pedagogía*, 79(278), 3. <https://doi.org/10.22550/REP79-1-2021-04>
- Salas Noain, D. D. D. C. M. A. (2024). Videojuego de realidad virtual para realizar ejercicios en bicicleta estacionaria mediante el uso de un sistema de detección de movimiento y visor Google Cardboard. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *La Guía Scrum*.
- Souza, A. B. C. de, Ferreira, J. S., Sinésio, L. E. M., Pissurno, F. R., & Alencar, G. P. de. (2022). Exergames como ferramenta de promoção de atividade física em crianças: uma revisão integrativa. *Research, Society and Development*, 11(1), e43911125241. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25241>
- World Health Organization. (2020). *Who guidelines on physical activity and sedentary behaviour at a glance*.
- Zhao, M., Lu, X., Zhang, Q., Zhao, R., Wu, B., Huang, S., & Li, S. (2024). Effects of exergames on student physical education learning in the context of the artificial intelligence era: a meta-analysis. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-57357-8>

Implementation of Video Games with Virtual Reality for Physical Activity and Mental Training

Nadia Yunorvi Chavez-Salas¹, Milene Nicole Del Carpio Rojas¹, Nicole Alexandra Pinto-Ticona¹, María Fernanda Valverde-Riveros¹ and Alexandra Yamiletti Zuñiga-Huanca¹, José Sulla-Torres¹

¹ Universidad Católica de Santa María, Urb. San José s/n Umacollo, Arequipa, 04000, Perú

Abstract

Physical activity, mental training, and emotional well-being are fundamental aspects of the proper development of a person. The main objective is to develop a recreational game application with Virtual Reality to improve users' physical and mental health. For this, the Unity video game development engine was used with Oculus glasses devices to evaluate the effectiveness of the application in promoting healthy habits and general well-being. The Scrum framework was used as a work methodology, which was applied considering its benefits and positive points. Subsequently, it was analyzed what requirements the application under development should have, as well as the visualization of the interfaces, this being the point of design and construction. For validation, the "System Usability Scale" was used to evaluate usability by users as evidence of a positive impact on the promotion of healthy habits and the general well-being of users and to serve as an example of how technology can be used to improve people's quality of life. In this way, virtual reality games offer a unique and immersive gaming experience that combines technology with physical and emotional interaction. These games provide fun, challenge, and adventure and have the potential to expand the boundaries of creativity, learning, and therapy.

Keywords

Virtual reality, unity, recreational games, oculus, scrum, usability

1. Introduction

In recent years, virtual reality has seen rapid technological advancement, providing an immersive experience that can transport users to detailed and immersive virtual environments [1]. On the other hand, playful games have been successfully used in various fields, such as education and therapy, to promote learning, motivation, and entertainment. Combining these two technologies, virtual reality and playful games, offers a promising new approach to addressing people's well-being and health.

The game also refers to a necessity for young people and adults, not just children. A subject of any age can create behaviors in the face of new and unforeseen situations, which are generated from both his structural possibilities and his personal history and his emotional dynamics, and by creating them, he makes them part of him. This is how playful behaviors lead to success; they satisfy needs according to desires. The game, also within psychoanalytic theory, is a means that enables the formation of unconscious and conscious fantasies where situations in the subject's life are repeated, allowing the creation of new circumstances that modify internal reality and

JINIS 2023: XXX International Conference on Systems Engineering, Month 11, 2023, Arequipa, Perú

✉ nadia.chavez@ucsm.edu.pe (N. Y. Chavez); milene.delcarpio@ucsm.edu.pe (M. N. Del Carpio); nicole.pinto@ucsm.edu.pe (N. A. Pinto); maria.valverde@ucsm.edu.pe (M. F. Valverde); alexandra.zuñiga@ucsm.edu.pe (A. Y. Zuñiga); jsullato@ucsm.edu.pe (J. A. Sulla-Torres)

🆔 0000-0001-8034-0053 (N. Y. Chavez); 0009-0006-6122-7948 (M. N. Del Carpio); 0009-0000-6183-6133 (N. A. Pinto); 0009-0007-2828-6652 (M. F. Valverde); 0009-0008-2776-6643 (A. Y. Zuñiga); 0000-0001-5129-430X (J. A. Sulla-Torres)

© 2023 Copyright for this paper by its authors.
Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).
CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org)

ANALYSIS OF PSYCHOPHYSICAL PERFORMANCE WITH NEURAL TRAINER EQUIPMENT AND SMARTWATCH IN UNIVERSITY STUDENTS: STUDY BASED ON REACTION TIMES AND SUCCESSES IN MOTOR SEQUENCES

N. Pinto Ticona, N. Chavez Salas, M. Valverde Riveros, J. Sulla Torres

Universidad Católica de Santa María (PERU)

Abstract

This study uses advanced technologies such as Neural Trainer and smartwatch to analyze the psychophysical performance of Systems Engineering university students from Arequipa, Peru. The main objective was to evaluate the relationship between reaction times and accuracy in motor tasks, considering key metrics: time to complete 10 repetitions with both hands (P1), left hand (P2) and right hand (P3); number of correct responses in 15 seconds with both hands (P4), left hand (P5) and right hand (P6); and performance in agility tasks in two-color sequences (PA).

A sample of 25 students was used, and the data was processed using descriptive statistics, correlation analysis, and hypothesis testing. The results show significant correlations between different metrics, such as total execution time (P1_time) and execution time (P3_time) ($r=0.81$, $p<0.001$), suggesting a strong and positive relationship between both variables, indicating that as the total execution time increases, the time associated with P3_time also tends to increase. Likewise, a significant relationship was found between P1_time and P2_time ($r=0.64$, $p=0.001$), highlighting the consistency between the left hand and both hands in reaction tasks.

Graphical analysis through heat maps and scatter plots allowed for identifying essential trends. The strong relationships between time and hit variables reinforce the hypothesis that speed and accuracy are intrinsically connected, which has implications for the design of educational programs and physical and cognitive training strategies.

These results are relevant for assessing psychomotor skills and highlight the potential of using interactive and wearable technologies in the educational and sports fields.

This approach offers an effective tool to monitor and improve physical and cognitive performance, allowing for the design of personalized interventions. Furthermore, the study opens opportunities for future research exploring similar applications in broader populations or different contexts, such as physical rehabilitation or developing specialized training programs.

In conclusion, the combined use of advanced technologies and sound statistical methods allows us to understand better the dynamics between speed and precision in motor tasks. It contributes to developing practical tools for analyzing human performance. This work highlights the importance of integrating technology and quantitative analysis in studying psychomotor abilities.

Keywords: Neural Trainer, Wearables, University education, Psychomotor assessment, Educational technology, Physical-cognitive performance.

1 INTRODUCTION

The study of psychomotor performance has gained relevance in recent decades due to its impact on education, sports, and physical rehabilitation. The integration of advanced technologies, such as wearable devices and interactive tools, has made it possible to measure and analyze motor skills accurately and objectively. Wearable devices effectively monitor key indicators, such as reaction times and motor accuracy, in controlled and natural scenarios [1]. These technologies allow human performance to be assessed in real-time, providing crucial data for decision-making.

According to [2], research on psychomotor actions has occupied a special place in education, sports, medicine, psychology, etc. Developing a computer system to perform psychomotor tests could help solve many operational problems in psycho-neurology and psychophysiology and determine the individual characteristics of fine motor skills. This topic is especially relevant for children, students, and athletes who want to define personal and professional attributes.

Tiempo de reacción de las extremidades superiores por edad cronológica y estado de madurez en adolescentes

Upper limb reaction time by chronological age and maturity status in adolescents

José SULLA TORRES¹, Nadia CHÁVEZ SALAS¹, María VALVERDE RIVEROS¹, Nicolás VIDAL FERNÁNDEZ², Rossana GOMEZ CAMPOS², Marco COSSIO BOLAÑOS²

¹ Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

² Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

Recibido: 29/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El tiempo de reacción es importante en diversas situaciones, al incidir en la toma de decisiones rápidas, y en la ejecución de las actividades de la vida diaria.

Objetivo: Relacionar el tiempo de reacción de extremidades superiores [TRES (expresado en aciertos y tiempo de ejecución)] con la edad cronológica y el estado de madurez en jóvenes no deportistas. Para ello se utilizó la tecnología y sistema FITLIGHT®.

Métodos: Se efectuó un estudio Transversal (correlacional) en 73 jóvenes de 12 a 20 años (40 hombres y 33 mujeres). Los jóvenes proceden de un colegio y una universidad particular. La selección de la muestra fue no-probabilística debido al limitado acceso a la muestra y recursos financieros. Se evaluó el peso, la estatura. Se calculó el Índice de masa corporal (IMC). Se determinó el estado de madurez por medio de una ecuación de regresión que utiliza sexo, edad cronológica y estatura. El TRES se evaluó a través del sistema FITLIGHT® (numero de aciertos y 10 repeticiones con ambas manos en segundos).

Resultados: La edad cronológica mostró relaciones positivas bajas con el número de aciertos en ambos sexos (hombres $r=0,13$ y mujeres $r=0,29$). Por estado de madurez, las correlaciones aumentaron ligeramente en ambos sexos (hom-

bres $r=0,16$ y en mujeres $r=0,36$). Las correlaciones entre el estado de madurez con el número de aciertos fueron negativas y bajas ($r=-0,11$ en hombres y $-0,25$ en mujeres), y entre el estado de madurez con el tiempo utilizado en 10 repeticiones fueron de bajas a moderadas en ambos sexos (en hombres $r=-0,13$ $p<0,05$, y en mujeres $r=-0,28$, $p<0,05$).

Conclusión: El TRES en adolescentes y jóvenes mostró mayor asociación con el estado de madurez que con la edad cronológica. Además, en ambos sexos se observó un número similar de aciertos, pero los hombres fueron más rápidos, lo que sugiere que la madurez influye en la eficiencia motora, especialmente en las mujeres.

PALABRAS CLAVE

Desempeño motor, coordinación, crecimiento, Fitlight.

ABSTRACT

Introduction: Reaction time is important in various situations, as it influences quick decision-making and the performance of daily activities.

Objective: To correlate upper limb reaction time [TRES (expressed in hits and execution time)] with chronological age and maturity in young non-athletes. FITLIGHT® technology and system were used for this purpose.

Methods: A cross-sectional (correlational) study was conducted on 73 young people aged 12 to 20 (40 males and 33 females). The young people came from a private school and university. The sample selection was non-probabilistic due to

Correspondencia:

Marco Cossio Bolaños
mcossio1972@hotmail.com

Article

Evaluation of Reaction Time and Hand–Eye Coordination in Schoolchildren Using Wearable Sensor-Based Systems: A Study with Neural Trainer Devices

José Alfredo Sulla-Torres ^{1,*}, Nadia Yunorvi Chavez-Salas ¹, María Fernanda Valverde-Riveros ¹, Diego Alonso Iquira-Becerra ¹, Karina Rosas-Paredes ¹ and Marco Antonio Cossio-Bolaños ²

¹ Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, Universidad Católica de Santa María, Arequipa 04001, Peru

² Programa de Doctorado en Ciencias de la Actividad Física, Universidad Católica del Maule, Talca 3466706, Chile

* Correspondence: jsullato@ucsm.edu.pe; Tel.: +51-959950467

Abstract

Reaction time and hand–eye coordination are critical neuromotor skills in school-aged children, influencing academic, cognitive, and motor development. The objective of this study was to evaluate schoolchildren’s performance on reaction time tests using Neural Trainer device sensors and wearable technology, establishing baseline metrics and identifying lateral performance asymmetries. Fifty-nine schoolchildren performed six sensor-based motor tests involving bimanual and unimanual interaction: P1 (10 timed repetitions, bimanual), P2 (10 timed repetitions, left hand), P3 (10 timed repetitions, right hand), P4 (hits, bimanual), P5 (hits, left hand), and P6 (hits, right hand). Neural Trainer devices with four light nodes were used for activity monitoring. Data was analyzed using statistical methods to assess time, accuracy, and variability. The results showed that the average times were P1 = 8.69 ± 1.44 s, P2 = 8.90 ± 1.30 s, and P3 = 8.83 ± 1.29 s. The average successes were P4 = 22.90 ± 3.10, P5 = 22.00 ± 3.40, and P6 = 24.42 ± 2.72 hits. Significant differences were found between hands in successes ($p < 0.001$) but not in times ($p = 0.716$). The ANOVA for the hit trials revealed significant differences between conditions, $F(2, 174) = 9.30, p < 0.001$. The conclusions indicate that sensor-based systems such as the Neural Trainer device demonstrated the potential to provide objective and consistent measurements of reaction time in schoolchildren; however, further studies comparing its performance with established clinical assessment tools are necessary to confirm its validity and diagnostic accuracy.

Keywords: reaction time; hand–eye coordination; wearable technology; children; sensors; neural trainer



Academic Editor: Hui Huang

Received: 6 October 2025

Revised: 11 November 2025

Accepted: 13 November 2025

Published: 17 November 2025

Citation: Sulla-Torres, J.A.; Chavez-Salas, N.Y.; Valverde-Riveros, M.F.; Iquira-Becerra, D.A.; Rosas-Paredes, K.; Cossio-Bolaños, M.A. Evaluation of Reaction Time and Hand–Eye Coordination in Schoolchildren Using Wearable Sensor-Based Systems: A Study with Neural Trainer Devices. *Sensors* **2025**, *25*, 7006. <https://doi.org/10.3390/s25227006>

Copyright: ©2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Reaction time and hand–eye coordination are fundamental components of neuromotor development in school-aged children. These skills have a direct impact on academic performance, fine motor skill development, and functional activities of daily living [1]. Objective assessment of these abilities requires precise instruments and standardized methodologies that enable reliable, reproducible measurements [2].

Brito et al. [3] reported that neurofeedback and biofeedback programs, complemented by wearable technology, accelerate decision-making, response speed, and visuomotor accuracy in young populations. Studies such as [4] designed measuring tools for hand–eye coordination based on sensor technology. The subject performs a movement with both

3.3. Correlation Analysis

The correlation matrix (Figure 3) showed moderate correlations among the variables. The most notable correlations were as follows:

- P5 (15 s hits, left hand) and P6 (15 s hits, right hand) ($r = 0.533$, $p < 0.001$): moderate positive correlation between left- and right-handed guesses.
- P4 (15 s hits, bimanual) and P5 (15 s hits, left hand) ($r = 0.481$, $p < 0.001$): moderate positive correlation between bimanual and left-handed guesses.
- P2 (10-repetition time, left hand) and P3 (10-repetition time, right hand) ($r = 0.392$, $p < 0.01$): moderate positive correlation between left- and right-handed guesses.

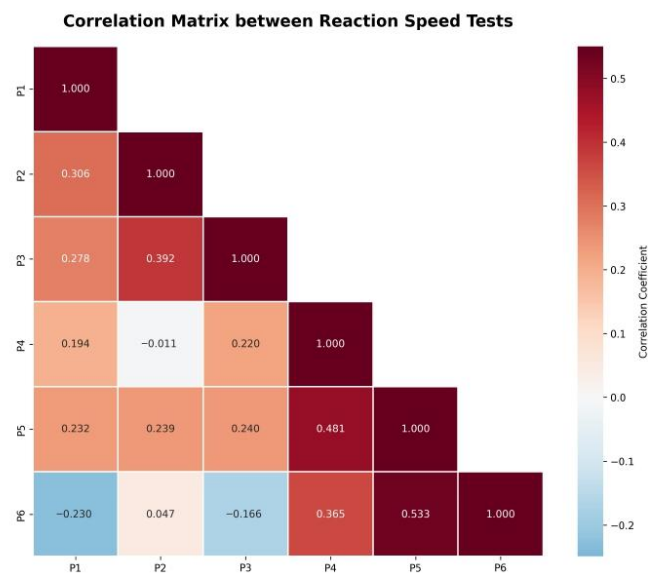


Figure 3. Correlation matrix between reaction time tests.

The interpretation of correlation strength follows Cohen's conventional thresholds [15]: $r < 0.30$ = weak, $0.30 \leq r < 0.50$ = moderate, and $r \geq 0.50$ = strong. Accordingly, the correlations reported in Section 3.3 ($r = 0.392$ – 0.533) fall within the moderate range under this criterion.

The positive correlations indicate that participants who performed better (i.e., faster times or higher hits) with one hand tended to show similar performance with the other hand or under bimanual conditions. This suggests the presence of shared neuromotor coordination mechanisms and symmetrical development of reaction abilities. Conversely, a negative correlation—if observed—would indicate a compensatory or asymmetric performance pattern between limbs.

3.4. Analysis of Lateral Differences

3.4.1. Comparison of Times (P2 vs. P3)

The paired-sample *t*-test revealed no significant difference in execution time between the left and right hands ($t = 0.366$, $p = 0.716$). This indicates that both hands exhibited similar temporal performances in the 10-repetition tests.

Figure 4 shows the average time comparison for each test.

Integrating Neural Trainer Protocols into Virtual Reality Environments for Cognitive-Motor Skill Enhancement

Nadia Yunorvi Chavez Salas
Escuela Profesional de Ingeniería de
Sistemas
Universidad Católica de Santa María
Arequipa, Perú
ORCID: 0000-0001-8034-0053

Ana Lucia Velazco Meza
Escuela Profesional de Ingeniería de
Sistemas
Universidad Católica de Santa María
Arequipa, Perú
ORCID: 0009-0006-9228-0928

María Fernanda Valverde Riveros
Escuela Profesional de Ingeniería de
Sistemas
Universidad Católica de Santa María
Arequipa, Perú
ORCID: 0009-0007-2828-6652

José Alfredo Sulla Torres
Escuela Profesional de Ingeniería de
Sistemas
Universidad Católica de Santa María
Arequipa, Perú
ORCID: 0000-0001-5129-430X

Alejandra Pamela Salas Arias
Escuela Profesional de Ingeniería de
Sistemas
Universidad Católica de Santa María
Arequipa, Perú
ORCID: 0009-0004-6845-3441

Abstract— This paper presents the development of a virtual reality (VR) video game based on the Neural Trainer usage protocol, a cognitive-motor training system designed to optimize coordination, reaction, and decision-making. The main objective was to transfer the physical Agility – 2-Color Sequence protocol into a three-dimensional immersive environment using the Unity 3D engine and Oculus Quest headsets, while maintaining the original system's functional structure and metrics. The development was implemented under a modular architecture, with scripts that generate visual stimuli, record performance data, and detect interactions using haptic controllers. Pilot tests were conducted with participants aged 8-17, comparing results obtained with the Neural Trainer physical device and the VR version. Preliminary results show a high correlation between the two environments ($R^2 \approx 0.9$), with similar accuracy and error performance and a slight difference in overall response times, attributable to adaptation to the headset. The virtual version demonstrated additional advantages, including immersion, user motivation, automatic metric recording, and flexible configuration, validating its potential as a cognitive and physical training tool in educational and sports contexts.

Keywords— *Virtual reality, cognitive-motor training, active video games, exergames, Neural Trainer*

I. INTRODUCTION

In recent years, virtual reality and immersive technologies have transformed the way people learn and train their cognitive and motor skills. These environments allow direct interaction with stimuli, fostering perception, attention, and real-time decision-making. As a result, their applications have expanded to fields such as education, sports, and therapy [1]. Recent advances in immersive technologies have enabled the development of sophisticated training environments that integrate cognitive challenges with physical movements, creating dual-task paradigms that enhance neuroplasticity and skill acquisition [2].

The development of active video games, also known as exergames, has proven to be an effective tool for encouraging physical activity, reducing sedentary lifestyles, and promoting body-mind coordination [3]. Several studies highlight that exergames can improve user motivation through gamification, generating a playful experience that increases their

commitment to physical and mental training [4], [5]. Furthermore, the incorporation of adaptive difficulty mechanisms and real-time performance feedback has proven to accelerate learning and maintain optimal challenge levels for diverse user populations [6].

In this context, we describe the development of a virtual reality video game built in Unity using the Neural Trainer protocol. This cognitive training system aims to connect motor and cognitive skills to improve athletic performance and mental agility. This protocol was adapted to an immersive VR environment, specifically implementing the "Agility" module, which includes reaction, precision, and eye-hand coordination tasks.

The Neural Trainer system consists of a set of interactive lighting devices designed to train the connection between motor and cognitive skills through specialized protocols, such as reaction, agility, and coordination. In this work, the Agility protocol was used as a reference for its implementation in a virtual reality environment [7].

Pilot tests were conducted with participants aged 8 to 17 who interacted with both the original Neural Trainer system and the prototype developed for Oculus devices. Metrics such as the number of correct answers, errors, reaction time, and total session duration were collected in both versions. Preliminary results suggest that transferring the protocol to virtual reality maintains the cognitive-motor training dynamic, while also offering a more engaging and motivating experience.

This work aligns with current trends in educational and sports innovation that promote the use of emerging technologies to optimize experiential learning and the development of psychomotor skills [8], [9]. Furthermore, the project aims to pave the way for future research on the effectiveness of virtual reality as a cognitive stimulant in training and physical education contexts.

The following sections detail the conceptual and technical background of the system, the implementation of the Neural Trainer protocol in virtual environments, and preliminary results and projected future improvements.

The VR solution was developed using a user-centered, equivalence-based design approach, which required mapping each function of the physical Neural Trainer to its virtual counterpart. This design process involved (1) decomposing the original Agility 2-Color Sequence protocol into stimulus-response units, (2) defining the computational model for stimulus generation, detection, and timing control, and (3) designing an interaction model compatible with Oculus controllers. The simulation environment was designed as a single three-dimensional scene, set in a laboratory or training room, with directional lighting and strategically placed three-dimensional objects. The interactive elements consist of colored spheres that illuminate randomly throughout the session. The player must respond to these stimuli by tapping or aiming at the correct target as quickly as possible, replicating the dynamics of the physical Neural Trainer agility protocol.

Fig. 1 shows the virtual training environment of the Neural Trainer VR video game.

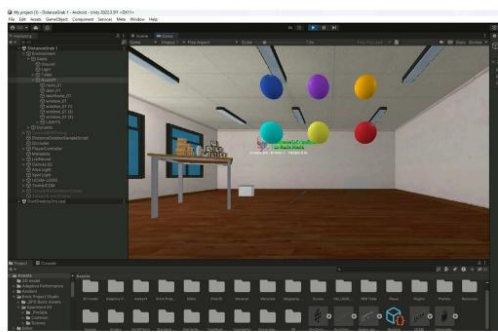


Fig. 1 Virtual training environment of the Neural Trainer VR video game.

Each session begins with configuring the parameters defined in the NeuralManager script: the number of stimuli, the time between occurrences, and the total training duration. Performance indicators—correct answers, errors, and reaction time—are displayed in real time on the interface, visible in the VR headset. In addition, the University's institutional logo was included, strengthening the project's academic identity.

Fig. 2 shows the Hierarchical structure of objects and components.

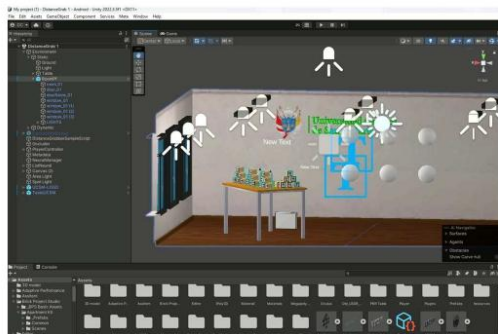


Fig. 2 Hierarchical structure of objects and components

The execution flow is structured as follows:

- At session start, the NeuralManager triggers a set of stimuli according to the established configuration.
- Each user interaction (hit or miss) is detected by the PlayerController and sent to NeuralData for logging.
- Upon completion, the results are stored locally and can be exported for comparative analysis with the physical Neural Trainer values.

During the optimization process, work was done to maintain a constant frame rate of 60 FPS, minimize controller input latency, and ensure a smooth experience. Several versions of the APK were developed for pilot testing, with adjustments to sensor sensitivity and stimulus onset times.

Fig. 3 shows the Neural Trainer Tests.



Fig. 3 Neural Trainer tests

Fig. 4 shows the system testing on an Oculus Quest headset.



Fig. 4 System testing on an Oculus Quest headset

The physical Neural Trainer is a cognitive training system composed of interactive light panels configured using a mobile app (Android/iOS). This app lets you select different training protocols—such as Reaction, Coordination, Agility, Memory, and Speed—and set custom parameters, including the number of repetitions, the time between stimuli, and the difficulty level.

Anexo B Poster en la V Semana de la Investigación



Desarrollo de un Exergame con tecnología de Realidad Virtual y Neural Trainer para monitorear la actividad física en escolares de Arequipa

CHAVEZ NADIA, SULLA JOSE, VALVERDE MARÍA FERNANDA
 nadia.chavez@estudiante.ucsm.edu.pe, jsullato@ucsm.edu.pe, maria.valverde@estudiante.ucsm.edu.pe

Y SEMANA INTERNACIONAL de
**INVESTIGACIÓN
 INNOVACIÓN
 Y EMPRENDIMIENTO**



1. INTRODUCCIÓN

La inactividad física entre niños y adolescentes es un problema global en aumento. Según la OMS, más del 80% de adolescentes en edad escolar no cumple con los 60 minutos diarios recomendados de actividad física [1], lo que incrementa el riesgo de enfermedades crónicas, afecta el rendimiento académico y limita la interacción social [2]. Es necesario implementar medidas para aumentar los niveles de actividad física entre niños de 11 a 17 años de edad [3], lo que evidencia implementar estrategias innovadoras que incentiven el movimiento y permitan monitorear el desempeño de forma objetiva. La inactividad física es el cuarto factor de riesgo de mortalidad global, y representa el 6% de las muertes registradas en todo el mundo [4].

Porcentaje de adolescentes que no hacen el suficiente ejercicio



Figura 1: Organización Mundial de la Salud [5].

En Perú, el 84% de los jóvenes presenta bajos niveles de actividad física, predominando métodos tradicionales poco efectivos [5]. En Arequipa, el 80% de los escolares entre 12 y 17 años no realizan suficiente actividad física [6].

Para abordar esta problemática, se propone el desarrollo de un exergame con realidad virtual replicando la prueba de agilidad "Secuencia de 2 colores" del sistema Neural Trainer, que consiste en desactivar secuencias de estímulos luminosos (rojo-azul). Esta misma dinámica fue trasladada a un entorno virtual con Oculus, registrando aciertos, errores y tiempos de reacción en series de 10 intentos. Con ello, se busca comparar el desempeño de ambas modalidades en escolares de Arequipa y analizar la efectividad de la realidad virtual como una alternativa motivadora frente a los métodos tradicionales de entrenamiento cognitivo-motor.

2. OBJETIVOS

Objetivo General: Desarrollar un exergame en realidad virtual basado en la prueba "Secuencia de 2 colores" y comparar su desempeño con el sistema Neural Trainer en escolares de Arequipa.

Objetivos Específicos

- Medir aciertos, errores y tiempos de reacción en ambas modalidades.

Comparar resultados entre Neural Trainer y Oculus.
 Evaluar si la realidad virtual mejora la motivación y rapidez en la ejecución de la prueba.

3. METODOLOGÍA

Diseño de Investigación:
 Cuasi-experimental comparativo

Técnicas utilizadas:

- Aplicación de la prueba de agilidad "Secuencia de 2 colores" en dos modalidades.
- Registro y análisis de aciertos, errores y tiempos de reacción.



Figura 2: Entorno VR en Oculus Quest



Figura 3: Entorno físico con sistema Neural Trainer

Población y muestra

Escolares de primaria (8-12 años) de una institución educativa en Arequipa, seleccionados por conveniencia.

Se obtuvo consentimiento informado de padres y asentimiento de los escolares, garantizando confidencialidad y uso académico de los datos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron las pruebas a 44 estudiantes de primaria (3ro, 4to, 5to y 6to), comparando el desempeño en Oculus (realidad virtual) y Neural Trainer (dispositivo físico)

- Aciertos y errores:**
- Oculus: 62% aciertos y 38% errores.
- Neural Trainer: 57% aciertos y 43% errores.

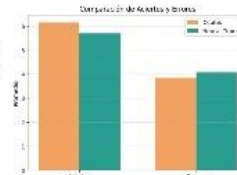
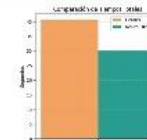


Figura 4: Promedio de aciertos y errores en ambas modalidades

Ambos sistemas mostraron niveles de precisión similares, aunque Oculus presentó un ligero mejor desempeño en aciertos.



- Tiempo total:**
- Oculus: promedio de 41 s.
- Neural Trainer: promedio de 30 s.

Los escolares completaron la tarea más rápido con Neural Trainer, lo que puede explicarse por la simplicidad del entorno físico frente a la experiencia inmersiva del Oculus.

Figura 5: Promedio de tiempos de ejecución de la prueba

En Oculus, la relación fue lineal y rígida, lo que evidencia la consistencia del sistema.

En Neural Trainer, aunque también se observó la relación inversa, los datos presentaron mayor dispersión, reflejando variabilidad individual en el desempeño de los estudiantes.

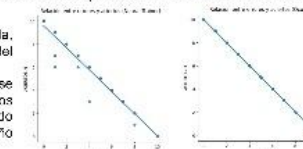


Figura 6: Relación errores y aciertos en Oculus y Neural Trainer

5. CONCLUSIONES

Se logró desarrollar y aplicar un exergame en Oculus replicando la prueba "Secuencia de 2 colores", el cual mostró un desempeño comparable al sistema Neural Trainer. Oculus alcanzó un mayor porcentaje de aciertos (62% vs 57%), mientras que Neural Trainer permitió completar la tarea en menos tiempo (30 s vs 41 s). Esto muestra que el dispositivo físico favorece la rapidez, mientras la realidad virtual aporta inmersión y motivación. Ambos sistemas demostraron ser herramientas válidas para la evaluación cognitivo-motora, aunque con diferencias: Neural Trainer favorece la rapidez y Oculus aporta inmersión y motivación.

El exergame en realidad virtual constituye una alternativa innovadora y atractiva para fomentar la actividad física y el entrenamiento cognitivo en estudiantes de secundaria.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación del Vicerrectorado de Investigación N.º 30580-R-2024, titulado: "Efecto de la realidad virtual de un exergame de actividad física en niños y adolescentes de Centros Educativos de Arequipa".

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Organización Mundial de la Salud, "Actividad Física", <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>.
 [2] A. Ferrer, et al., "Efectividad de la realidad virtual en el entrenamiento físico de la fuerza en la rehabilitación de la mano", *Revista Colombiana de Rehabilitación*, vol. 35, no. 2, p. 185, 2020.
 [3] Organización Mundial de la Salud, "Un nuevo estudio dirigido por la OMS indica que la mayoría de los adolescentes del mundo no realizan suficiente actividad física, y que eso puede afectar su salud mental y física", <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>.
 [4] "La inactividad física es el cuarto factor de riesgo de mortalidad mundial", <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>.
 [5] Organización Mundial de la Salud, "El estado físico de los adolescentes, niñas y niños", <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>.
 [6] María Angélica Jaramilla Contreras, "Efecto de la realidad virtual en el entrenamiento físico de la fuerza en la rehabilitación de la mano", *Revista Colombiana de Rehabilitación*, vol. 35, no. 2, p. 185, 2020.

Documento de Desarrollo de Software

Proyecto: Desarrollo de un Exergame con tecnología de Realidad Virtual y Neural Trainer para monitorear la actividad física en escolares



Universidad Católica
de Santa María



Esto facilitaría la consulta, comparación y análisis histórico del rendimiento por parte de docentes e investigadores, además de habilitar la generación de reportes estadísticos automáticos.

- Panel web de análisis docente:**
 Se prevé el desarrollo de un panel web interactivo que muestre los resultados individuales y grupales de las sesiones.
 Dicho panel permitirá visualizar promedios de tiempos de reacción, porcentajes de acierto/error, evolución del rendimiento y comparaciones entre sesiones, brindando una herramienta de análisis pedagógico para los docentes.
- Optimización de la experiencia inmersiva:**
 La siguiente etapa de desarrollo incluirá mejoras en la interfaz de usuario (UI/UX), como indicadores tridimensionales más intuitivos, menús interactivos dentro del visor y retroalimentación háptica y auditiva (vibraciones y sonidos adaptativos).
 Estas mejoras buscan aumentar la sensación de inmersión y reforzar la motivación del jugador durante las actividades.
- Escalabilidad e interoperabilidad:**
 El sistema ha sido diseñado con una arquitectura modular que permitirá su portabilidad a otras plataformas de VR y la integración con dispositivos externos (sensores de ritmo cardíaco o acelerómetros).
 Esto ampliará su aplicabilidad a entornos deportivos, clínicos y de rehabilitación.
- Validación científica continua:**
 Finalmente, se plantea la continuidad del proyecto a través de ensayos experimentales controlados, en colaboración con docentes, para validar científicamente la efectividad del exergame en la mejora de la coordinación, tiempo de reacción y concentración en estudiantes.

3. Requisitos Específicos

Número de requisito	RF-01
Nombre de requisito	Registrar Usuario
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito: El sistema permitirá solo al administrador registrar usuarios con los datos personales y físicos del estudiante (DNI, nombre, edad, altura y peso). <input checked="" type="checkbox"/> Restricción
Fuente del requisito	Equipo de desarrollo.
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

Número de requisito	RF-02
Nombre de requisito	Configurar sesión de entrenamiento
Tipo	<input checked="" type="checkbox"/> Requisito: El sistema permitirá configurar los parámetros de cada sesión de entrenamiento, incluyendo duración de la prueba. <input type="checkbox"/> Restricción:
Fuente del requisito	Equipo de desarrollo
Prioridad del requisito	<input checked="" type="checkbox"/> Alta/Esencial <input type="checkbox"/> Media/Deseado <input type="checkbox"/> Baja/ Opcional

Número de requisito	RF-03
---------------------	-------

3.1. Requisitos comunes de los interfaces

El Exergame interactúa con el usuario, el hardware del visor y los módulos internos de software mediante distintos tipos de interfaces.

3.1.1. Interfaces de usuario

Entorno visual: Aula tridimensional que simula un salón de clases real, con piso de madera, paredes blancas, mobiliario (mesa, cubos) y logotipo institucional de la Universidad Católica de Santa María en una de las paredes.



Fig. 1 Vista Juego Inicial



Fig. 2 Vista de escenario inicial

Paleta de colores: tonos claros y neutros (blancos, beiges, marrones) en el entorno, combinados con colores vivos y contrastantes (rojo, azul, verde, amarillo) en los objetos interactivos (esferas y HUD).

La capa de Controlador constituye el núcleo funcional del sistema, desarrollado en Unity 3D con el lenguaje C# y el uso del Oculus SDK. Esta capa coordina el flujo de información entre el usuario y el modelo, interpretando las acciones físicas captadas por los mandos del visor VR a través de los módulos. Además, controla la interfaz de usuario (HUDController) y el entorno virtual (EnvironmentLoader), actualizando los elementos gráficos y temporales en tiempo real.

Por su parte, la capa de Vista agrupa todos los elementos perceptibles para el usuario dentro del entorno de realidad virtual, incluyendo el visor Oculus/Meta Quest, el aula virtual tridimensional, los objetos interactivos y el panel flotante de puntaje y tiempo. En esta capa el estudiante realiza movimientos y observa las respuestas inmediatas del sistema, consolidando la experiencia inmersiva y dinámica del entrenamiento.

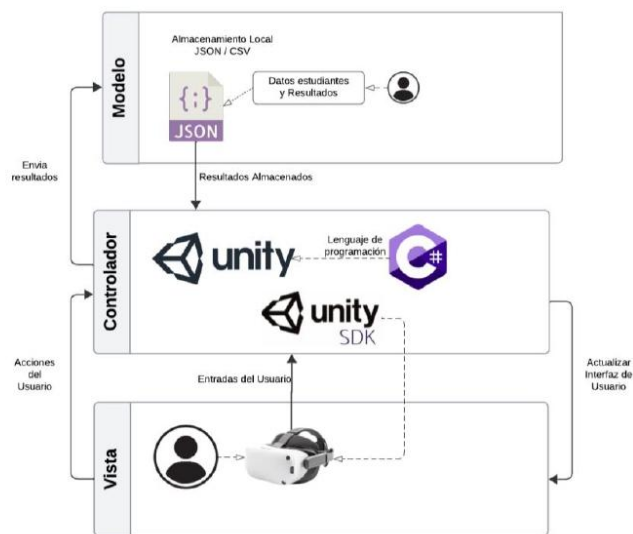


Fig. 6 Diagrama de Arquitectura

4.3. Diagrama de Arquitectura Física

El diagrama muestra la disposición física de los componentes que integran el exergame. El usuario interactúa mediante el visor Oculus Quest, donde se ejecuta la aplicación desarrollada en Unity 3D utilizando el Oculus SDK. Las acciones realizadas dentro del entorno virtual son procesadas localmente, registrando los resultados de puntaje y tiempo en una base de datos interna.

El procesamiento de datos se realiza de manera autónoma, sin dependencia de servicios en la nube, garantizando la seguridad y privacidad de la información. Finalmente, la computadora de desarrollo permite la gestión, actualización y exportación del software hacia los visores VR utilizados en las sesiones de entrenamiento.

Esta arquitectura física asegura una conexión fluida entre el usuario, los dispositivos VR y el entorno de desarrollo, optimizando el rendimiento y la estabilidad del sistema durante su uso educativo.



Fig. 18 Puntaje de la sesión

El código fuente completo, se encuentra disponible en el siguiente repositorio:

Repositorio GitHub: <https://github.com/NadiaChavez17/EXERGAME-2025>

Anexo D Permiso a PPF de los estudiantes

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Luz Flores Liam Romero acepto que mi hijo/a participe voluntaria y anónimamente en la investigación "Efecto de la realidad virtual de un exergame de actividad física en niños y adolescente de Centros Educativos de Arequipa", realizado por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica de Santa María.

Este estudio busca como objetivo proponer un programa de realidad virtual de actividad física en escolares que permita evaluar las pruebas motoras y entregar los resultados en tiempo real mediante un software lúdico, para lo cual se realizará la recolección de datos con unos dispositivos neurales de entrenamiento no invasivos que midan la actividad física.

Declaro haber sido informado/a de los objetivos y procedimientos del estudio y del tipo de participación que se le solicitará a mi hijo/a.

Autorizo que mi hijo/a participe de los siguientes procedimientos:

- Se evalúe las medidas antropométricas como el peso, estatura, estatura sentada, circunferencia de la cintura y se realice las pruebas referidas al proyecto.
- Durante las pruebas, se usará un reloj inteligente (en la muñeca) el cual registra la cantidad de pasos que efectúa, la frecuencia cardíaca, cadencia, así como con los dispositivos neurales de entrenamiento. Estas pruebas se realizarán en las instalaciones del Centro Educativo. Esta evaluación estará a cargo de profesores (as) del Colegio y Asistentes del Proyecto.

SI



NO



Acepto que mi hijo/a sea evaluado según lo mencionado anteriormente.

Declaro haber sido informado/a que la participación en este estudio no involucra ningún daño o peligro para la salud física o mental, que es voluntaria y que puedo negarme a la participación de mi hijo/a o que deje de participar en cualquier momento sin dar explicaciones o recibir sanción alguna, además de no tener costo alguno para mí o mi hijo/a.

Declaro saber que la información entregada será confidencial y anónima. Entiendo que la información será analizada por los investigadores en forma grupal y que no se podrán identificar los resultados e informaciones de modo personal. Por último, la información que se obtenga será guardada y analizada por el investigador, quien la resguardará y sólo será utilizada para los fines de este proyecto de investigación.

Luz Flores

Nombre Padre/apoderado

Nordia Chavez

Nombre de Investigadora

Luz Flores

Fecha: 24 octubre, Arequipa

[Firma]

Firma

Fecha: 24 octubre, Arequipa

Si tienes preguntas acerca de sus derechos como participante de este estudio, dudas acerca de esta investigación, por favor contactese con el Dr. Jose Sullá Torres, es el responsable del estudio. Email: jsullato@ucsm.edu.pe

• 1961 •

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo Joaquín Begoza Shirelia Begoza acepto que mi hijo/a participe voluntaria y anónimamente en la investigación "Efecto de la realidad virtual de un exergame de actividad física en niños y adolescente de Centros Educativos de Arequipa", realizado por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica de Santa María.

Este estudio busca como objetivo proponer un programa de realidad virtual de actividad física en escolares que permita evaluar las pruebas motoras y entregar los resultados en tiempo real mediante un software lúdico, para lo cual se realizará la recolección de datos con unos dispositivos neurales de entrenamiento no invasivos que midan la actividad física.

Declaro haber sido informado/a de los objetivos y procedimientos del estudio y del tipo de participación que se le solicitará a mi hijo/a.

Autorizo que mi hijo/a participe de los siguientes procedimientos:

- Se evalúe las medidas antropométricas como el peso, estatura, estatura sentada, circunferencia de la cintura y se realice las pruebas referidas al proyecto.
- Durante las pruebas, se usará un reloj inteligente (en la muñeca) el cual registra la cantidad de pasos que efectúa, la frecuencia cardíaca, cadencia, así como con los dispositivos neurales de entrenamiento. Estas pruebas se realizarán en las instalaciones del Centro Educativo. Esta evaluación estará a cargo de profesores (as) del Colegio y Asistentes del Proyecto.

SI



NO



Acepto que mi hijo/a sea evaluado según lo mencionado anteriormente.

Declaro haber sido informado/a que la participación en este estudio no involucra ningún daño o peligro para la salud física o mental, que es voluntaria y que puedo negarme a la participación de mi hijo/a o que deje de participar en cualquier momento sin dar explicaciones o recibir sanción alguna, además de no tener costo alguno para mí o mi hijo/a.

Declaro saber que la información entregada será confidencial y anónima. Entiendo que la información será analizada por los investigadores en forma grupal y que no se podrán identificar los resultados e informaciones de modo personal. Por último, la información que se obtenga será guardada y analizada por el investigador, quien la resguardará y sólo será utilizará para los fines de este proyecto de investigación.

Joaquín Begoza
Nombre Padre/apoderado

Nadia Chavez
Nombre de Investigadora

J. Begoza
Firma
Fecha: 24 octubre, Arequipa

N. Chavez
Firma
Fecha: 24 octubre, Arequipa

Si tienes preguntas acerca de sus derechos como participante de este estudio, dudas acerca de esta investigación, por favor contáctese con el Dr. Jose Sullá Torres, es el responsable del estudio. Email: jsullato@ucsm.edu.pe

Anexo E Carta de Autorización a los Colegios



**Universidad Católica
de Santa María**

**“IN SCIENTIA ET FIDE ERIT FORTITUDO NOSTRA”
En la ciencia y en la fe esta nuestra fortaleza**

Arequipa, 21 de Abril del 2025

CARTA N°006 -VRINV-2025-UCSM

Señora Profesora
CARMEN MINAYA LÓPEZ
Directora del I.E. 40131 Niño Jesús de Praga
Presente.-

De mi mayor consideración:

Por medio de la presente, reciba un cordial saludo de la Universidad Católica de Santa María y en especial del Vicerrectorado de Investigación y asimismo hacer de su conocimiento que nuestra casa de estudios está desarrollando el Proyecto “Efecto de la realidad virtual de un exergame de actividad física en niños y adolescente de Centros Educativos de Arequipa”.

Motivo por el cual, invitamos a su distinguida Institución para que puedan ser parte de las evaluaciones que respectan al desarrollo de los proyectos en mención.

Para efectos de las coordinaciones pertinentes, agradeceré se sirvan contactar con el Dr. José Sulla Torres al correo electrónico jsullato@ucsm.edu.pe o al teléfono 959950467.

Sin otro particular, por la atención que le merezca la presente, hago propicia la oportunidad para renovarle los sentimientos de mi especial consideración.

Atentamente,


DR. MÁXIMO RONDÓN RONDÓN
Vicerrector de Investigación
Universidad Católica de Santa María

Anexo F Constancia de registro en Renacyt.



Firma Digital

Firmado digitalmente por:
ROSAS CULCOS Fredy Robert
FAU 20135727304 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 13/02/2026 15:20:15-0500

REGISTRO NACIONAL CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO Y DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA RENACYT

CONSTANCIA DE REGISTRO

La Dirección de Evaluación y Gestión del Conocimiento del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec) del Perú hace constar que:

NADIA YUNORVI CHAVEZ SALAS

DNI 71857488

Cuenta con registro de investigador(a) según el siguiente detalle:

Código de registro	: P0477595
Nivel	: VII
Fecha de emisión	: 13/02/2026
Condición Activo	: Verificar clic Aquí



1.La calificación y clasificación del investigador se efectuó en el marco de las disposiciones contenidas en el Reglamento de Calificación, Clasificación y Registro de los Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica-SINACYT aprobado mediante Resolución de Presidencia N°090-2021-CONCYTEC-P y por el informe de la Dirección de Políticas Públicas N° 1200-2026-CONCYTEC-DPP-SDCTT/AJLLG

2.La presente constancia y la firma que consigna han sido emitidas a través de medios digitales, el amparo de lo dispuesto en el artículo 141-A del Código Civil, y demás normas específicas. Puede verificar la autenticidad de este documento digital y descargarlo desde el enlace:

<http://renacyt.concytec.gob.pe/constancias.zul?cod=P0477595>